

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**ETUDE DU PERIMETRE D'IRRIGATION DANOUNE
(160ha) A PARTIR D'UN FORAGE ALBIEN COMMUNE
TEMACINE W.OUARGLA**

Présenté par :

M^{lle} GUITTOUM SARRA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M ^r : AZIB Makhoulf	Professeur	Président
M ^r : BENKACI Ali Tarik	M.C.B	Examineur
M ^{me} : MAZOUZI Sabra	M A.A	Examinatrice
M ^r :BOUZIANE Omar	M A.B	Examineur
M ^{me} :AZIEZ Ouahiba	M A.A	Promotrice

Septembre -2016



Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu 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.

Je tiens à remercier chaleureusement, ma promotrice Madame : AZIEZ.O pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

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

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

GUJISOU M SARBA



∞ Dédicaces ∞

Je dédie ce modeste travail :

- *A mes chers parents, essayant ainsi de vous exprimer toute ma gratitude pour tout ce que vous m'avait apporté.*
- *A mes sœurs.*
- *A mes frères.*
- *A toute la famille : GUITTOUM*
- *A mes amis et collègues de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.*
- *Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option irrigation et drainage en particulier.*

GUITTOUM SARRA

ملخص :

إن الهدف من انجاز مذكرة نهاية الدراسة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية لمنطقة تماسين ولاية ورقلة وذلك من اجل رفع المردودية الفلاحية لها وذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي وتسريع أمثل للموارد المائية. وهذا باستعمال أنظمة سقي حديثة والتي فرضت فعاليتها في الميدان لنظام السقي بالتقطير الاكثر تطورا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي ومن بين ما يتميز به هذا النظام من محاسن هو تحقيقه لاقتصاد معتبر للمياه.

Résumé :

L'objectif de mon mémoire rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués de la zone de Temacine (W.Ouargla) ; dont l'objectif est d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation , et une meilleure gestion des ressources en eau et cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée la mieux développée avec l'évolution de la science et de la technologie. Ce système présente de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

Abstract:

The aim of the present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feed-back, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource from the other part. This can be done by adoption of modern irrigation system because of their reliability, i.e: localized irrigation which is the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like important quantities of water preservation.

SOMMAIRE

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du périmètre

I.1. Introduction.....	1
I.2. Situation géographique de la wilaya de Ouargla	1
I.3.Localisation et présentation de la région d'étude	2
I.3.1.Situation géographique.....	2
I.4.Conditions climatique de la région.....	3
I.4.1.Températures.....	4
I.4.2.L'humidité relative	5
I.4.3. La pluviométrie	6
I.4.4.L'insolation.....	7
I.4.5.vents	8
I.4.6. L'évaporation.....	9
I.5. Classification du climat	10
I.5.1.Classification du climat selon l'indice de De MARTON.....	10
I.5.2.Quotient pluviothermique d'Emberger.....	11
I.5.3. Climogramme de Gaussen.....	12
I.6.Conclusion	13

Chapitre II : Ressources en sol

II .1.Introduction	14
II.2. Les sols du Sahara	14
II.3.Etude des sols	15
II.3.1. Pédologie local	15

SOMMAIRE

II.3.2. Caractéristiques physico-chimique des sols	15
II.3.2. 1.Texture	15
II.3.2.2. Structure	15
II.3.2.3. La densité apparente Da.....	15
II.3.2.4.PH.....	15
II.3.2.5. Gypses et calcaire.....	15
II.3.2.6. Salinité.....	16
II.3.2.7. Teneur en éléments nutritifs chimiques	16
II.4. Description des sols	16
A. Le premier profil	16
B. Le deuxième profil.....	18
C. Le troisième profil.....	20
II.5. Drainage	21
II.6. Conclusion.....	22
 Chapitre III : Ressources en eau- Hydrologie	
III.1.Introduction	23
III.2. Cadre géologique	23
III.2.1. Cadre géologique régional	23
III.2.2. Cadre stratigraphique et paléontologique	23
III.3. Hydrogéologie	24
III.3.1. Localisation du bassin hydrogéologique	25
III.4. La disponibilité des ressources en eau	26
III.4.1.Ressources en eaux superficielles.....	26
III.4.1.1.Les lacs	26

SOMMAIRE

III.4.1.2. Le canal d'Oued Righ	28
III.4.2. Ressources en eaux souterraines	29
III.4.2.1. La nappe phréatique	30
III.4.2.2. La nappe du complexe terminal (le Pontien CT)	30
a)La première nappe des sables CT1	30
b) La deuxième nappe CT2	30
c)La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3	31
III.4.2.3. La nappe du continental intercalaire (albienne CI)	32
III.5. Alimentation en eau du périmètre	32
III.6. Estimation de la qualité de l'eau	32
III.6.1. Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude	33
III.6.2. La conductivité.....	33
III.6.3. Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	34
III.6.4. Le pH	36
III.7.Etude hydrologique	36
III .7.1. Choix de la station pluviométrique.....	36
III.8. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	38
III.9. Traitement des données.....	40
III.10. Ajustement statistique des pluies.....	40
III.10.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale	40
III.10.2. Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale(Galton)	42
III.11. Test de validité d'un ajustement.....	44
III.12.Détermination de l'année de calcul	44
III.13.Conclusion	46

SOMMAIRE

Chapitre IV : Etude des besoins en eau des cultures

IV.1. Introduction	46
IV.2. Les besoins en eau d'irrigation	46
IV.3.L'évapotranspiration potentielle (ET0)	46
IV.4. Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM)	47
IV.5.Occupation des sols	48
IV.6.Asolement-rotation	49
IV.6.1. Choix des cultures à mettre en place	50
IV.6.1.1. Mise en place du palmier dattier	50
IV.6.1.2.Mise en place de l'olivier	51
IV.6.1.3.Mise en place de cultures fourragères et céréalières	51
IV.6.1.4.Mise en place de cultures maraichères	51
IV.7. Répartition des surfaces en fonction de l'assolement proposé	52
IV.8. Détermination des Besoins en eau des cultures	52
IV.8.1.Calcul de la pluie efficace.....	53
IV.8.2. La réserve facilement utilisable (RFU)	53
IV.8.3.Calcul des doses de lessivage	54
IV.9. Efficience de l'irrigation	55
A-Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles	56
B-Estimation des besoins en eau des cultures fourragères et céréalières	57
C-Estimation des besoins en eau des cultures maraichères	58
IV.10.Calcul du débit spécifique	59

SOMMAIRE

IV.11. Evaluation du débit caractéristique	60
IV.12. Conclusion.....	61

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.1. Introduction	62
V.2. Schéma d'aménagement	62
V.3. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation	63
V.4. Rôle et fonction de la borne d'irrigation	64
V.5. Calcul des débits des ilots	65
VI.6. Choix du diamètre de la borne.....	65
V.7. Pression demandé aux bornes d'irrigation	67
V.8. Choix de la pompe.....	67
V.9. Dimensionnement du Bassin ou réservoir de stockage.....	70
V.10. Dimensionnement du réseau de distribution	70
V.10.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution	70
V.10.2. Vitesses admissibles.....	71
V.10.3. Choix du matériau des conduites.....	71
V.10.4. <i>Caractéristiques des canalisations.....</i>	<i>71</i>
<i>a) Conduites en fonte.....</i>	<i>71</i>
<i>b) Conduite en acier.....</i>	<i>71</i>
<i>c) Conduite en PEHD.....</i>	<i>72</i>
V.10.5. Calcul des diamètres.....	72
V.10.6. Calcul des pertes de charge.....	72
V.11. Conclusion.....	75

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

VI.1. Introduction	76
VI.2. Les techniques d'irrigation.....	76
VI.2.1. Irrigation de surface	76

SOMMAIRE

VI.2.1.1. Irrigation par bassin	77
VI.2.1.2. Irrigation à la planche.....	77
VI.2.1.3. Irrigation à la raie	77
VI.2.2. Irrigation par aspersion.....	77
VI.2.2.1. Avantages de l'irrigation par aspersion	78
VI.2.2.2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion	78
VI.2.2.3. Contraintes de l'irrigation par aspersion	78
VI.2.2.4. Eléments d'installation de l'irrigation par aspersion	79
VI.2.2.5. Les différents types d'installation par aspersion	79
A) Les équipements classiques	79
B) Les équipements avec canons ou arroseurs géants à poste fixe	79
C) Les équipements avec arroseurs automoteurs.....	79
VI.2.2.6. Choix d'une installation	79
A) contraintes techniques	79
B) Contraintes économiques	80
VI.2.2.7. Différentes installations à la parcelle	80
VI.2.3. Irrigation localisée	80
VI.2.3.1. Avantages de l'irrigation localisée	81
A) Efficience de l'eau	81
B) Avantages agronomiques	81
C) Avantages cultureux	81
D) Avantages économiques	82
VI.2.3.2. Inconvénient de l'irrigation localisée	82
VI.2.3.2.1. L'obstruction des goutteurs	82
VI.2.3.2.2. Accumulation de sels	82
VI.2.3.3. Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée	82

SOMMAIRE

VI.2.3.3.1. Un point d'eau	82
VI.2.3.3.2. Une installation de tête	82
VI.2.3.3.3. Une canalisation principale.....	83
VI.2.3.3.4. Les portes rampes	83
VI.2.3.3.5. Les rampe.....	83
VI.2.3.4. Nécessité d'une filtration	84
VI.2.3.5. L'entretien du réseau	84
VI.3. Conclusion	84

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

VII .1. Introduction	85
VII .2. Données générales.....	85
VII.3. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	85
VII.3.1. Influence du taux de couverture du sol	85
VII.3.3. Fréquence des arrosages	87
VII.3.3. Durée d'arrosage par mois	87
VII.3.4. Durée d'arrosage journalier	88
VII.3.5. Nombre de poste	88
VII.3.6. Surface du poste théorique	88
VII.4. Calculs hydrauliques	88
VII.4.1. Conditions hydrauliques de base	88
VII.4.2. Le débit	89
VII.4.3. Le nombre d'arbres par rampe.....	90
VII.4.4. Nombre des goutteurs par rampe.....	90

SOMMAIRE

VII.4.5. Le nombre des rampes.....	90
VII.4.6. Débit de la rampe.....	90
VII.4.7.Débit de la porte rampe.....	90
VII.4.8.Nombre de porte rampe.....	90
VII.4.9.Débit de la conduite tertiaire.....	90
VII.5. Dimensionnement des canalisations du réseau	90
VII.5.1. Calcul de diamètre de rampe et Vérification des pertes de charges	91
VII.5.1.1. Calcul de diamètre	91
VII.5.1.2. Vérification des pertes de charges	91
VII.5.2.Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges	92
VII.5.2.1. Calcul de diamètre.....	92
VII.5.2.2.Vérification des pertes de charges	92
VII.6. Calcul du diamètre de la conduite tertiaire.....	93
VII.7. La pression d'eau à la borne de distribution	93
VII.5. Conclusion	94

Chapitre VIII : Calcul technico-économique.

VIII.1. Introduction	95
VIII.2. Différents travaux à entreprendre	95
VIII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution	95
VIII.2.2.1.Exécutiondes tranchées	95
VIII.2.1.2. Pose du lit de sable	95
VIII.2.1.3Pose des conduites	95
VIII.2.1.4 .Epreuve de joint et de la canalisation	96
VIII.2.1.5 .Remblayage des tranchées	96
VIII.2.1.6. Nivellement et compactage	96

SOMMAIRE

VIII.3. Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution	96
VIII.3.1. Calcul du volume de terrassement	96
VIII.3.2 .Calcul du volume de déblai	97
VIII.3.3. Calcul du volume de lit de sable	98
VIII.3.4. Calcul du volume de remblai.....	99
VIII.4 .Estimation de cout total de projet	99
VIII.4.1 .Estimation de cout de pose de canalisation du réseau	99
VIII.4.2. Estimation du cout des vannes	100
VIII.4.3. Estimation du cout des bornes et des pompes.....	100
VIII.4.5. devis du réseau d'irrigation localisée	101
VIII.5.Conclusion	101

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du périmètre

Tableau I.1 : Coordonnées UTM du périmètre d'irrigation.....	3
Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles.....	4
Tableau I.3: Humidité relative moyenne mensuelle (1980-2014).....	5
Tableau I.4 : précipitations moyennes mensuelles interannuelles.....	6
Tableau I.5: Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois.....	7
Tableau I.6 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station d'Ouargla.....	8
Tableau I.7: Evaporation dans la région d'Ouargla.....	9
Tableau I.8: Classification de climat selon De Martonne.....	10

Chapitre II : Ressources en sol

Tableau II.1 : Résultat des analyses du sol pour le profil 01.....	17
Tableau II.2 : Résultat des analyses du sol pour le profil 02.....	19
Tableau II.3 : Résultat des analyses du sol pour le profil 03.....	20

Chapitre III : Ressources en eau- Hydrologie

Tableau III.1 : Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude.....	33
Tableau III.2: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	33
Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	34
Tableau III.4: Caractéristiques de la station Hydro climatique de Ouargla.....	36
Tableau III.5 Pluies moyennes mensuelles observées.....	37
Tableau III.6: Test de wilcoxon.....	39
Tableau III.7: Ajustement à la loi de Gauss.....	41
Tableau III.8: Ajustement à la loi log-Normale.....	42
Tableau III.9: Résultats du test de Khi carré	43
Tableau III.10 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm).....	44

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre IV : Etude des besoins en eau des cultures

Tableau IV.1 :Evapotranspiration de référence (ETo)	48
Tableau IV.2 : Répartition des cultures dans le périmètre.....	49
Tableau IV.3: L'assolement biennal et la rotation des cultures en irriguées.....	52
Tableau IV.4 : Les précipitations efficaces dans la zone de projet.....	53
Tableau IV.5 : Calcul des besoins en eau du Palmier.....	56
Tableau IV.6: Calcul des besoins en eau d' Olivier.....	56
Tableau IV.7 : Calcul des besoins en eau du Blé.....	57
Tableau IV.8:Calcul des besoins en eau de L'orge.....	57
Tableau IV.9 : Calcul des besoins en eau du Tomate.....	58
Tableau IV.10: Récapitulatif des besoins en eau des cultures avant lessivage.....	58
Tableau IV.11 : Récapitulatif des besoins en eau des cultures après lessivage.....	59

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V.1 : Caractéristiques du forage albien.....	62
Tableau V.2 : Alimentation du périmètre à partir des forages.....	63
Tableau V.3 : Caractéristiques du forage F1.....	63
Tableau V.4: Choix du diamètre de la borne.....	65
Tableau V.5 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre de la borne.....	66
Tableau V.6: Résultats du calcul.....	68
Tableau V.7: Dimensions du réservoir de stockage projeté.....	70
Tableau V.8 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	73
Tableau V.9 : Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pression.....	74

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

Tableau VII.1 : Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes.....	93
Tableau VII.2: Calcul de diamètre de la conduite tertiaire.....	93
Tableau VII.3 :Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges	93

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre VIII : Calcul technico-économique.

Tableau VIII.1: Calcul du volume de déblai pour les canalisations du réseau.....	98
Tableau VIII.2: Calcul du volume de sable pour les canalisations du réseau.....	98
Tableau VIII.3: Calcul du volume de remblai pour les canalisations de distribution.....	99
Tableau VIII.4: Estimation du cout de pose de canalisation du réseau.....	99
Tableau VIII.5: Estimation du cout des conduites du réseau	100
Tableau VIII.6: Estimation du cout des vannes.....	100
Tableau VIII.7: Estimation du cout des bornes et pompes.....	100
Tableau VIII.8: Equipement interne des parcelles d'irrigation localisée.....	101

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du périmètre

Figure I.1 : La situation géographique de la région de Temacine W.Ouargla (Wikipédia).....	2
Figure I.2: Plan de situation du périmètre Danoune (Carte Google earth).....	3
Figure I.3 .Variations des températures (1980-2014).....	4
Figure I.4.Variation de l'humidité relative.....	5
Figure I.5.Diagramme des précipitations moyennes mensuelles.....	6
Figure I.6.Diagramme de l'Insolation moyenne mensuelle.....	7
Figure I.7.Diagramme de la vitesse du vent.....	8
Figure I.8. L'évaporation dans la région d'Ouargla (980-2014).....	9
Figure I.9.Position de Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE.....	11
Figure I.10: Climogramme de Gaussen.....	12

Chapitre III : Ressources en eau- Hydrologie

Figure III.1 : Coupe géologique N-S passant par la cuvette secondaire saharienne et par la Vallée de Oued Righ (A.Cornet, 1962).....	24
Figure III.2 : Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972).....	25
Figure III.3 : Délimitation du " SASS" (OSS, 2003).....	26
Figure III.4 : Prise de vue du lac de Temacine.....	27
Figure III.5 : Prise de vue du lac de Megarine.....	27
Figure III.6: vue de section du canal d'Oued Righ Sud.....	28
Figure III.7 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal).....	29
Figure III.8 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d'Ouargla.....	31
Figure III.9:Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	35
Figure III.10 : Ajustement des pluies annuelles à une loi normale.....	41
Figure III.11 : Ajustement des pluies annuelles à une loi log- normale.....	42

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Figure V11 : Courbe caractéristique de la pompe.....	69
--	----

LISTE DES FIGURES

Chapitre VIII : Calcul technico-économique.

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.....97

LISTE DES PLANS

Désignation	Numéro	Echelle
Levé topographique du périmètre d'irrigation Danoune	Plan 1	1/2000
Profil en long de la conduite de refoulement (forage –réservoir)	Plan 2	H : 1/400 V : 1/40
Plan de réseau d'irrigation	Plan 3	1/2000
Plan de situation	Plan 4	1/5000
Plan de réseau goutte à goutte de la parcelle N°3	Plan5	1/5000

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est vitale pour la survie, la santé et la dignité de l'homme, mais aussi une ressource fondamentale pour le développement humain. Les réserves d'eau souterraines sont sous une pression croissante.

L'Algérie a connu dernièrement un manque accru en ressources hydriques, de ce fait l'agriculture est désormais confrontée à une irrigation mal conduite qui présente un risque de causer de fortes pertes d'eau ainsi que le lessivage des principaux éléments nutritifs du sol qui peut réduire sa productivité.

Les régions sahariennes disposent d'un territoire immense qui couvre environ $\frac{3}{4}$ du territoire national. Ces régions disposent aussi de ressources hydriques importantes constituées en majorité de réservoirs d'eau souterraine non renouvelable représentées par deux grandes aquifères (le complexe terminal et le continental intercalaire). Ces deux systèmes hydrauliques font du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique.

La micro-irrigation est le niveau actuel de l'évolution de l'irrigation qui conviendrait à contrer la menace de pénurie d'eau et de pollution tout en augmentant les rendements agricoles. Elle ne s'applique pas à toutes les cultures, néanmoins elle permet une grande économie d'eau et de fertilisants.

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude, est d'étudier l'aménagement hydro agricole de périmètre d'irrigation de DANOUNE, qui est alimenté actuellement à partir de 06 forages existant, mais au futur il sera alimenté à partir d'un forage albien avec un débit de 160l/s et une profondeur 1800ml, ce forage couvrira la totalité de la superficie conventionnée (160Ha), dans le but d'assurer un bon recouvrement du périmètre par un réseau d'irrigation d'une façon uniforme et économique, et assuré une qualité d'irrigation pour satisfaire le client c'est le plus important, et pour garantir un bon rendement de récolte sur court, moyen et long terme.

La première étape de notre travail, a consisté en une collecte des données sur le site de travail (situation géographique, climat, qualité de l'eau, qualité du sol...), puis on va calculer les besoins de notre zone d'étude ce qui nous permettra de dimensionner notre réseau d'irrigation avec des calculs hydrauliques et une étude technico-économique de notre projet.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du périmètre**I.1. Introduction :**

Avant tout projet d'irrigation, l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du milieu 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. Le site d'étude est situé dans la wilaya de Ouargla qui est une région à vocation agricole.

I.2. Situation géographique de la wilaya de Ouargla :

Notre zone d'étude est située dans la wilaya de Ouargla, l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 800 km de la capitale. Elle occupe une superficie de 211 980 km². Elle est limitée :

- au Nord par la Wilaya d'El Oued,
- au Nord – Ouest et Ouest par les Wilayas de Djelfa Biskra et Ghardaïa.
- au Sud – Ouest par la Wilaya de Tamanrasset,
- au Sud par la Wilaya d'Illizi.
- Et par la Tunisie à l'Est

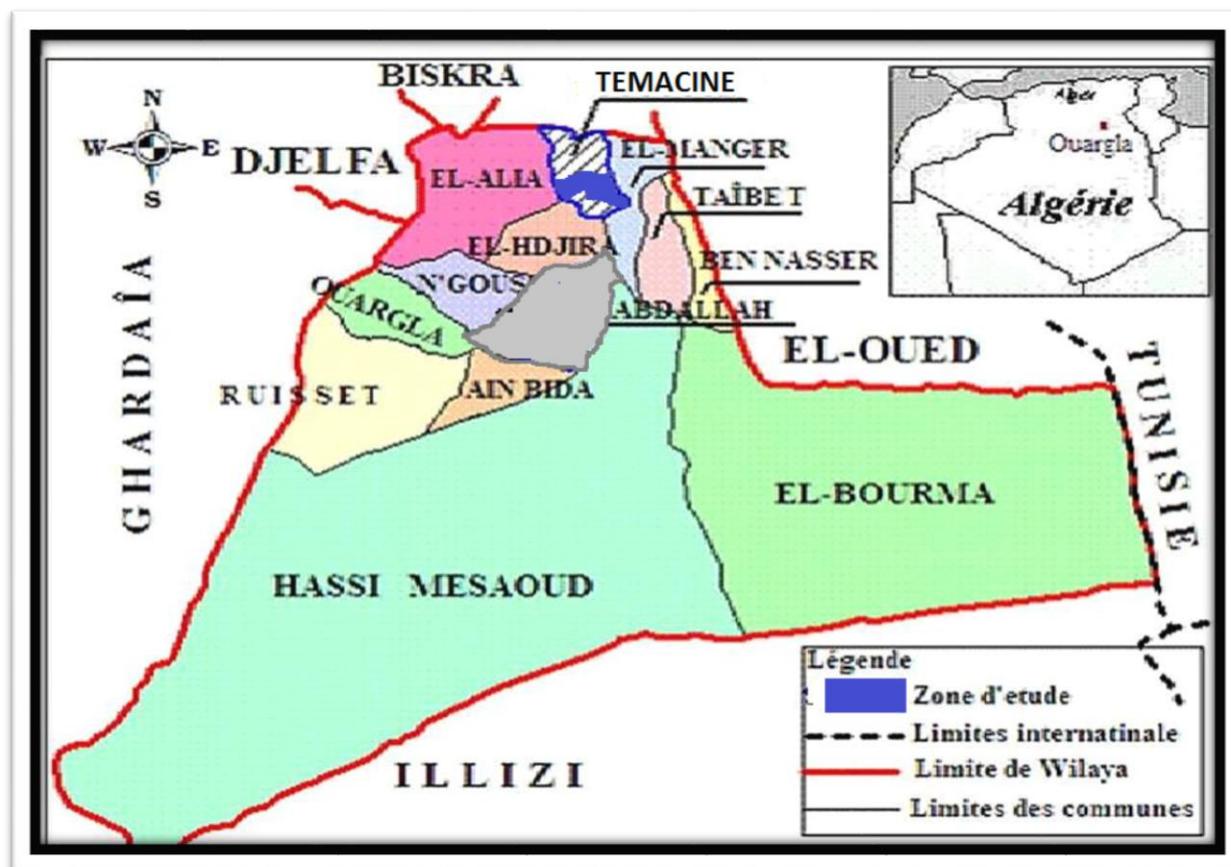


Figure I.1 : Carte de situation géographique de la région de Temacine W.Ouargla
(Échelle : 1/250 000)

I.3. Localisation et présentation de la région d'étude :

I.3.1. Situation géographique :

Le périmètre d'irrigation Danoune fait partie de la commune de Temacine, le chef-lieu de cette commune constitue le centre de vie le plus proche au périmètre à seulement 4 km environ. Cette dernière se trouve au Nord-Est du chef-lieu de la Wilaya de Ouargla. La commune est limitée :

- Au Nord par la commune de NEZLA.
- Au Nord – Ouest Commune EL ALIA.
- Au Sud – Ouest Commune EL HADJIRA,
- Au Sud par la Commune BLIDAT AMEUR.
- A l'Est par la Commune M'NAGUER.
- Et par la Commune TAMELLAHAT à l'Ouest.

La superficie de ce périmètre est 160 Ha, il est contourné entre les coordonnées UTM suivantes :

Tableau I.1 :Coordonnées UTM du périmètre d’irrigation

Périmètre	Coordonnées UTM en X (Km)		Coordonnées UTM en Y (Km)	
Danoune	3656153.4270	3654568.0018	225865.6062	224569. 2306

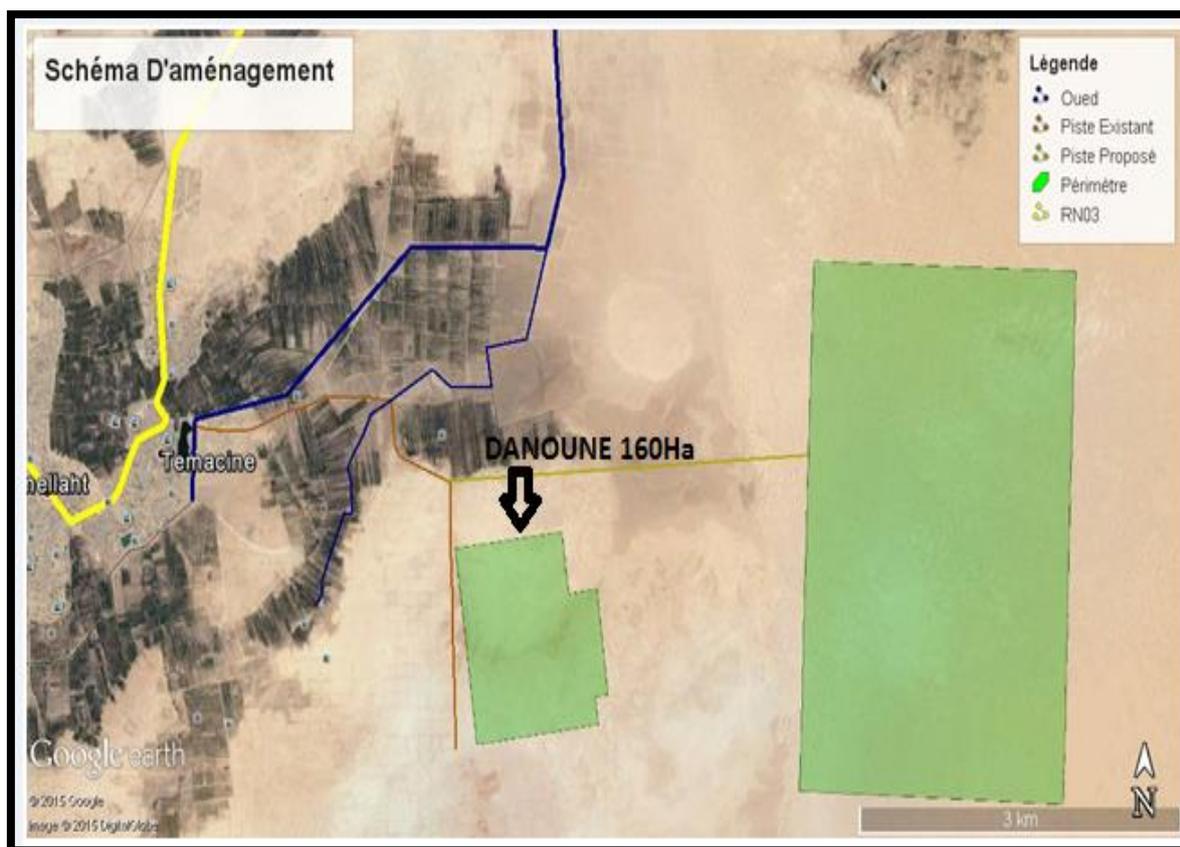


Figure I.2 : Plan de situation du périmètre Danoune (Carte Google Earth)

I.4. Conditions climatique de la région :

Les facteurs climatiques régissent de façon très étroite les conditions de développement des cultures au cours de l'année. Ainsi il est nécessaire de mener judicieusement cette approche climatique afin de déceler l'élément climatique favorable ou défavorable dans la zone d'étude et d'en quantifier les influences probables des différents paramètres.

I.4.1. Températures :

Les températures constituent un des facteurs majeurs caractéristiques conditionnant toute tentative agricole sur l'espace des climats sahariens. Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 34 ans (1980 -2014) sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Tmin(c°)	4.7	6.4	10.6	14.4	19.8	27.5	27.7	27.3	23.2	17.3	10.2	6	16
Tmax(c°)	18.2	20.8	25.2	29.3	35.0	40.0	43.2	42.8	37.0	31.3	24.0	19.4	30.5
Tmoy(c°)	11.4	13.6	17.9	21.9	27.4	32.3	35.3	35.0	30.1	24.3	17.1	12.7	23.2

Source ONM Ouargla

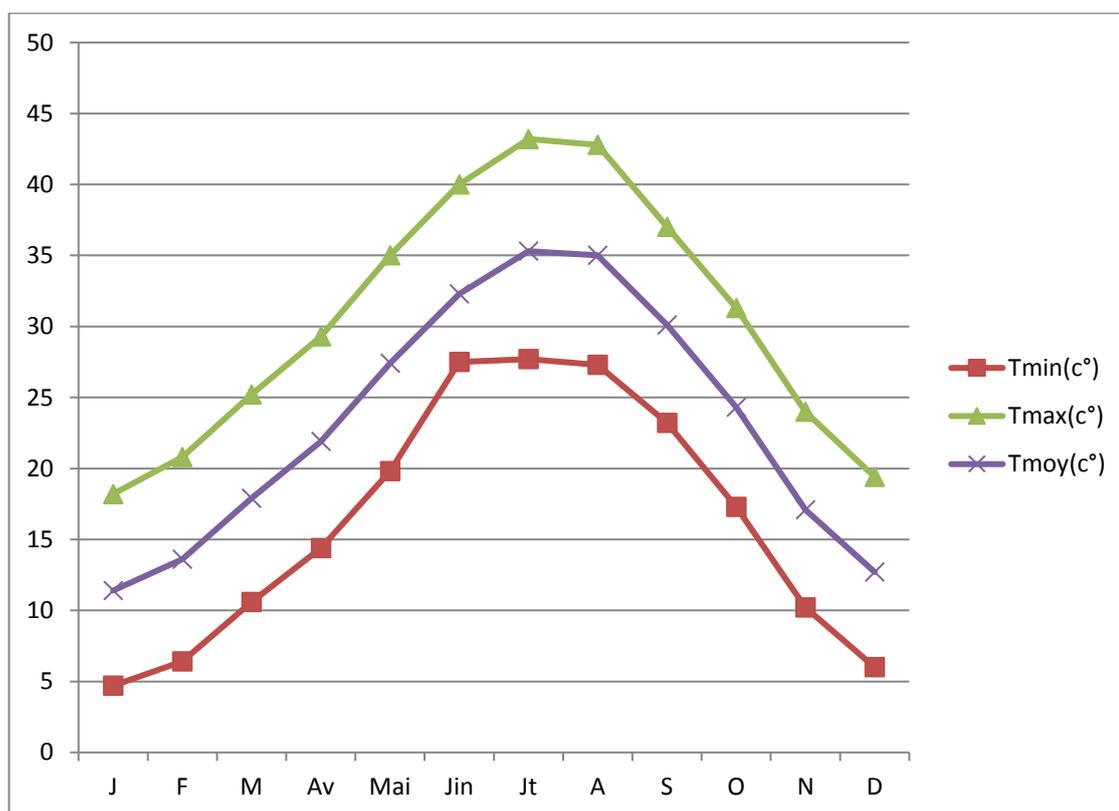


Figure I.3 .Variations des températures (1980-2014)

D'après la figure I.4, Les températures se caractérisent par des valeurs maximales en été qui atteignent 43.2°C et des valeurs minimales enregistrées de l'ordre de 4,7°.

Les variations des températures moyennes mensuelles montrent que les mois les plus chauds sont : Juillet et Aout avec des températures qui dépassent 40 °C et les mois les plus froids sont : Décembre, Janvier et Février avec des températures inférieures à 7°C.

I.4.2.L'humidité relative :

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation. Le tableau I.3 montre la moyenne mensuelle de l'humidité relative de la région

Tableau I.3: Humidité relative moyenne mensuelle (1980-2014)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
HR%	62	52	43	36	31	27	24	26	36	48	56	62	42

Source : ONM Ouargla

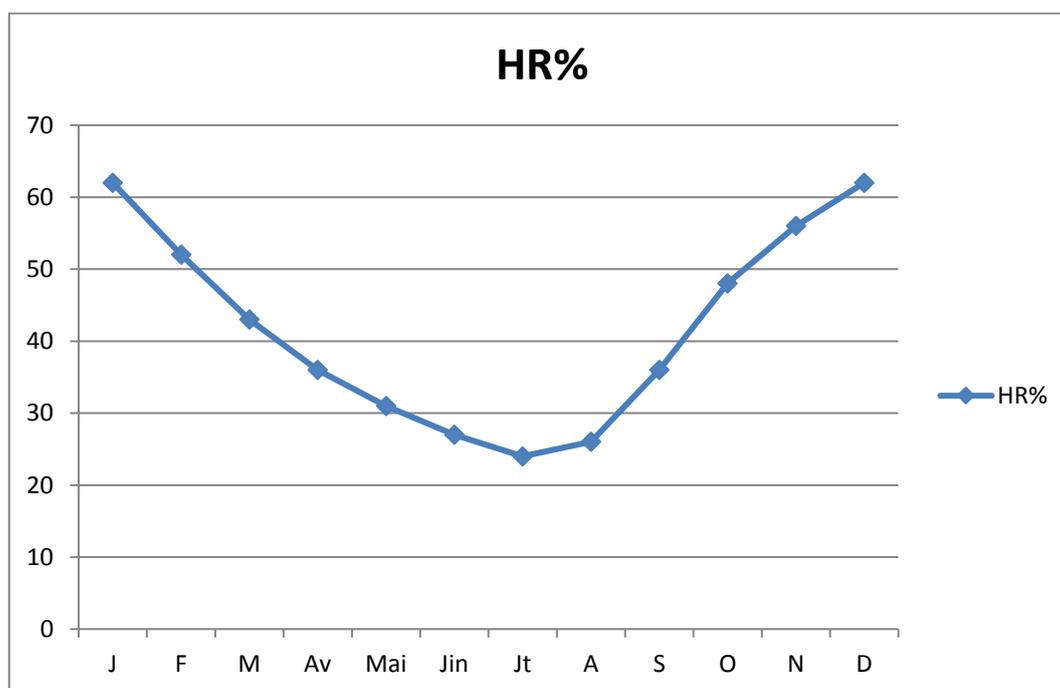


Figure I.4. Variation de l'humidité relative

D'après la figure I.4, nous avons une humidité maximale 62% en janvier et décembre Celle-ci diminue jusqu'à 24% en mois de juillet ce qui provoque une intense évapotranspiration, signe de sécheresse accentuée.

I.4.3. La pluviométrie :

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable dans l'hydro climatologie qui sert à obtenir une description des régimes pluviométriques d'une part et d'autre part son rôle sur l'écoulement, ainsi l'évaluation globale de la lame d'eau tombée qui a une influence sur la variation du niveau d'eau souterraine à travers le territoire d'étude.

✓ **Répartitions moyennes mensuelles interannuelles des pluies :**

Les répartitions moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 34 ans (1980-2014) pour la station de Ouargla résumées dans le tableau suivant :

Tableau I.4 : précipitations moyennes mensuelles interannuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
P(mm)	5.26	6.87	6.44	5.32	7.01	1.26	3.94	1.93	1.21	0.32	0.64	0.59	40.78

Source : ONM Ouargla

Ce tableau nous permet d'établir le diagramme ci-dessous, qui montre une variation de la pluviométrie avec une amplitude non constante.

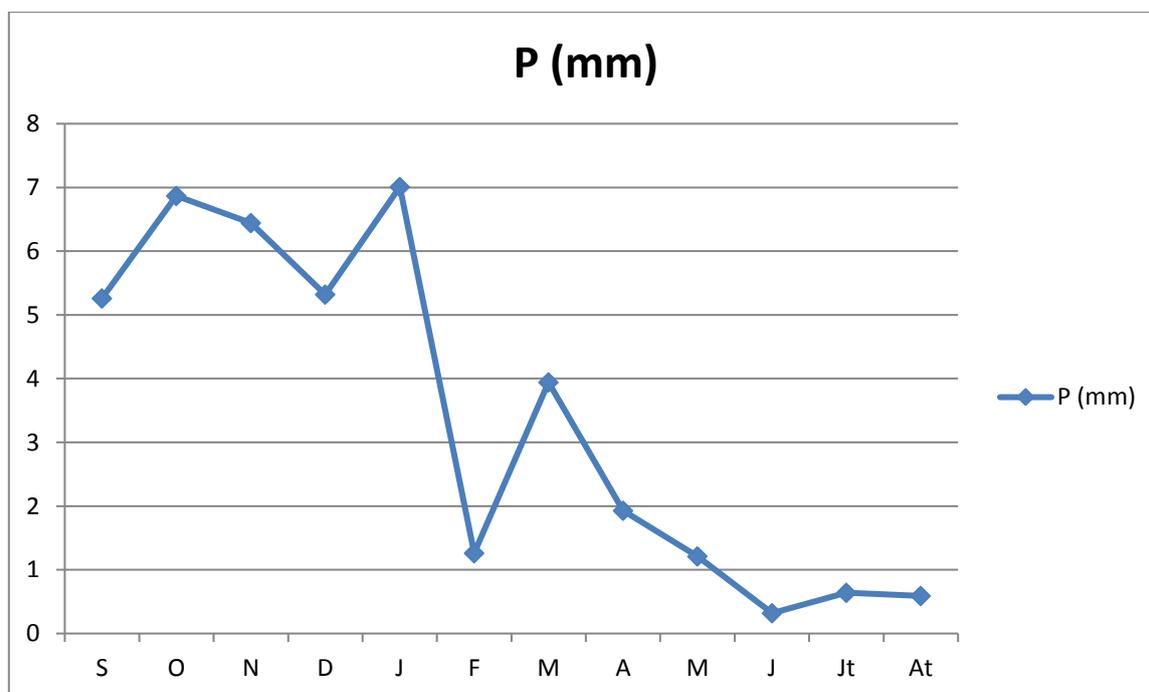


Figure I.5:Diagramme des précipitations moyennes mensuelles.

Du mois de septembre au mois d'avril nous signalons une période relativement pluvieuse avec un maximum durant le mois de janvier avec 7.01 mm, le reste de l'année correspond à la période sèche ou on enregistre un minimum de 0.32 mm pendant le mois de juin. Nous constatons qu'au long de ces 34 ans l'existence d'une grande irrégularité des précipitations moyennes mensuelles.

I.4.4.L'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique qui intervient généralement dans le calcul de l'évapotranspiration potentielle. Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau I.5: Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Insolation (h/j)	7.6	7.9	8.6	9.4	9.3	10.2	11	10.5	8.5	8.2	7.9	6.9	9.2

Source : ONM Ouargla

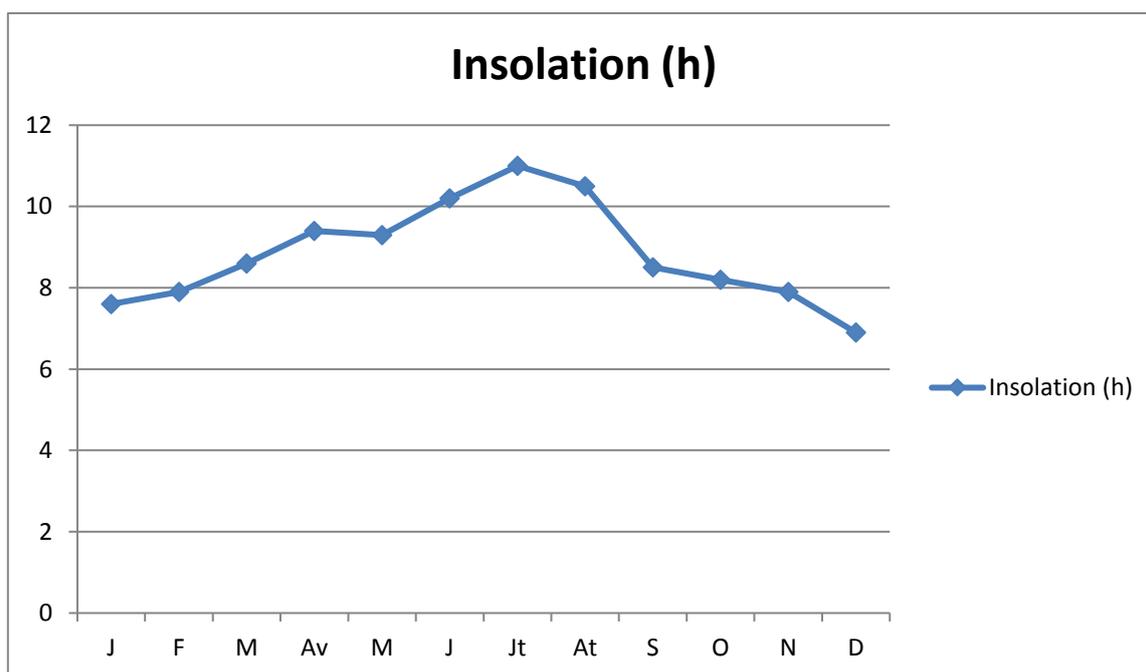


Figure I.6.Diagramme de l'Insolation moyenne mensuelle

D'après la figure I.6, l'insolation journalière est fort durant toute l'année (>7 h/j), faible pendant les mois froids et importants durant les mois chauds.

I.4.5.vents :

Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat. Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction. Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ouargla (1980-2014) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I.6 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station d'Ouargla

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
V(m/s)	2,7	3,2	4,0	4,5	4,7	4,8	4,3	3,8	4,2	3,4	2,7	2,7	3,7

Source : ONM d'Ouargla

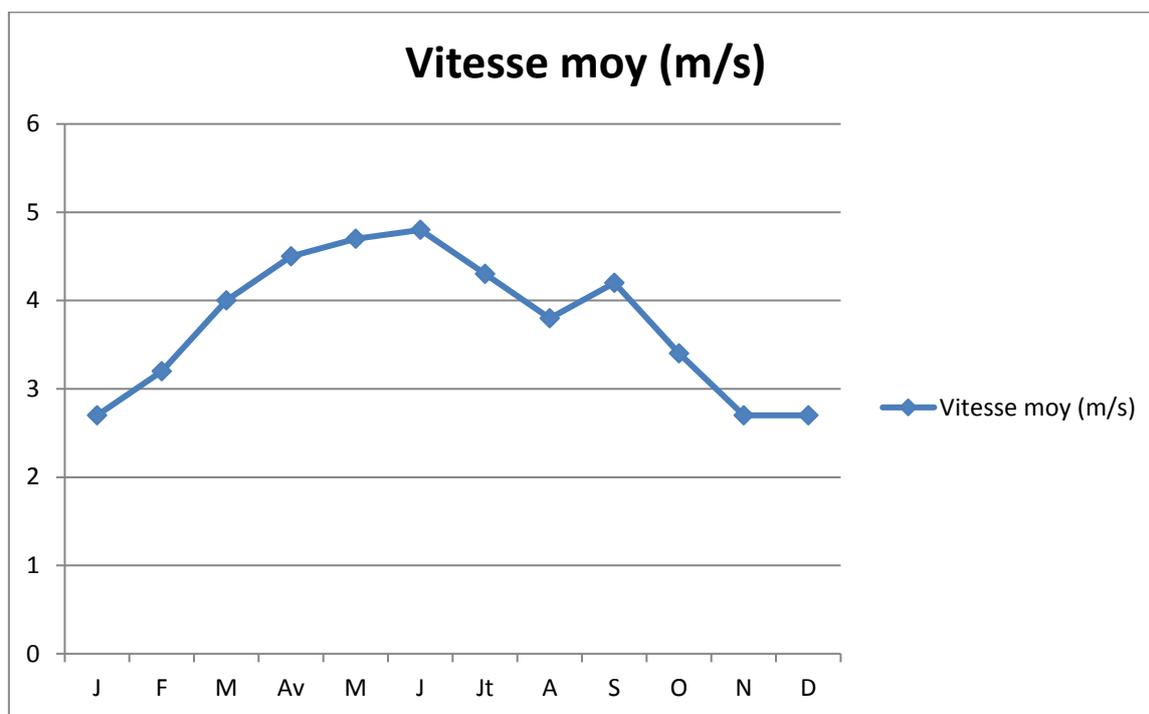


Figure I.7.Diagramme de la vitesse du vent

D'après le tableau, On remarque que la vitesse minimale du vent est enregistrée au mois du Novembre, Décembre et Janvier elle est de 2.70 m/s et la vitesse maximale est enregistrée en Juin et atteint 4.8 m/s, et dans des différentes directions.

I.4.6. L'évaporation :

L'évaporation est un problème physique qui croit avec la température et la sécheresse de l'air. La quantité d'eau évaporée pendant un temps donné dépend de plusieurs facteurs liés d'une part à l'état de l'atmosphère, d'autre part à la surface évaporante.

Tableau I.7: Evaporation dans la région d'Ouargla

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evapo (mm)	237.2	174.7	102.7	85.70	85.68	110.0	144.9	201.2	236.3	278.0	307.2	314.3

Source : ONM Ouargla

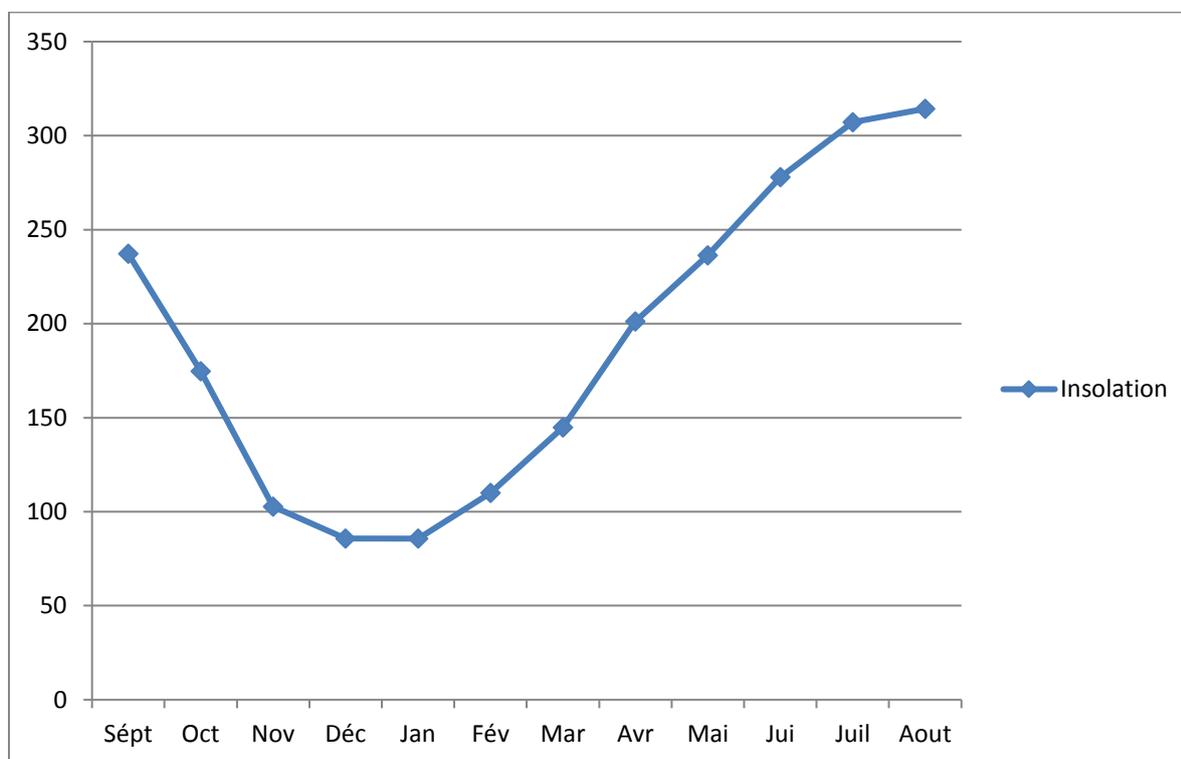


Figure I.8. L'évaporation dans la région d'Ouargla (1980-2014)

Le diagramme montre qu'il y a une diminution de l'évaporation pendant la période s'étalant entre Octobre et Février.

I.5. Classification du climat :

Une caractérisation globale du climat peut être réalisée par l'emploi d'indices ou des diagrammes climatiques. Pour caractériser le climat de Ouargla, nous utiliserons les indices de De Marton et d'Emberger, ainsi que le diagramme Ombrothermique de Gausson.

I.5.1. Classification du climat selon l'indice de MARTON :

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

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

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelles en (mm)
- T : température moyenne annuelle en (°C)
- IA : indice d'aridité

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

Tableau I.8: Classification de climat selon MARTON

Valeur 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	Par fois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Pour : $P = 40.78 \text{ mm}$, $T = 23.2^\circ\text{C}$ $\rightarrow I_A = \frac{40.78}{23.2+10} = 1,23$.

On obtient un indice d'aridité : $IA < 5$

Selon la classification de MARTON, il s'agit d'un régime Désertique, où l'irrigation est

Indispensable.

I.5.2. Quotient pluviométrique d'Emberger (1955) :

Cet indice permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, il est donné par la formule suivante :

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

Avec

- P : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).
- M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (Kelvin).
- m : moyenne des températures minima du mois le plus froid (Kelvin).
- Q : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

Pour : M=43.2°C=316.2 k , m=4.7°C=277.7 k , P=40.78mm

$$\rightarrow Q = 2000 \frac{40.78}{(43.2+273)^2 - (4.7+273)^2} = 3.56$$

Un coefficient d'Emberger égal à 3.56 situe la région d'Ouargla (Temacine) dans l'étage bioclimatique saharienne à hiver chaud sur le climogramme d'EMBERGER (Figure I.9)

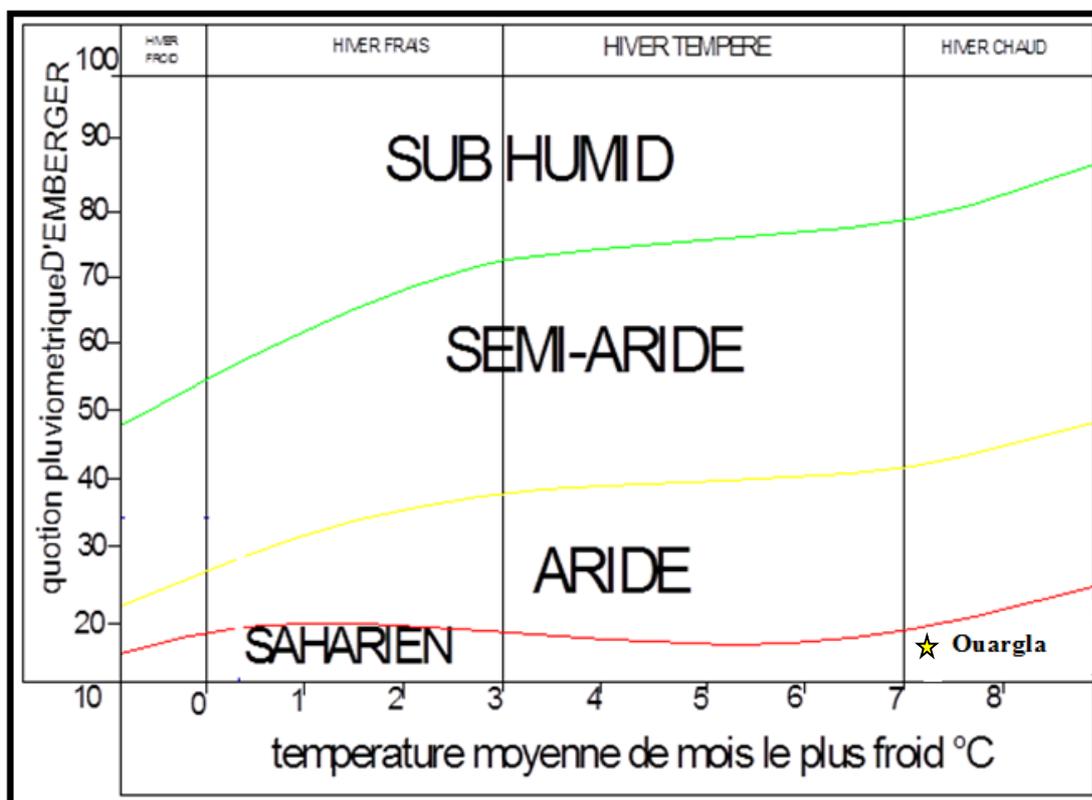


Figure I.9 :Position de Ouargla dans le diagramme d'EMBERGE

I.5.3. Climogramme de Gausсен :

Le climogramme de Gausсен est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

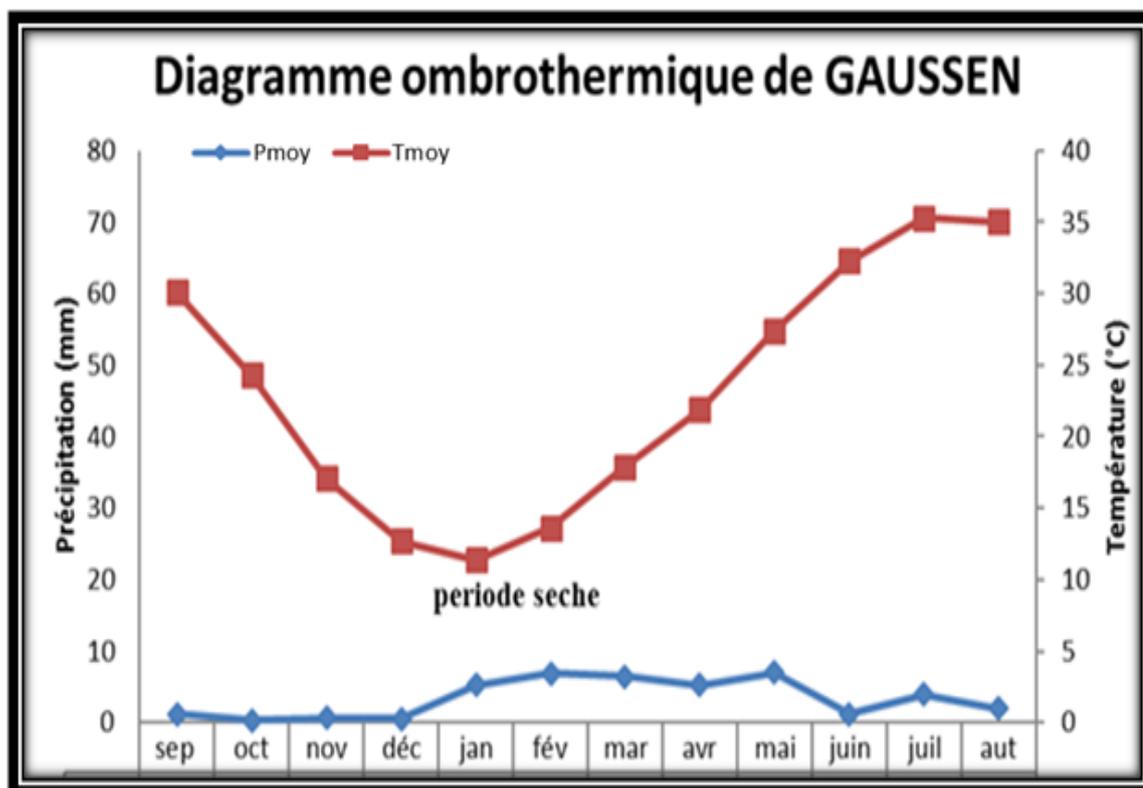


Figure I.10: Climogramme de Gausсен

A partir de ce diagramme, on constate que l'année hydrologique de la région d'étude est caractérisée uniquement par une **période sèche** et l'absence totale de la période humide. La détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation.

Conclusion :

Il est à conclure que le périmètre d'étude se situe dans une zone caractérisé par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite ou nulle et de fortes températures avec une forte évaporation. Ces différentes informations représentent les premières données de base pour l'élaboration du dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre d'étude.

Chapitre II : Ressources en sol**II .1.Introduction :**

Pour des raisons tant économiques que techniques, il est indispensable de connaître les sols des zones que l'on envisage d'irriguer. Le coût élevé de l'agriculture irriguée doit être justifié par une appréciation de ses risques et de ses avantages. D'autre part, la conception du périmètre d'irrigation lui-même repose sur une connaissance détaillée des sols comprise dans la zone irrigable.

L'étude pédologique du périmètre a pour objectifs:

- Choisir, en vue de l'irrigation, des sols dont la productivité soit assurée ;
- Faciliter le tracé des canaux et autres ouvrages d'irrigation ;
- Etablir les besoins d'irrigation et de drainage de types de sols particuliers ;
- Etablir les opérations de bonification entreprendre dans le cas des sols alcalins ;
- Définir les cultures qui conviennent à des sols particuliers.

II.2. Les sols du Sahara :

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro morphes. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (HUSSEIN et AL 1979). La région d'Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération.

II.3. Etude des sols :**II.3.1. Pédologie local :**

Du point de vue pédologique, la zone d'étude se caractérise par des sols, dans la majorité se regroupent dans les classes pédologiques des sols peu évolués d'apport alluvial et éolien avec des caractères de salinité et d'action de nappe et les classe des sols halomorphes et hydro morphes.

II.3.2. Caractéristiques physico-chimique des sols :**II.3.2.1. Texture :**

Ces sols d'origine éolienne ont généralement une texture sableuse ou sablo-limoneuse. La stratification de ces dépôts éoliens, n'est pas toujours nette, elle surtout visible en surface par des alternances de lits de sable grossier et de sable fin.

II.3.2.2. Structure :

La structure est particulière, parfois avec une structure polyédrique mal développée leur compacité est faible. Leur couleur est brun-rougeâtre, brun clair ou beige.

II.3.2.3. La densité apparente D_a :

C'est le rapport entre le poids d'un volume donné du sol sec à l'étuve et le poids d'un égal volume d'eau, son évaluation est basée sur la texture du sol. La densité apparente est déterminée au laboratoire $D_a=1.2$

II.3.2.4. PH :

Le PH varie de 7.6 à 8.4. Les sols sont donc à réaction moyennement basique, certainement à cause d'une forte proportion d'ions Na dans la solution du sol. Le gypse est fréquent dans de nombreux sols.

II.3.2.5. Gypses et calcaire :

En profondeur l'accumulation de gypse se présente différemment, soit par une grande quantité en petits cristaux (forme fibreuse, roses de sable) conférant au sol un aspect poreux, spongieux, soit par des nombreuse taches (diffuses ou en mycélium) ou amas de gypse

pulvérulent. La teneur en calcaire totale est variable et dans certains sols les accumulations scalaires, en surface sont de l'ordre de 8 à 12% et rarement de très fortes accumulations existant en profondeur. Généralement les sols aussi bien en surface que sur toute la profondeur, ne contiennent que de faibles taux de calcaire car les roches parentales ne sont généralement pas ou peu calcaires.

II.3.2.6. Salinité :

Tous les sols de la zone d'étude ont une forte salinité variant de 15 à 38 mmhos /cm (surtout pour les sols irrigués) dans l'horizon de surface ou dans l'horizon d'altération des roches en profondeur, elle est variable et ce indépendamment de la profondeur.

II.3.2.7. Teneur en éléments nutritifs chimiques :

- La teneur en P_2O_5 assimilable est de (43-136) PPM pour les horizons de surface et de (24-28) PPM, pour les autres horizons plus profonds.
- Ces sols sont théoriquement bien pourvus en phosphore
- la teneur en K_2O est forte aussi bien en surface que sur toute la profondeur des sols, soit de 1.3 à 4.9% elle est en corrélation avec la teneur en sels. En effet les horizons les plus salés sont aussi les plus riches en K_2O .
- La matière organique est quasi absente, l'azote lui aussi en quantité négligeable.

II.4. Description des sols :

En vue d'avoir une idée plus précise sur les sols, il a été jugé nécessairement de présenter les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de trois profils représentatifs des sols du périmètre d'irrigation Danoune à savoir :

-Le premier représentant la classe des sols peu évolués d'apport éolien et anthropique (profond).

-Les deux derniers représentant Les sols hydromorphes peu humifères à remise en mouvement de gypse (très salé).

A.Le premier profil :

• Description :

0-30 cm : sec à frais, brun foncé de texture sableuse à structure polyédrique fine, enraciné, consistance et cohésion faibles, poreux, limite distincte irrégulière.

30-70 cm : idem que le précédent horizon, mais avec caractères d'hydromorphie de Gley et pseudo- gley.

70-120 cm : horizon de couleur bariolée (rouge clair et brun foncé) avec beaucoup de gley de texture très fine, de structure polyédrique moyenne, moyennement développée, consistance et cohésion moyennes, moyennement poreux.

• **Classification :**

- Classe : des sols peu évolués.
- S /classe : non climatiques.
- Groupe : d'apport éolien et anthropique.
- S/groupe : hydro morphes.
- Famille : gypseux et légèrement salé.
- Série : profonds

FICHE ANALYTIQUE PROFIL N° 1 :

Tableau II.1 : Résultat des analyses du sol pour le profil 01

Horizon (cm)	0-30	30-70	70-120
Analyses			
Argile %	0	0	0
Limon fin %	8	10	36
Limon grossier %	3	3	1
Sable fin %	48	46	18
Sable grossier %	9	8	4
Matières organiques ‰	0.87	0.7	0.32
Carbone ‰	5.1	4.5	1.9
Azote ‰	0.35	0.39	-
Phosphore T ‰	1.03	0.9	-
Phosphore ASS ‰	326	290	-
Potasse T ‰	0.97	0.85	-
Potasse ASS ‰ mg	11	11	-
PH	7.8	7.72	7.8
Conductivité Elect µs/cm	6650	7020	7020

Source : ABHS (Agence de Bassin Hydrographique Sahara)

- **Interprétation et valeur agronomique :**

Ces sols peu évolués présentent des propriétés peu favorables à leur utilisation, et des propriétés contraignantes qui doivent nécessiter des aménagements préalables.

- Parmi les propriétés favorables, on cite principalement :

- Une granulométrie dominée par la fraction sableuse très favorable au drainage interne de ces sols ;

- Des teneurs en calcaire actif non contraignantes pour tout type d'utilisation ;

- Des PH légèrement alcalins favorables à la nutrition des plantes (PH de 7,80) ;

- Absence du risque de salinité exprimée par de faibles teneurs en conductivité électrique.

- Quant aux propriétés défavorables, elles sont exprimées :

- Un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants ;

- Une structure peu développée ;

- Une profondeur peu adéquate ne permettant que l'introduction d'une gamme très limitée de cultures.

- L'utilisation de ces sols, aptes à l'irrigation, reste cependant tributaire d'un certain aménagement préalable qui consiste en :

- Installation de brises vents pour protéger les cultures des vents secs et violents qui sont fréquents dans la région.

Après correction de la fertilité chimique. Ces sols peuvent convenir à une assez large gamme de cultures, particulièrement les cultures maraichères adaptées, la luzerne, l'orge, l'olivier, et le palmier dattier.

B. Le deuxième profil :

- **Description :**

0 – 25 cm : frais à humide de couleur brune, de texture sableuse à sablo-limoneuse faiblement enraciné, consistance et cohésion faible, poreux, avec quelques efflorescences Blanchâtres de sel, limite nette irrégulière.

25 – 60 cm : idem que le précédent, mais plus humide à mouillé, de texture sableuse à structure fondue et très bien enraciné avec des tâches d'hydromorphie, limite nette irrégulière.

- **Classification :**

- Classe : des sols hydro morphes
- S/ classe : peu humifères
- Groupe : à remise en mouvement de gypse
- S/groupe : halomorphes
- Famille : très salé
- Série : nappe à 60 cm.

FICHE ANALYTIQUE PROFIL N° 2 :

Tableau II.2 : Résultat des analyses du sol pour le profil 02

Horizon (cm)	0-25	25-60
Analyses		
Argile %	0	0
Limon fin %	18	08
Limon grossier %	5	5
Sable fin %	42	47
Sable grossier %	22	25
Matières organiques ‰	0.87	0.20
Carbone ‰	4.10	3.50
Azote ‰	0.30	0.14
Phosphore T ‰	0.60	0.59
Phosphore ASS ‰	73	130
Potasse T ‰	1.93	1.21
Potasse ASS ‰ mg	75	18
PH	8.2	8.12
Conductivité Elect µs/cm	4684	1277

Source : ABHS (Agence de Bassin Hydrographique Sahara)

C. Le troisième profil :

- **Description :**

0 – 22 cm : sol frais, couleur brune jaunâtre, de texture sableuse grossière, structure fine, beaucoup de taches blanchâtres de sels.

22 – 57 cm : humide, couleur jaune foncé, de texture grossière, présence de taches blanches de sel et de gypse, taches ocres de rouilles.

57 – 75 cm : horizon mouillé, de couleur brun jaunâtre, de texture grossière avec quelques débris de grès, faiblement poreux, beaucoup de taches ocre et rouille d'hydromorphie.

- **Classification :**

- Classe : Sols hydro-morphes
- Sous classe : Sols peu humifères.
- Sous-groupe : Sols salin.
- Famille : Alluvions et apport éolien.
- Série : Peu profond la nappe à 75 cm.

FICHE ANALYTIQUE PROFIL N° 3 :**Tableau II.3** : Résultat des analyses du sol pour le profil 03

Horizon (cm)	0-22	22-57	57-75
Analyses			
Argile %	02	0	0
Limon fin %	02	08	15
Limon grossier %	02	01	01
Sable fin %	68	55	61
Sable grossier %	26	11	15
Matières organiques ‰	0.15	0.36	0.34
Carbone ‰	2.70	2.60	2.40
Azote ‰	0.31	0.32	0.30

Source : ABHS (Agence de Bassin Hydrographique Sahara)

II.5. Drainage :

Le drainage est peu indispensable dans les zones où l'on a :

- Au niveau des sols reposants sur un horizon à caractère hydromorphe ;
- Sols à plan d'eau permanent ou persistant dans une partie de l'année ;
- Des sols ayant des horizons compacts et imperméables en profondeur.

Ces travaux sont destinés à évacuer l'excès d'eau recouvrant ces zones et à rabattre la nappe s'il persiste afin que les cultures puissent disposer d'une profondeur de sol utilisable plus importante. A cet effet un réseau de drainage est obligatoire surtout en cas d'installation du palmier dattier

II.6. Conclusion :

La prospection pédologique au niveau de la zone d'étude a permis de donner une classification des sols en fonction de leurs caractéristiques morphologiques et physico chimiques, dégager toutes les contraintes possibles à la mise en valeur et proposer des aménagements en mesure de corriger les facteurs qui limitent la gamme d'utilisation de ces sols.

Les sols étudiés sont des sols peu évolués ou des sols halomorphes pauvres en matières organiques et en réserves minérales, présentent en outre les contraintes suivantes :

- Salinité extrême qui dans l'état actuel inhibe le développement de toute végétation.
- Texture grossière, d'où faible pouvoir de rétention en eau et en élément fertilisants.
- Réserve minérale très faible.
- Encroutement gypseux observé au niveau de plupart des profils.

Avant toute exploitation culturale des sols, il faut procéder à des prés-irrigations pendant quelques jours pour provoquer le lessivage des sels en excès dans la zone racinaire et prévenir une dose de lessivage calculée à la base de qualité d'eau d'irrigation applicable pendant la période de croissance des végétaux.

Le drainage interne est indispensable pour les sols de notre région d'étude.

Chapitre III : Ressources en eau- Hydrologie**III.1.Introduction :**

Le soucis de protection des sols et des cultures avait montré la nécessité de tenir compte de la qualité des eaux destinées à l'irrigation et la prise de conscience sur les conséquences d'utilisation aléatoire des eaux en irrigation pour les cultures , le sol et l'environnement .Pour cette raison, il faut faire des analyses des ressources en eau .

III.2. Cadre géologique :**III.2.1. Cadre géologique régional :**

Pour étudier la géologie de la zone d'études, nous étendrons le champ d'investigation à tout le Bas Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques, stratigraphiques et tectoniques caractérisant la région.

Nous distinguons de bas en haut trois ensembles :

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud entre les plateaux de Tadmaït et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïques et Cénozoïques constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.
- Des dépôts continentaux de la fin de Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette.

III.2.2. Cadre stratigraphique et paléontologique :

Les formations géologiques sont décrites du plus ancien au plus récent :

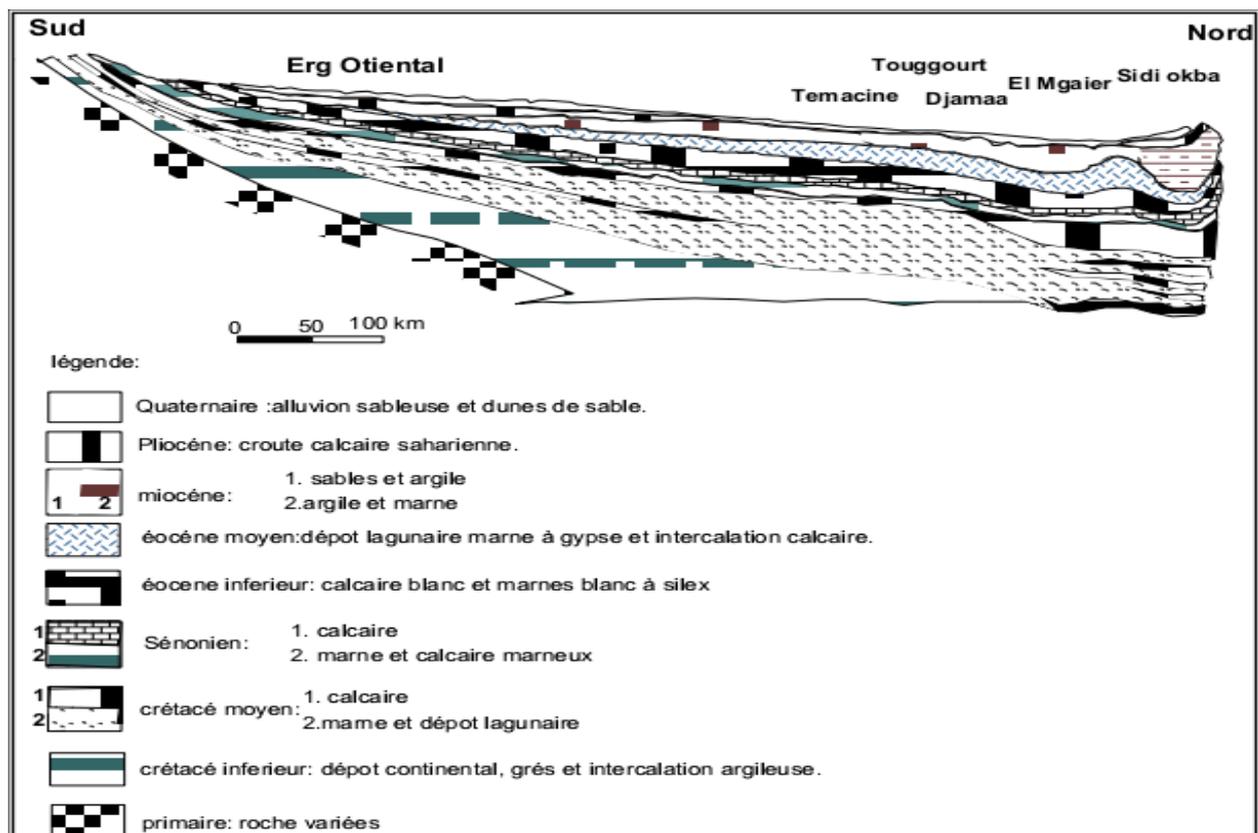


Figure III.1 : Coupe géologique N-S passant par la cuvette secondaire saharienne et par la Vallée de Oued Righ (A.Cornet, 1962).

III.3. Hydrogéologie :

Les études géologiques et géophysiques permettent de localiser les aquifères de la région d'étude. L'étude hydrogéologique compose dans son contenu les éléments de réponse répartis en deux étapes essentielles :

- ✓ Définir les différentes nappes aquifères de la région et l'évolution des niveaux piézométriques.
- ✓ Déterminer les paramètres hydrodynamiques des aquifères (transmissivité, perméabilité...).

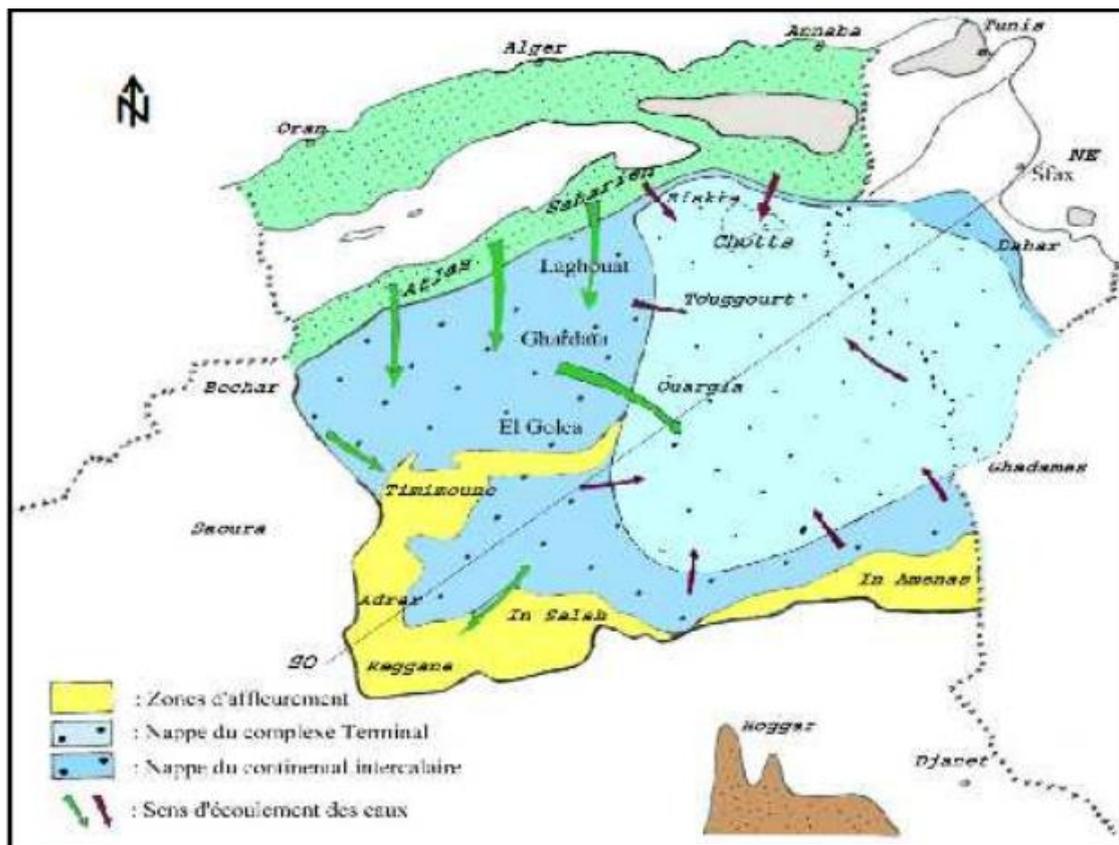


Figure III.2 : Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972)

III.3.1. Localisation du bassin hydrogéologique :

La zone d'étude fait partie du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). Ce bassin se subdivise en trois sous-entités : les deux sous-bassins du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental qui sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées « chotts et sebkhas » et le plateau de la Hamada El Hamra.

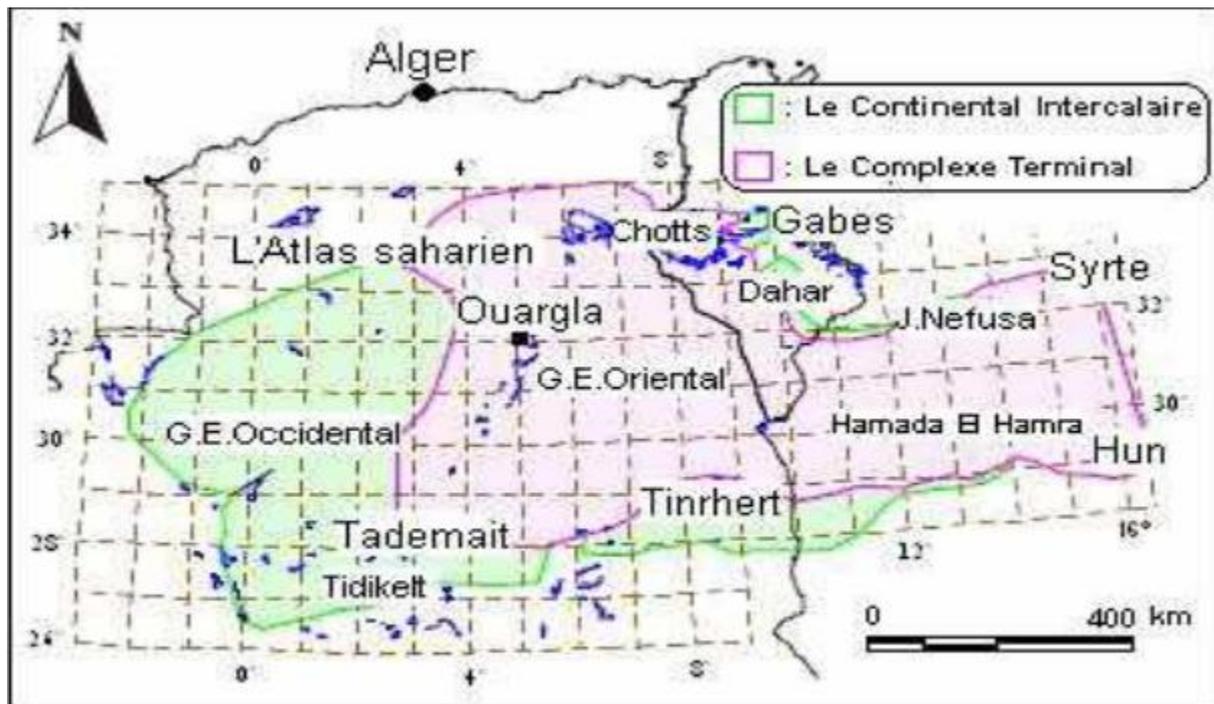


Figure III.3 : Délimitation du " SASS" (OSS, 2003)

D'après la figure III.3 notre périmètre d'irrigation appartient au complexe terminal

III.4. La disponibilité des ressources en eau :

Dans la région de TEMACINE l'eau est le facteur limitant le développement économique et surtout de l'activité agricole. C'est pourquoi il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur. Tout le développement de cette région passe par l'extension et la rationalisation de ces activités, ce qui exige une maîtrise des problèmes de l'eau.

III.4.1. Ressources en eaux superficielles

III.4.1.1. Les lacs :

Les lacs qui se trouvent dans le territoire de notre région d'étude sont classés parmi les plus beaux et prestigieux lacs salés de la wilaya d'Ouargla. On distingue deux lacs dans la région, l'un est situé au Nord c'est le lac de Megarine et l'autre c'est le lac de Temacine au sud.

Ses situations géomorphologiques se présentent en une dépression qui est a priori un exutoire naturel des eaux d'irrigation drainées salées à plus de 10 g/l de résidu sec, et ce à partir des palmeraies limitrophes.

Ces lacs sont un symbole hautement traditionnel. Le réaménagement des zones humides donc devenu l'une des principales préoccupations du secteur de l'eau et de l'environnement dans la wilaya d'Ouargla.



Figure III.4 : Prise de vue du lac de Temacine



Figure III.5 : Prise de vue du lac de Megarine

III.4.1.2. Le canal d'Oued Righ :

Le canal de l'Oued Righ a été creusé en 1925 avec des méthodes traditionnelles et manuelles par la population de la région sur une longueur de 150 km à partir d'El Goug jusqu'au chott Merouane (exutoire naturel), une largeur de 10 m, une profondeur de 4 m. Les 2/3 Sud du canal ont été creusés, tandis que 1/3 Nord est d'origine naturel (Oued Khrouf).

Les peuples de la région ont creusé ce canal pour le but de faire drainer les eaux en excès d'irrigation des palmeraies et l'évacuation des eaux usées. L'alimentation du canal est en effet, hors les quelques orages annuelles, le fait des écoulements de drainage en provenance des palmeraies, donc le canal joue le rôle de collecteur principales de ces eaux qu'il conduit jusqu'à l'Oued Khrouf puis chott Merouane.



Figure III.6: vue de section du canal d'Oued Righ Sud

III.4.2. Ressources en eaux souterraines :

Au vu de l'absence de ressources hydriques de surface mobilisées, les eaux souterraines restent la principale ressource de la zone ainsi que du périmètre pour sa mise en valeur. Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de ressources non renouvelables représentées par les deux grandes aquifères :

- Complexe Terminal.
- Continentale Intercalaire

Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique

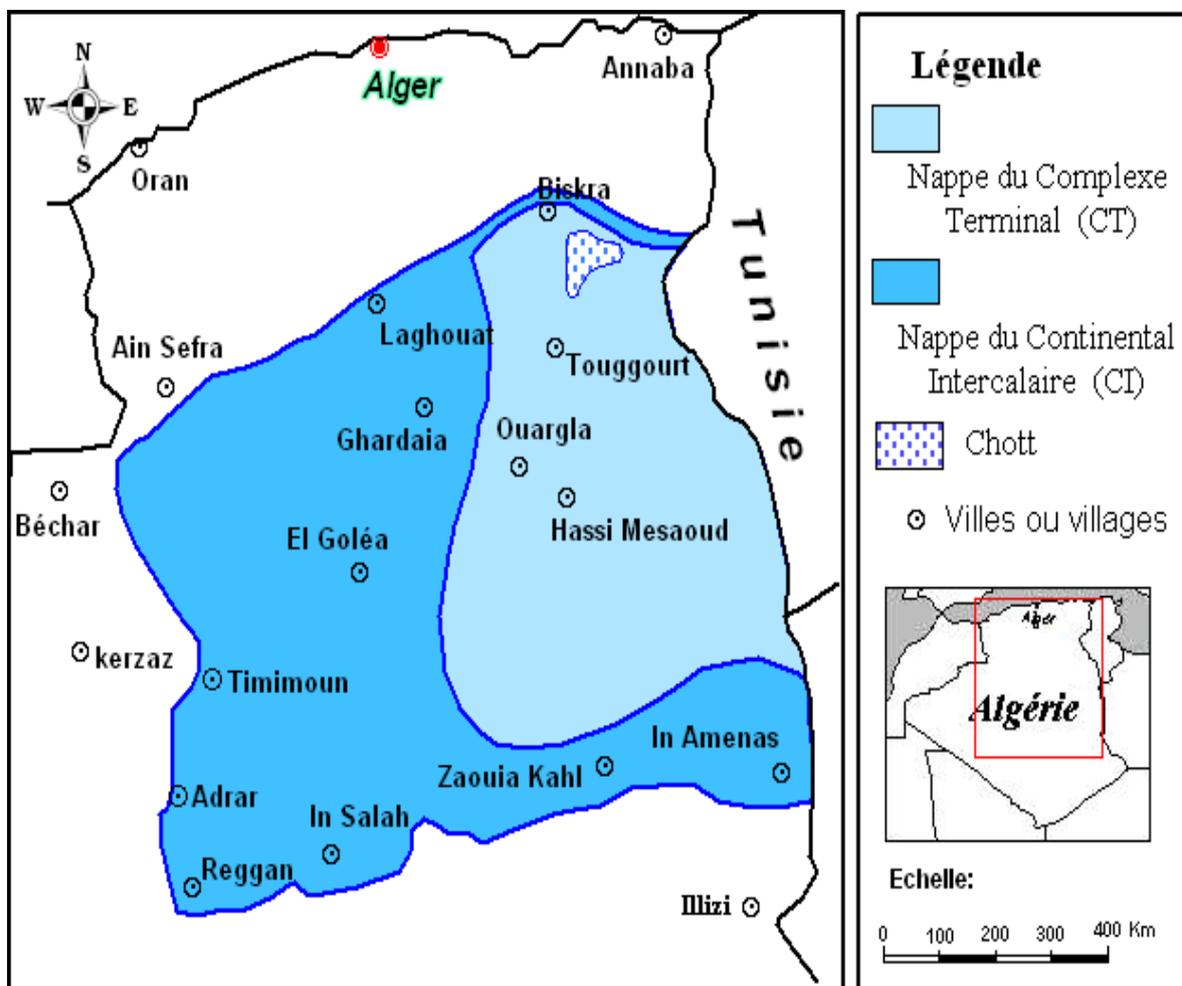


Figure III.7 : Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal)

III.4.2.1. La nappe phréatique :

Elle est continue dans les niveaux sableux et argilo évaporitiques du Quaternaire. La nappe phréatique est présentée dans toutes les oasis de la vallée. Elle est contenue dans les sables fin à moyens, d'âge Quaternaire, contenant des cristaux de gypse. Elle s'épaissit du Sud vers le Nord et sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres. Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités, la conductivité électrique est de l'ordre de 4.91 ms/cm à 13.44 ms/cm. La nappe phréatique est gonflée par l'excès de l'eau d'irrigation et des pompes du CI et du CT. C'est pour drainer cet excès que le réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ.

III.4.2.2. La nappe du complexe terminal (le Pontien CT) :

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène (Busson, 1970; Fabre, 1976). Le terme de nappes du Complexe Terminal qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique.

a) La première nappe des sables CT1 :

Hormis, La nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde, sa puissance varie entre 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grès, d'âge Mio - Pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argile constitue son substratum, et son toit est constitué par des argiles et des évaporites. C'est une nappe captive. Elle était jadis très exploitée avec des débits faibles à moyens, de l'ordre de 20 à 40 l/s. cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la captent sont actuellement moins utilisés.

b) La deuxième nappe CT2 :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-Pliocène comme la première nappe, elle est formée essentiellement de grès, de gravier et de sable avec la présence de quelques lentilles argileuses. Son épaisseur et de 20 à 36m, elle est très exploitée avec un débit variant entre 25 et 45 l/s. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

Ces deux nappes sont alimentées localement par les rares précipitations et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal d'Oued Righ), et les percolations des

nappes artésiennes sous-jacentes les prélèvements par forages représentent leur seule exhaure. - Ces deux nappes surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal ; constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur Sénonien supérieur.

c) La nappes des calcaires du Sénonien Eocène CT3 :

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse, sa puissance variée entre 200m à Touggourt et 360m à Meghaier. Il n'est pas très exploité. L'artésianisme étant à l'origine plus important au Nord. A la base, le Sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux (figure III.10).

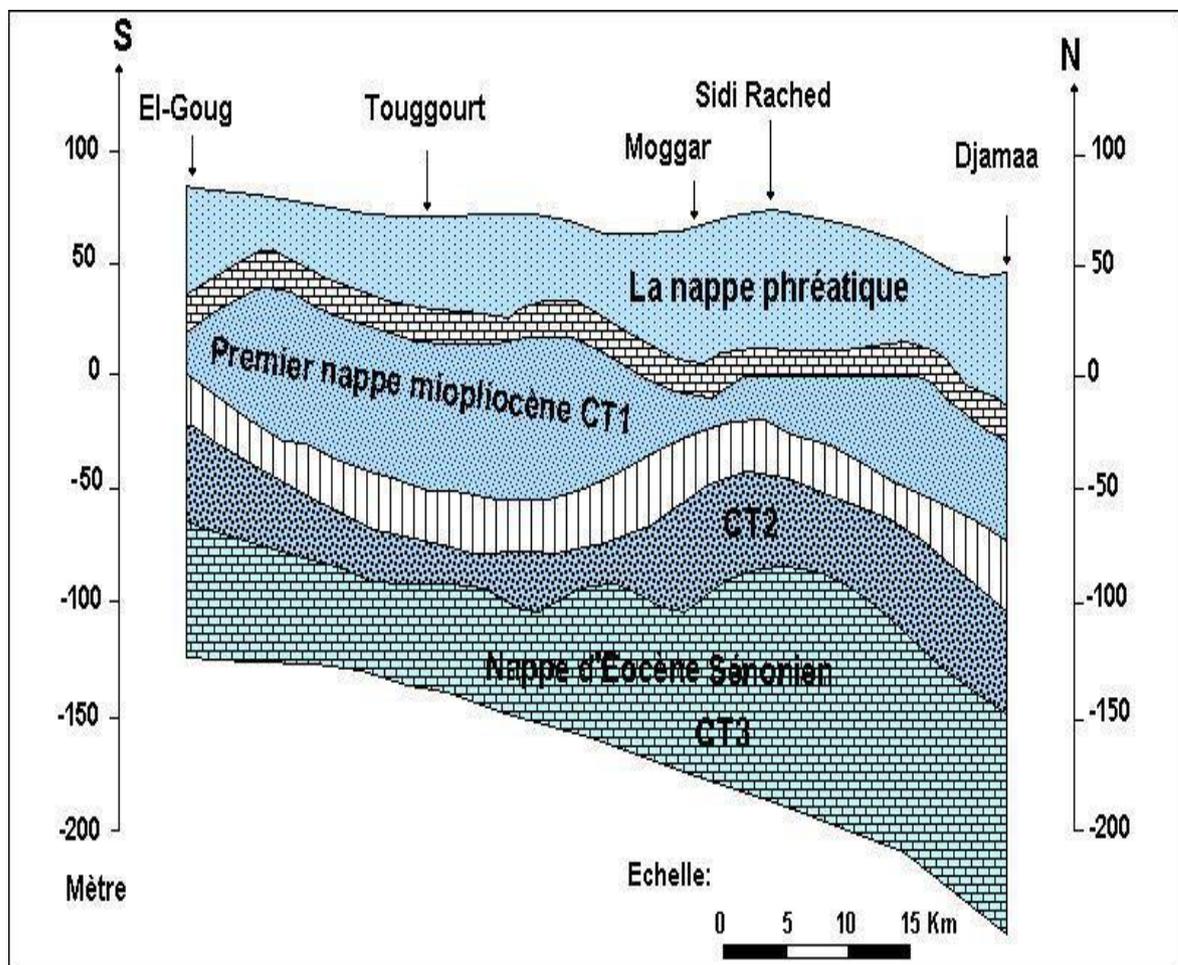


Figure III.8 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région d’Ouargla (ANRH)

III.4.2.3. La nappe du continental intercalaire (albiennienne CI)

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins (l'Algérie, la Tunisie et la Libye). La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600000 km². Elle stock un volume d'eau considérable, estimé à 3.5×10^9 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination nappe Albiennienne. Le terme Continental Intercalaire, par contre désigne l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara entre deux cycles marins, c'est le plus puissant aquifère du Sahara (250 -1000 m épaisseur).

III.5. Alimentation en eau du périmètre :

Pour la mobilisation des eaux destinées à l'irrigation, et en considérant les données hydrogéologiques disponibles, Le périmètre de Danoune sera alimenté entièrement par 06 forages.

III.6. Estimation de la qualité de l'eau :

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

III.6.1. Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude :

Tableau III.1 : Analyses physico- chimiques des eaux souterraines de la région d'étude

Nappe	Miopliocène	
Désignation	Temacine	
Conductivité (ms/cm)	5.09	
PH	8.24	
TH (°F)	268	
Eléments	mg/l	még/l
Ca²⁺	796	39.8
Mg²⁺	166	13.66
Na⁺	455	19.78
K⁺	30	0.77
Cl⁻	1744	49.12
SO₄²⁻	900	18.75

Source: laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de surface (université de Biskra) 2004

III.6.2. La conductivité :

La présence des ions confère à l'eau une certaine conductivité c'est à dire une certaine aptitude à conduire le courant électrique, on en conclue que plus la concentration des sels dissout est plus élevée plus la conductivité est grande, elle est mesurée à 25 °C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

Tableau III.2: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux
C ₁	CE ≤ 0,25	Eau de risque faible
C ₂	0,25 < CE ≤ 0,75	Eau de risque moyen
C ₃	0,75 < CE ≤ 2,25	Eau de risque élevée
C ₄	CE > 2,25	Eau de risque très élevée

Remarque :

- C1 : convient pour toutes les cultures
 - C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes ;
 - C3 : ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes ;
 - C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.
- ❖ L'eau des forages prévue pour l'irrigation du périmètre a une conductivité électrique moyenne CE= 5.09 mmhos/cm, ce qui présente un risque très élevée.

III.6.3. 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 défloculation, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na⁺ et celle en ion Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺, par la mesure du SAR :

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

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺ sont en meq/l.

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin :

Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction du S.A.R

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

On a: **SAR=3.82**

Si on se réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité très élevé avec un degré d'alcalinité faible (**C4, S1**).

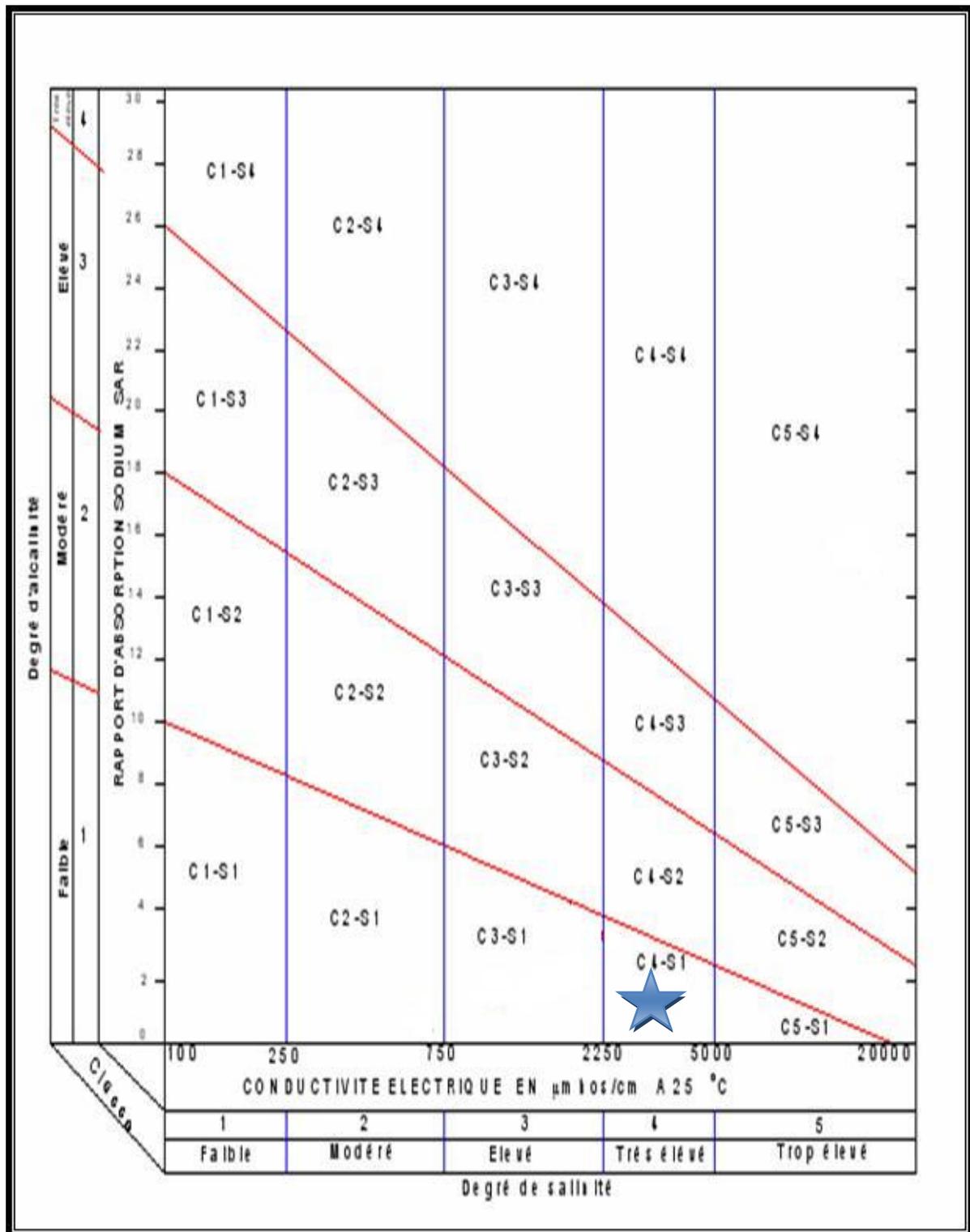


Figure III.9: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

III.6.4. Le pH :

Le pH de toutes les eaux est voisin de la neutralité avec un caractère plus ou moins alcalin. La plupart des eaux présentent aussi un caractère alcalin bicarbonaté du fait que le PH est souvent inférieur à 8,3

III.7.Etude hydrologique :

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement du réseau de distribution.

III .7.1. Choix de la station pluviométrique

L'analyse climatique est faite sur la base des données s'étalant sur une période de 34ans (1980-2014) et obtenues auprès de l'ANRH (station de Ouargla).

Donc, pour analyser les paramètres climatiques, la station de Ouargla a été sélectionné, elle a été choisie parmi les autres stations en raison de son rapprochement relative ainsi que son altitude le plus analogue et dont les données sont les plus complètes et les plus représentatives de la région d'étude.

Tableau III.4: Caractéristiques de la station Hydro climatique de Ouargla.

Station d'Ouargla	X (km)	Y (km)	Z(m)
Caractéristiques	748.048	154.065	130

Source : ONM Ouargla.

La série des précipitations de la station d'Ouargla est donnée au tableau ci-dessous :

Tableau III.5 : Pluies moyennes mensuelles observées

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
1980-1981	0,0	0,0	10,6	5,0	0,0	0,2	4,9	0,0	0,0	1,2	2,1	1	25,0
1981-1982	0,0	0,0	2,5	11,1	5,7	0,0	6,8	6,5	0,0	0,0	0,0	0	32,6
1982-1983	0,0	0,0	7,6	4,8	0,0	6,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0	20,0
1983-1984	0,0	0,4	10,3	2,0	3,8	0,0	9,5	2,2	0,0	0,0	0,6	0	28,8
1984-1985	5,2	17,9	5,3	1,5	0,7	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,6	35,5
1985-1986	8,7	9,5	3,7	3,5	6,4	5,4	9,6	2,8	0,6	0,2	0,0	0	50,4
1986-1987	5,7	0,0	0,0	0,7	0,0	2,0	0,0	8,0	0,2	0,0	0,0	0	16,6
1987-1988	15,3	11,1	1,1	10,8	0,6	0,5	3,9	1,5	0,0	2,2	0,0	1	44,7
1988-1989	5,4	7,2	1,1	1,4	15,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	36,4
1989-1990	1,0	1,3	21,0	6,4	0,0	0,0	3,2	0,0	18,2	0,0	0,0	0,5	51,6
1990-1991	0,0	0,0	10,6	5,0	0,0	0,2	4,9	0,0	0,0	1,0	3,0	0	24,7
1991-1992	0,0	0,0	2,5	25,1	7,7	0,0	7,8	7,0	0,0	0,0	0,0	0	50,1
1992-1993	0,0	0,0	13,6	22,4	0,0	6,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0	43,6
1993-1994	0,0	0,4	13,3	2,0	3,8	0,0	9,5	2,2	0,0	0,0	0,6	0	31,8
1994-1995	23,6	17,9	5,3	1,5	0,7	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,7	0,6	66,9
1995-1996	13,7	16,5	3,7	4,5	27,5	5,4	9,6	2,8	0,6	0,2	0,0	0	84,5
1996-1997	5,7	0,0	0,0	0,7	0,0	2,0	0,0	8,0	0,2	0,0	0,0	0	16,6
1997-1998	17,5	10,1	0,0	10,8	0,0	0,8	2,9	1,8	0,0	2,8	0,0	0	46,7
1998-1999	6,4	6,3	2,1	1,6	19,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	36,6
1999-2000	1,0	1,3	21,0	6,4	0,0	0,0	3,2	0,0	18,2	0,0	0,0	0	51,1
2000-2001	5,2	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0	36,2
2001-2002	4,5	15,2	1,1	3,8	6,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0	16
2002-2003	0,1	6,4	2,5	0,0	12,5	5,5	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	37,3
2003-2004	3,9	3,8	1,0	0,6	13,6	0,0	0,6	5,4	0,0	1,2	0,0	8,2	38,3
2004-2005	0,0	15,7	36,5	10,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	63,3
2005-2006	9,2	3,2	16,5	1,9	9,9	0,5	0,8	4,7	0,0	0,0	0,0	2,5	49,2
2006-2007	5,4	10,6	0,0	1,9	0,1	0,5	0,1	3,7	1,2	0,0	0,0	1,6	25,1
2007-2008	0,0	0,8	0,0	3,6	7,6	2,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	14,5
2008-2009	14,4	26,8	0,0	0,0	52,1	1,1	12,0	0,8	0,0	1,5	0,0	0	108,7
2009-2010	5,3	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	5,0	0,2	17,9
2010-2011	6,4	8,8	0,0	3,0	6,4	1,1	3,7	1,8	0,0	0,5	1,0	0,2	32,9
2011-2012	5,3	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	0,2	0,0	1,3	0,0	8,0	1,2	21,7
2012-2013	4,3	1,2	12,5	21,4	11,5	0,0	8,6	2,5	0,0	0,0	0,0	1	33,2
2013-2014	5,8	10,5	13,5	6,5	13,8	1,2	2,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0	48,1
Total	179	233,6	218,9	180,8	238,4	42,9	133,8	65,7	41	10,8	21,7	20,2	1386,8

D'après les données enregistrées dans ce tableau pendant la période 1984 –2014, On remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. L'année 2002 est la plus sèche avec une moyenne de pluie de 16 mm.

III.8. Etude de l'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 $N_1 > N_2$

-On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous série appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée

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

Avec :

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x \quad ; \quad W_x : \text{Somme des rangs de sous-séries.}$$

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

$$W_{\max} = \left[(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min} \right]$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III.6: Test de wilcoxon

Rang	Série d'origine	Série x	Série y	TRI	x union y
1	25,0	25,0	16,6	14,5	y
2	32,6	32,6	46,7	16,6	x
3	20,0	20,0	36,6	16,6	y
4	28,8	28,8	51,1	17,9	y
5	35,5	35,5	36,2	20	x
6	50,4	50,4	30,9	21,7	y
7	16,6	16,6	37,3	24,7	x
8	48	48	38,3	25	x
9	31,3	31,3	63,3	25,1	y
10	51,6	51,6	49,2	28,8	x
11	24,7	24,7	25,1	30,9	y
12	50,1	50,1	14,5	31,3	x
13	43,6	43,6	108,7	31,8	x
14	31,8	31,8	17,9	32,6	x
15	64,6	64,6	32,9	32,9	y
16	84,5	84,5	21,7	35,5	x
17	16,6		63	36,2	x
18	46,7		57,5	36,6	y
19	36,6			37,3	y
20	51,1			38,3	y
21	36,2			43,6	x
22	30,9			46,7	y
23	37,3			48	x
24	38,3			49,2	y
25	63,3			50,1	x
26	49,2			50,4	x
27	25,1			51,1	y
28	14,5			51,6	x
29	108,7			57,5	y
30	17,9			63	y
31	32,9			63,3	y
32	21,7			64,6	x
33	63			84,5	x
34	57,5			108,7	y

A la fin des calculs on obtient :

$$W_x = 292 \quad ; \quad W_{\min} = 222,69 \quad ; \quad W_{\max} = 337,31 \quad \rightarrow \quad 222,69 < W_x < 337,31$$

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 de la station d'Ouargla est homogène.

III.9. Traitement des données :

La simulation des pluies annuelles avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats suivants :

- Nombre d'observations : 34
- Minimum : 14.5
- Maximum : 108.7
- Moyenne : 40.78
- Ecart-type : 20.23
- Médiane : 36.40
- Cv : 0.5
- Cs : 1.37
- Ck : 4.9

III.10. Ajustement statistique des pluies :

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.10.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

L'ajustement des séries par la loi normale ou loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du$$

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à loi Normal de la station de Ouargla sont regroupés dans le tableau.III.7 et la figure III.10

Tableau III.7: Ajustement à la loi de Gauss

T=1/q	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	87.84	6.752	74.61- 101.1
50.0	0.9800	82.33	6.179	70.22 -94.44
20.0	0.9500	74.06	5.367	63.54 - 84.58
10.0	0.9000	66.71	4.713	57.47 -75.95
5.0	0.8000	57.80	4.052	49.86 -65.75
2.0	0.5000	40.78	3.469	33.98 -47.58
1.2500	0.2000	23.76	4.052	15.82- 31.71

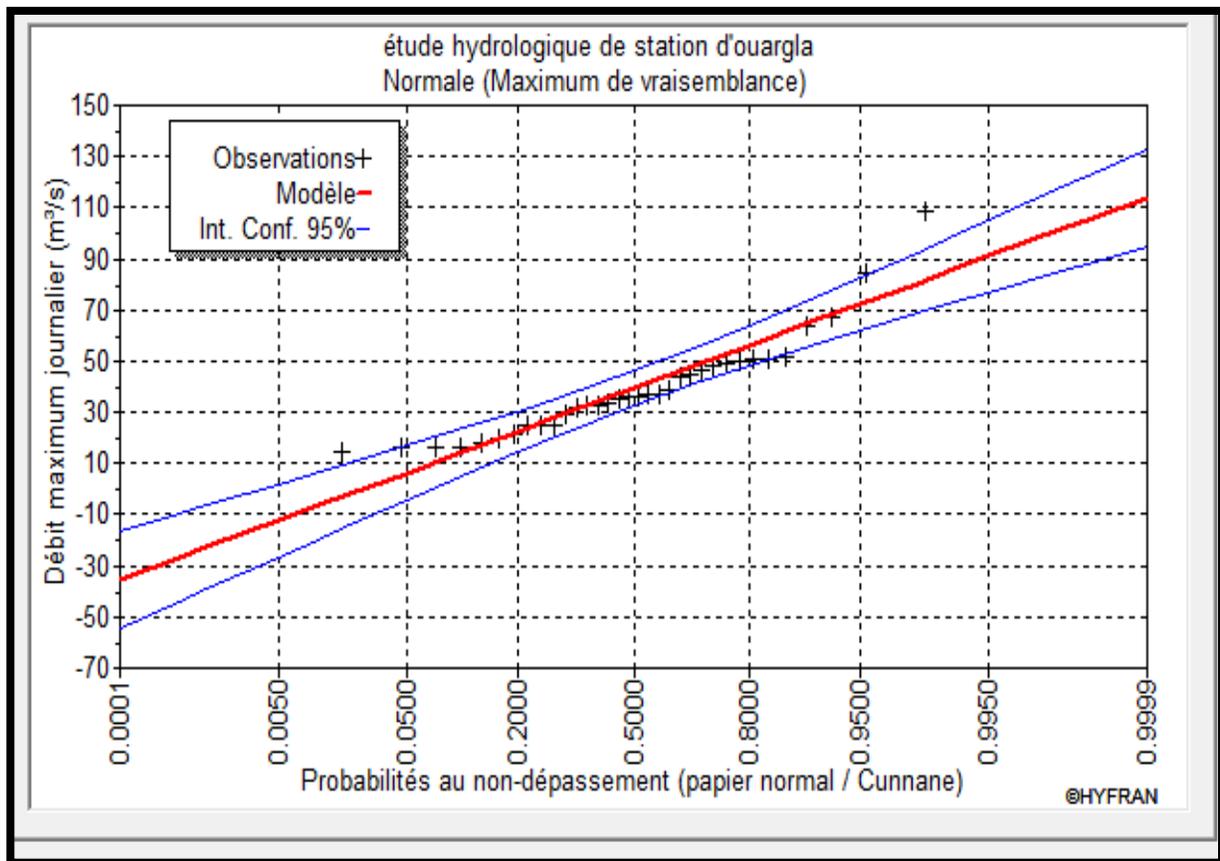


Figure III.10 : Ajustement des pluies annuelles à une loi normale

III.10.2. Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale(Galton) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi log Normal sont regroupés dans le tableau III.8 et la figure III.11

Tableau III.8: Ajustement à la loi log-Normale

T=1/q	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	111.1	17.74	76.34-145.9
50.0	0.9800	97.53	14.25	69.60-125.5
20.0	0.9500	80.21	10.18	60.25-100.2
10.0	0.9000	67.41	7.512	52.68-82.14
5.0	0.8000	54.61	5.232	44.36-64.87
2.0	0.5000	36.52	2.995	30.65-42.39
1.2500	0.2000	24.42	2.340	19.84-29.01

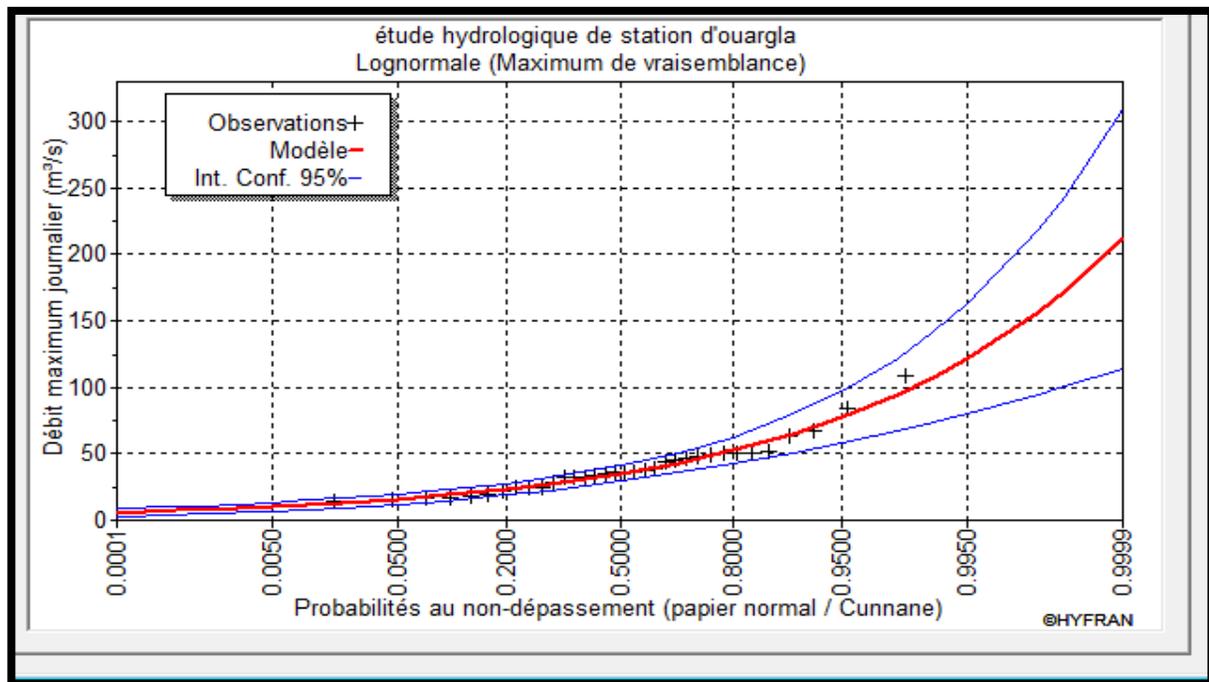


Figure III.11 : Ajustement des pluies annuelles à une loi log- normale

III.11. Test de validité d'un ajustement :

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).

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

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

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

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III.9: Résultats du test de Khi carré :

	Loi Normale	Loi Log-Normale
Degré de liberté γ	5	5
$\chi^2_{calculé}$	4.59	2.24
$\chi^2_{théorique}$	11.07	11.07
$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$	Vérifier	Vérifier

D'après le test de Khi carré, la condition de validité d'ajustement est vérifiée donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station de Ouargla est ajustable avec les deux lois à seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0.05$. Mais la loi log-Normal s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale.

III.12. Détermination de l'année de calcul :

La détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la pluie mensuelle de probabilité de 80% qui peut être utilisée par la plante. Puisque la loi log-normal est la plus adéquate, nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Hydrologie

Pour retrouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%, nous utilisons la loi suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% i} = P_{\text{moy } i} \frac{P_{\text{théorique (80\%annuelle)}}}{P_{\text{théorique (50\%annuelle)}}$$

Avec : i : mois concernée pour le calcul

D'après le tableau III.8 nous trouvons que :

$$P_{\text{théorique (80\%annuelle)}} = 24.42 \quad ; \quad P_{\text{théorique (50\%annuelle)}} = 36.52$$

Donc :

$$\frac{P_{\text{théorique (80\%annuelle)}}}{P_{\text{théorique (50\%annuelle)}} = 0.67$$

Les résultats de calculs sont donnés dans le tableau suivant

Tableau III.10 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)

Mois	J	F	M	A	M	J	j	A	S	O	N	D
Pmoy(mm)	5.26	6.87	6.44	5.32	7.01	1.26	3.94	1.93	1.21	0.32	0.64	0.59
Pmoy80%(mm)	3.52	4.6	4.31	3.56	4.69	0.84	2.64	2.34	0.81	0.21	0.43	0.4

III.13. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons étudié la problématique liée à la disponibilité des ressources en eau dans notre zone d'étude. Pour ce qui est de l'alimentation en eau, le périmètre sera irrigué à partir de 06 forages.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau d'irrigation, les analyses physico-chimiques ont révélé qu'elle appartient à un couple **C4 S1** : «Qualité médiocre à mauvaise, exclure les plants sensibles et les sols lourds, il faut avoir des espèces tolérantes au sel et des sols très perméable et bien drainé avec doses de lessivage et /ou ajouter des injections de sulfure, de gypse, ou d'acide sulfurique ».

Enfin, L'ajustement des pluies moyennes annuelles est fait à l'aide du Hyfran pour la loi normale et la loi log normale. Ainsi, le test de validité de l'ajustement (χ^2) a montré que la série s'ajuste mieux avec la loi log normale. Ce qui nous conduit à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement d'un réseau.

Chapitre IV : Etude des besoins en eau des cultures**IV.1. Introduction :**

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définis auparavant, conditionnât la conception de notre projet d'irrigation tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

IV.2. Les besoins en eau d'irrigation :

Le besoin d'irrigation, est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté à la culture par irrigation en complément à d'autres ressources naturelle tel que : la pluviométrie, la remonté capillaire et la réserve initial du sol afin de mettre à celle-ci les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

IV.3.L'évapotranspiration potentielle (ET0) :

L'évapotranspiration potentielle (ET0) est définie comme étant l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Dans ces conditions, l'évaporation de référence dépend essentiellement de facteurs climatiques, d'où la désignation parfois adoptée d'évaporation climatique.

De nombreuses formules de calcul de l'évapotranspiration de référence dont les principales sont :

➤ Formule de Blaney-Criddle :

$$ET_0 = (8.13 + 0.46t) p$$

Avec : ET₀ : évapotranspiration de référence, en mm/mois

t : température moyenne mensuelle, en °C

p : pourcentage d'éclairement, f (latitude)

➤ **Formule de Turc :**

$$ET_0 = 0.4(R_s + 50)(t/t + 15)$$

Avec : R_s : radiation globale, en cal/cm² j ;

$$\text{Si } R_s \text{ n'est pas connu: } R_s = R_a(0.18 + 0.62(n/N))$$

R_a : rayonnement extra-terrestre, en cal/cm² j

N : durée astronomique possible d'insolation (h/mois)

n : durée d'insolation effective (h/mois)

R_a et N : fonction de la latitude du lieu uniquement

❖ **Formule de Penman :**

$$ET_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \left(1 - \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right) (e_s - e_a) f(U_2)$$

Avec : ET_0 : évapotranspiration de référence (mm.j-1)

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur, à la température moyenne de l'air (mbar.oC-1)

R_n : rayonnement net, exprimé en évaporation équivalente (mm.j-1)

G : flux de chaleur dans le sol (mm.j-1); souvent négligé

γ : constante psychrométrique (0.66 mbar.oC-1)

e_s : pression de vapeur saturante à la température moyenne de l'air (mbar)

e_a : pression de vapeur dans l'air, à 2 m de hauteur (mbar)

Pour une zone cultivée, dans nos régions:

$$f(U_2) = 0.26 (1 + 0.54 U_2)$$

U_2 : vitesse moyenne du vent à 2 m de hauteur (m.s-1).

IV.4. Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Elle est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_c \cdot ET_0$$

Avec : K_c : le coefficient cultural ;

ET_0 : Évapotranspiration potentielle de référence.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Tableau IV.1 : Evapotranspiration de référence (ETo)

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sunshine hours	Radiation MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	4.7	18.2	62	2.7	7.6	11.9	2.46
February	6.4	20.8	52	3.2	7.9	14.7	3.68
March	10.6	25.2	43	4.0	8.6	18.5	5.67
April	14.4	29.3	36	4.5	9.4	22.3	7.73
May	19.8	35.0	31	4.7	9.3	23.6	9.84
June	27.5	40.0	27	4.8	10.2	25.3	11.84
July	27.3	43.2	24	4.3	11.0	26.2	12.12
August	23.2	42.8	26	3.8	10.5	24.3	10.73
September	17.3	37.0	36	4.2	8.5	19.3	8.70
October	10.2	31.3	48	3.4	8.2	16.0	5.78
November	6.0	24.0	56	2.7	7.9	12.8	3.41
December	16.0	19.4	62	2.7	6.9	10.6	2.41
Average	15.3	30.5	42	3.8	8.8	18.8	7.03

➤ **Commentaire du tableau :**

D'après le Tableau, on remarque que l'évapotranspiration de référence ETo est élevée dans la période d'été et atteint 12.12 (375.72 mm/mois) pour le mois de juillet, c'est-à-dire le besoin en eau des cultures augmentent dans cette période.

IV.5.Occupation des sols :

Une fois les principaux travaux d'aménagement effectués et les équipements réalisés, il y'a lieu d'entamer la mise en valeur agricole proprement dite, laquelle consiste à mettre en place le palmier dattier et faire démarrer les premières campagnes maraichère, céréalière et fourragère, au niveau du périmètre.

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

L'occupation des sols retenue pour le projet est donnée dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Répartition des cultures dans le périmètre

Cultures	Surface en %	Surface en Ha
Palmier dattier	32.25	50
Olivier	25.8	40
Blé	12.9	20
Orge	9.67	15
Tomate	19.35	30
Somme	100	155

Le reste de la surface totale, soit 5 ha, sera destinés aux espaces de servitudes sous forme de pistes agricoles à l'intérieur et à l'extérieur du périmètre, à la protection (mise en place de brise vents) ainsi qu'aux équipements hydrauliques.

IV.6.assolement-rotation:

Le respect de certaines conditions de succession des cultures dans l'espace et dans le temps est impératif, permettant d'atteindre les objectifs suivants :

- Le maintien de l'équilibre nutritif des sols qui doit être en soin permanent ;
- L'utilisation des fumures organiques selon les exigences spécifiques de chaque espèce.
- La lutte contre les parasites et maladies cryptogamiques, dont les effets néfastes sont accentués par la succession d'une même espèce ou des espèces de la même famille sur la même sole ;
- La lutte contre les mauvaises herbes, surtout dans les conditions de cultures irriguées qui favorisent leur prolifération.

Ainsi, il est conseillé de pratiquer un modèle d'assolement-rotation basé sur une succession intra annuelle et inter annuelle de plusieurs familles. Par souci de produire une gamme assez large d'espèces durant l'année et avec respect d'une alternance des cultures, on préconise un modèle d'assolement -rotation biennal. La parcelle considérée est divisée en 2 lots.

Chaque lot sera occupé, soit par une culture donnée, soit par une succession de cultures durant l'année, avec une rotation des cultures pour chaque lot qui se fera sur une période de 2 années, c'est-à-dire que les espèces cultivées sur le lot 1 (première année) passent au lot 2 la deuxième année.

IV.6.1. Choix des cultures à mettre en place :

Pour choisir le type de cultures à mettre en place on doit tenir compte de :

- 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

Compte tenu des spécificités, du savoir-faire et des traditions de la zone ainsi que la nature pédologique des sols et leurs aptitudes culturales, on a proposé l'installation :

- du Palmier dattier,
- de l'Olivier
- des cultures annuelles céréalières fourragères
- et les cultures maraichères en irriguées selon un assolement biennal.

IV.6.1.1. Mise en place du palmier dattier :

La phoeniciculture demeure, pour la zone, l'activité la plus noble et la plus lucrative. La culture du palmier répond aussi de la manière la plus parfaite aux conditions austères du milieu, principalement le climat. Seulement, (l'eau reste la ressource naturelle la plus déterminante de cette mise en valeur et de son dimensionnement.

Premièrement : Du point de vue climatique, les conditions climatiques locales sont favorables à l'égard de la culture du palmier dater (températures, favorables à son cycle végétatif, humidité moyennement faible, pluies torrentielles peu fréquentes, durée d'ensoleillement suffisante).

Deuxièmement : Du point de vue choix de l'emplacement, la palmeraie sera réalisée sur 30% du périmètre autour des forages.

Troisièmement : Du point de vue sols, le périmètre est constitué de sols qui s'y prêtent à la plantation du palmier dattier (perméabilité, qualité primordiale du sol d'une palmeraie).

Quatrièmement : Du point de vue ressources hydriques, les futures plantations seront irriguées par des eaux souterraines (nappe du complexe-terminal : Eocène inférieur qui seront exploitées au moyen de forages).

IV.6.1.2.Mise en place de l'olivier :

Les sols de ce périmètre semblent présenter une bonne aptitude pour l'arboriculture fruitière, notamment l'olivier. Les plantations arboricoles d'olivier en irriguée vont concerner la superficie 40 ha, répartie sur les futurs bénéficiaires. L'olivier s'adapte à une grande variété de sols. Il présente une bonne tolérance au calcaire et peut supporter de basses températures (jusqu'à -8 ° C).

IV.6.1.3.Mise en place de cultures fourragères et céréalières :

Les cultures fourragères et céréalières sont très intéressantes pour les concessionnaires ou investisseurs et ce, à travers les multiples avantages qu'elles offrent :

- Des rendements intéressants sous réserve d'une bonne conduite des travaux culturaux ;
- Une importante source de revenus ;
- Une opportunité de développer des élevages rentables de ruminants ;
- Une occupation optimale des sols ;

Les espèces de cultures annuelles proposées, sont: **l'orge** et **le blé**.

IV.6.1.4.Mise en place de cultures maraichères :

L'exploitation des cultures maraichères à la fois, très bénéfiques, très rentables et sont très intéressantes pour les concessionnaires et ce, à travers les multiples avantages qu'elles offrent

- Des rendements souvent élevés;
- Une importante source de revenus étalés sur toute l'année ;
- Une utilisation quasi permanente de la main d'œuvre ;
- Une tolérance aux sels, certaines espèces tolèrent jusqu'à 4 g/l sans qu'il y ait d'incidences sur les rendements.

Les possibilités de les pratiquer toute l'année au niveau de la zone sont importantes, grâce à leur cycle court ne dépassant pas 4 mois, et aux températures favorables sur une période assez longue de l'année.

Les cultures maraichères retenue est : **la tomate**.

IV.7. Répartition des surfaces en fonction de l'assolement proposé :

Nous avons pris en considération un assolement biennal, 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.

Tableau IV.3: L'assolement biennal et la rotation des cultures en irriguées

Surface (ha)	1 ^{ère} année												2 ^{ème} année											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
50	Palmier dattier												Palmier dattier											
40	L'olivier												L'olivier											
20	Blé												Orge											
15	Orge																		Tomate					
30							Tomate												Blé					

IV.8. Détermination des Besoins en eau des cultures :

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc.).

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU)$$

D'où :

- ✓ B : besoin en eau d'irrigation (mm).
- ✓ ETM: évapotranspiration maximal de la culture (mm).
- ✓ Peff : pluie efficace (mm).
- ✓ RFU : réserve facilement utilisable.

L'irrigation est faite lorsque $B > 0$.

IV.8.1. Calcul de la pluie efficace:

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, ... Autrement dit la pluie efficace c'est la quantité de la pluie retenue dans la zone racinaire.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

Pluies efficaces (en mm/mois) = A × Pluies totales (mm/mois)

Avec : **A** : coefficient estimé à 0,8.

Les valeurs de précipitations de probabilité de 80% et la pluie efficace (Peff) sont groupées dans le tableau ci-après :

Tableau IV.4: Les précipitations efficaces dans la zone de projet

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pmoy (mm/mois)	3.52	4.6	4.31	3.56	4.69	0.84	2.64	2.34	0.81	0.21	0.43	0.4
P eff (mm)	2.82	3.68	3.45	2.85	3.75	0.67	2.11	1.87	0.65	0.17	0.34	0.32

Il est à noter que dans le cas où la pluie efficace est inférieure à 5 mm, elle est automatiquement remise à zéro (**Peff=0**).

IV.8.2. La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU). La quantité d'eau égale à 1/3 ou 2/3 de la RU (SOLTNER, 1986).

La valeur du RFU est donnée par l'expression suivante :

$$\mathbf{RFU=Y(H_{cc}-H_{pf}).D_a.Z}$$

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ ;
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement ;
- Y : degré de tarissement (généralement 2/3 et 1/3 pour les cultures sensibles);
- D_a : densité apparente (1.2) ;
- Z : profondeur d'enracinement mm ;

$$\mathbf{RFU_{réel} = 0 \text{ car } ETM \gg P_{eff}}$$

IV.8.3.Calcul des doses de lessivage :

Il est nécessaire de suivre par contrôle permanent de la salinité ainsi que celle du niveau de la nappe si c'est possible Le lessivage améliore les conditions de salinité du sol, qui est fonction de la salinité et de la qualité de l'eau d'irrigation et de la profondeur du sol à lessivé .on ajoute une fraction de lessivage aux besoins d'irrigation ces besoins sont estimés comme suit : [Rhoads et (Rhoads et Merrill, 1976)].

$$\mathbf{I_w=B_{net}/1-LR}$$

Avec : I_w : besoin végétation +lessivage

B_{net} : besoin en cultures avant lessivage

$$LR = \frac{C_{eiw}}{5C_{es} - C_{eiw}}$$

Avec : LR: Leaching Requirement ou fraction lessivante ;

C_{eiw} : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation : l'eau des forages= 5.09 ds/cm ;

C_{es} : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée du sol=6.9 ds/cm.

Une dose de lessivage de 17% au cours des irrigations est obligatoire.

IV.9. Efficience de l'irrigation :

L'efficience d'irrigation est définie par 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 différence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

Avec:

- **E_i**: Efficience d'irrigation en (%)
- **E_t**: Efficience de transport (%)
- **E_d** : Efficacité de type de distribution en (%)
- **E_u**: Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficience globale, produit entre les trois efficience décrites ci-dessus égalé à 0,9

A-Estimation des besoins en eau des cultures arboricoles :

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant le stade végétatif :

Tableau IV.5: Calcul des besoins en eau du Palmier

Palmier dattier						
Mois	<i>Pe_{eff}(mm)</i>	<i>ET_o(mm/mois)</i>	<i>RF_{Uréél}</i>	<i>K_c</i>	<i>ETM(mm/mois)</i>	<i>B_{net}</i>
Septembre	0	261	0	0.8	208.8	208.8
Octobre	0	179.18	0	0.8	143.34	143.34
Novembre	0	102.3	0	0.8	81.84	81.84
Décembre	0	74.71	0	0.8	59.76	59.76
Janvier	0	76.26	0	0.8	61.01	61.01
Février	0	103.04	0	0.8	82.43	82.43
Mars	0	175.77	0	0.8	140.61	140.61
Avril	0	231.9	0	0.8	185.52	185.52
Mai	0	305.04	0	0.7	213.53	213.53
Juin	0	355.2	0	0.6	213.12	213.12
Juillet	0	375.72	0	0.6	225.43	225.43
Août	0	332.63	0	0.5	166.32	166.32

Tableau IV.6: Calcul des besoins en eau d' Olivier

L'olivier						
Mois	<i>Pe_{eff}(mm)</i>	<i>ET_o(mm/mois)</i>	<i>RF_{Uréél}</i>	<i>K_c</i>	<i>ETM(mm/mois)</i>	<i>B_{net}</i>
Septembre	0	261	0	0.7	182,7	182,7
Octobre	0	179.18	0	0.7	125,426	125,426
Novembre	0	102.3	0	0.7	71,61	71,61
Décembre	0	74.71	0	0.7	52,297	52,297
Janvier	0	76.26	0	0.7	53,382	53,382
Février	0	103.04	0	0.7	72,128	72,128
Mars	0	175.77	0	0.5	87,885	87,885
Avril	0	231.9	0	0.55	127,545	127,545
Mai	0	305.04	0	0.60	183,024	183,024
Juin	0	355.2	0	0.65	182,7	182,7
Juillet	0	375.72	0	0.7	223.5	223.5
Août	0	332.63	0	0.7	232.84	232.84

B-Estimation des besoins en eau des cultures fourragères et céréalières :**Tableau IV.7 :** Calcul des besoins en eau du Blé

Blé						
Mois	Pe_{eff}(mm)	ET_o(mm/mois)	RFU_{réel}	K_c	ETM(mm/mois)	B_{net}
Septembre	0	261	0	-	-	-
Octobre	0	179.18	0	0.3	53.75	53.75
Novembre	0	102.3	0	0.7	71.61	71.61
Décembre	0	74.71	0	0.7	52.3	52.3
Janvier	0	76.26	0	1.05	80.07	80.07
Février	0	103.04	0	1.05	108.19	108.19
Mars	0	175.77	0	1.05	184.56	184.56
Avril	0	231.9	0	0.65	150.74	150.74
Mai	0	305.04	0	-	-	-
Juin	0	355.2	0	-	-	-
Juillet	0	375.72	0	-	-	-
Août	0	332.63	0	-	-	-

Tableau IV.8: Calcul des besoins en eau de L'orge

L'orge						
Mois	Pe_{eff}(mm)	ET_o(mm/mois)	RFU_{réel}	K_c	ETM(mm/mois)	B_{net}
Septembre	0	261	0	-	-	-
Octobre	0	179.18	0	0.3	53.75	53.75
Novembre	0	102.3	0	0.85	86.96	86.96
Décembre	0	74.71	0	1.05	78.46	78.46
Janvier	0	76.26	0	1.05	80.07	80.07
Février	0	103.04	0	1.15	118.5	118.5
Mars	0	175.77	0	0.25	43.94	43.94
Avril	0	231.9	0	-	-	-
Mai	0	305.04	0	-	-	-
Juin	0	355.2	0	-	-	-
Juillet	0	375.72	0	-	-	-
Août	0	332.63	0	-	-	-

C-Estimation des besoins en eau des cultures maraichères :

Tableau IV.9 : Calcul des besoins en eau du Tomate

Tomate						
Mois	<i>Peff(mm)</i>	<i>ETo(mm/mois)</i>	<i>RFUréél</i>	<i>Kc</i>	<i>ETM(mm/mois)</i>	<i>Bnet</i>
Septembre	0	261	0	-	-	-
Octobre	0	179.18	0	-	-	-
Novembre	0	102.3	0	-	-	-
Décembre	0	74.71	0	-	-	-
Janvier	0	76.26	0	0.7	53.38	53.38
Février	0	103.04	0	0.95	97.89	97.89
Mars	0	175.77	0	1.05	140.62	140.62
Avril	0	231.9	0	0.8	185.52	185.52
Mai	0	305.04	0	0.7	213.53	213.53
Juin	0	355.2	0	-	-	-
Juillet	0	375.72	0	-	-	-
Août	0	332.63	0	-	-	-

- Besoins en eaux des cultures avant lessivage:

Tableau IV.10 : Récapitulatif des besoins en eau des cultures avant lessivage

Cultures	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Palmier	208.8	143.34	81.84	59.76	61.01	82.43	140.61	185.52	213.53	213.13	225.43	166.32
Olivier	182.7	125.43	71.61	52.3	53.38	72.13	87.89	127.55	183.02	182.7	223.5	232.84
Blé	0	53.75	71.61	52.3	80.07	108.19	184.56	150.74	0	0	0	0
Orge	0	53.75	86.96	78.46	80.07	118.5	43.94	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0	53.38	97.89	140.62	185.52	213.53	0	0	0
Total	391,5	376,27	312,02	242,82	327,91	479,14	597,62	649,33	610,08	395,83	448,93	399,16

- **Besoins en eaux des cultures après lessivage :**

Tableau IV.11 : Récapitulatif des besoins en eau des cultures après lessivage

Cultures	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Palmier	251,57	172,70	98,60	72	73,51	99,31	169,41	223,52	257,27	256,77	271,60	200,39
Olivier	220,12	151,12	86,28	63,01	64,31	86,90	105,89	153,67	220,51	220,12	269,28	280,53
Blé	0	64,76	86,28	63,01	96,47	130,35	222,36	181,61	0	0	0	0
Orge	0	64,76	104,77	94,53	96,47	142,77	52,94	0	0	0	0	0
Tomate	0	0	0	0	64,31	117,94	169,42	223,52	257,27	0	0	
Total	471,69	453,34	375,93	292,55	395,07	577,27	720,02	782,32	735,05	476,89	540,87	480,92

IV.10. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 20 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$qs = \frac{Bnet \cdot 10 \cdot 1000}{Nj \cdot Ni \cdot 3600 \cdot Ei} \text{ U/s/ha}$$

- ✓ **Bnet** : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- ✓ **Ni** : nombre des heures d'irrigation=20h
- ✓ **Nj** : nombre de jours du mois d'irrigation =30 jours
- ✓ **Ei** : Efficience d'irrigation =0.9

D'où :

Les besoins max mensuel= 782.32mm/mois,

Le débit spécifique est de : 4.02 (l/s/ha) > 1.5 (l/s/ha)

Ce débit est important, ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement du réseau. Pour y remédier, on choisit :

✓ Le débit spécifique de la culture la plus exigeante qui est **l'olivier** avec des besoins estimés à **280.53** mm/mois, le débit spécifique est donc

$$q_s = 1.44(l/s/ha)$$

Qui est inférieur à 1,5 l/s/ha, donc le choix de ce débit reste valable.

IV.11. 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 :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

S : la superficie totales à irriguer = 155 ha

$$Q_{car} = 1.44 * 155 = 223.2 (l/s).$$

IV.12. Conclusion:

Cette étude a pour but principal la détermination des besoins en eau des cultures ainsi que le volume nécessaire pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année.

Les effets combinés de la température, la forte insolation, la faiblesse de l'humidité et le vent chaud et sec assez fréquent font que le pouvoir évaporant est élevé, ce qui se traduit par une ETP importante.

Dans ce contexte l'activité agricole se heurte effectivement aux aléas d'un climat saharien rude avec ses répercussions peu favorables, ce qui nous amène à conclure que l'irrigation est plus qu'indispensable pour mener à bien toute mise en valeur dans la région, qui soit rentable et durable.

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.1.Introduction :

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

- Topographique
- Hydraulique
- Organisationnelles
- Technico-économique

V.2. Schéma d'aménagement :

➤ Variante N°1 :

À partir d'un forage albien qui va alimenter la totalité du périmètre d'irrigation, les eaux seront acheminées vers un réservoir de refroidissement de 5000m³, puis vers les réservoirs de stockage et régulation par des canaux a ciel ouvert.

- **Caractéristiques du forage albien :**

Tableau V.1 : Caractéristiques du forage albien

Forage	Débit (l/s)	Profondeur (m)	Superficie (ha)	Coordonnées UTM	
				X	Y
F albien	160	1800	160	224646.978	3655313.901

➤ Variante N°2 :

Le périmètre de Danoune sera desservi à partir de 06 forages avec des débits oscillants autour de 40l/s et la profondeur est en moyenne de 160 à 220 ml. Les eaux des forages seront acheminées vers les réservoirs de stockage et régulation.

Ces forages vont alimenter le périmètre come suit :

Tableau V.2 : Alimentation du périmètre à partir des forages

Forages	Parcelles irriguées	Superficie (Ha)	Coordonnées UTM	
			X	Y
F1	3.4.7.8.11.12	30	224569.252	3656059.717
F2	1.2.5.6.10	25	225466.588	3656153.484
F3	14.15.16.18.19	25	224646.978	3655313.901
F4	9.13.28.29.30	25	225810.840	3655435.161
F5	20.23.24.26.27	25	224724.713	3654568.002
F6	17.21.22.25.31	25	225769.150	3654676.813

• **Caractéristiques du forage 1 :**

Tableau V.3 : Caractéristiques du forage F1

Forage	Débit (l/s)	Profondeur (m)	Superficie irrigué (ha)	Niveau dynamique (m)	Niveau statique (m)	Cote .T.N du forage (m)
F 1	45	148.65	30	49.54m	17.6	76

➤ **Choix de variante :**

Après l'analyse des deux variantes proposées, nous constatons que le périmètre soit alimenté à partir de 06 forages, vu que dans la 2^{ème} variante, la réalisation d'un forage albien présente les contraintes suivantes :

- Les eaux sont chaudes (60°C) et saumâtres et ne sont exploitables qu'après dessalement.
- Cout très élevé, qui est estimé à 350 000 000 DA pour le forage et à 50 000 000 DA

Pour le réservoir de refroidissement

- La pression des eaux du forage est voisine de 24 bars.

V.3. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation :

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité Hydro – agricole alimentée par une seule prise d'irrigation. La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

Le découpage des îlots devrait être effectué en respectant les principes suivants :

- Les limites des îlots suivant les limites de parcelles telles qu'elles sont indiquées sur les plans parcellaires.
- Une limite d'un îlot ne doit pas diviser une exploitation ou propriété d'un seul tenant à moins que la taille de celle-ci dépasse la superficie maximum admise pour un îlot.
- Dans le cas où une grande exploitation privée doit être divisée en deux îlots ou plus, ces îlots sont la mesure du possible de la même taille.

V.4. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande, et cumulant les fonctions suivantes :

- Desserte de l'eau à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle.
- Régulation de la pression avale, de manière à assurer au matériel mobile d'irrigation des conditions de fonctionnement stable, quelque soit l'état de la demande sur le reste du réseau.
- Limitation du débit prélevé, et comptage des volumes débités par chaque prise

❖ Choix de tracé :

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction, il i sera tenu compte de certain impératif que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible.
- Eviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression.
- Eviter les forêts, bois et zones marécageuses.
- Eviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oued..).

V.5. Calcul des débits des ilots :

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

Ce débit a été évalué dans (Chapitre 4) à :

$$q_s = 1.44 \text{ l/s/ha.}$$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots$$

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S : Superficie de l'ilot (ha)

VI.6. Choix du diamètre de la borne:

Le périmètre d'irrigation sera aménagé en parcelles, chaque parcelle desservie par une borne d'irrigation et à partir de cette dernière les exploitants peuvent raccorder pour irriguer. Les bornes seront alimentées par un réseau de conduites secondaires et principales à partir du réservoir existant. Pour cela on a opté pour des bornes de diamètre 65 mm afin de faciliter la réalisation.

Tableau V.4: Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 11.11 \text{ l/s}$	D= 65mm
$11.11 \text{ l/s} < Q < 22.22 \text{ l/s}$	D= 100mm
$22.22 \text{ l/s} < Q < 33.33 \text{ l/s}$	D= 150mm
$Q > 33,33 \text{ l/s}$	D= 200mm

Les résultats du calcul du débit de chaque ilot d'irrigation sont présentés dans le tableau V.5.

Tableau V.5 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre de la borne.

N° de l'ilot	Surface de l'ilot (ha)	N° de parcelle	Surface de parcelle (ha)	Q des prises (l/s)	Q ilot (l/s)	N° borne	Diamètre de la borne (mm)
1	30	3	5	7.2	43.2	1	65
		4	5	7.2		2	65
		7	5	7.2		3	65
		8	5	7.2		4	65
		11	5	7.2		5	65
		12	5	7.2		6	65
2	25	1	5	7.2	36	7	65
		2	5	7.2		8	65
		5	5	7.2		9	65
		6	5	7.2		10	65
		10	5	7.2		11	65
3	25	14	5	7.2	36	14	65
		15	5	7.2		13	65
		16	5	7.2		12	65
		18	5	7.2		17	65
		19	5	7.2		15	65
4	30	9	5	7.2	43.2	18	65
		13	5	7.2		19	65
		28	5	7.2		17	65
		29	5	7.2		20	65
		30	5	7.2		21	65
		31	5	7.2		29	65
5	25	20	5	7.2	36	22	65
		23	5	7.2		26	65
		24	5	7.2		23	65
		26	5	7.2		25	65
		27	5	7.2		24	65
6	25	17	5	7.2	36	31	65
		21	5	7.2		30	65
		22	5	7.2		28	65
		25	5	7.2		27	65
		31	5	7.2		29	65

V.7. Pression demandé aux bornes d'irrigation :

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

$$P_B = P_a + r$$

Dans laquelle :

P_B : Pression à la borne.

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

r : Marge de sécurité=1bar.

La pression disponible à l'amont des bornes du réseau collectif est généralement de l'ordre de **3.5 à 4.5 bars**, correspondant à une irrigation par aspersion à moyenne pression.

V.8. Choix de la pompe :

Pour chaque forage, on va prévoir une pompe immergée avec accessoires. Le choix de cette dernière est déterminé par deux paramètres essentiels

- la hauteur manométrique totale HMT exprimée en m ;
- le débit de la pompe Q pompe.

$$HMT = ht + Hg$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

ht : perte de charge totale en m

Hg : Hauteur géométrique en (m).

➤ Détermination de la Hauteur géométrique :

On a : $Hg = h_a - h_r$

Avec :

h_a : hauteur d'aspiration h_a : cote du réservoir = **88m**

h_r : hauteur de refoulement : cote de la pompe.

Détermination de h_r :

h_r = Cote du forage - Niveau dynamique

La pompe sera placée au dessous du niveau dynamique du forage à une hauteur de - 49.54m donc elle sera a une cote de: $h_r = 76 - 49.54 = 26.46$ m

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la pompe sera :

Cote Réservoir – Cote pompe

$$H_g = 88 - 26.54 = 61.54 \text{ m.}$$

➤ **Calcul des pertes de charges :**

$$h_t = h_s + h_l$$

$$h_s = 10\% h_l.$$

$$h_t = 1.1 h_l.$$

$$h_l = \frac{0.001052 \cdot L \cdot Q^2}{D^{4.772}}$$

Avec : L : longueur de la conduite de refoulement.

D : diamètre de la conduite, avec : $D = \sqrt[4]{Q}$

Q : le débit dans la conduite.

Tableau V.6: Résultats du calcul

forage	D(m)	L(m)	Q(m ³ /s)	h _l (m)	h _s (m)	h _t (m)	H _g (m)	HMT(m)
F1	250	450	0.0432	0.65	0.07	0.72	61.54	62.26

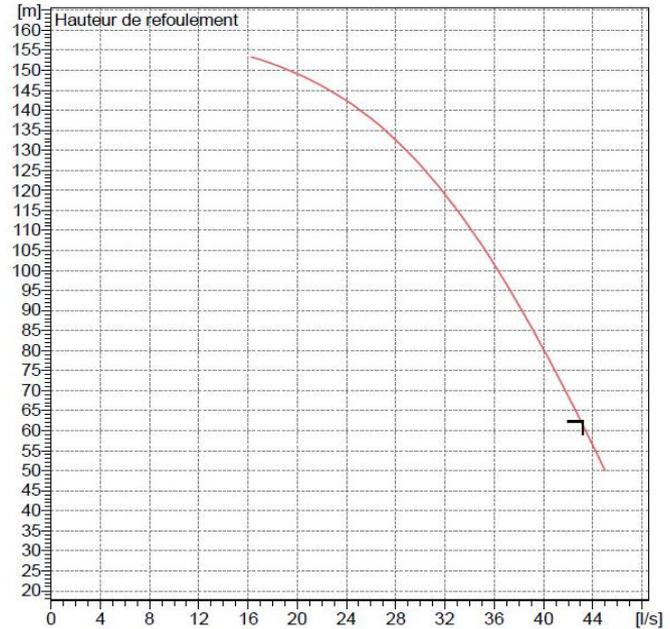


Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

Les caractéristiques de fonctionnement des électropompes standard sont obtenues avec l'alimentation des moteurs à 460V et 440V / 60Hz.
Pour alimentation à 380V, 230V et 220V / 60Hz : - au même débit multiplier l'hauteur manométrique par 0,95; - au même débit le rendement reste pratiquement constant; - la puissance absorbée par la pompe doit être calculée de nouveau

S10R40/4B +	
Caractéristiques requises	
Débit	43,2 l/s
Hauteur de refoulement	62,3 m
Fluide	Eau potable
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	43,1 l/s
Hauteur de refoulement	62,2 m
Puissance absorbée	43,6 kW
Rendement	60,2%
Hauteur manométrique H(Q=0)	126 m
Orif. de refoulement	
Caractéristiques moteur	
Fréquence	Hz
Tension nominale	
Vitesse nominale	
Nombre de pôles	
Puissance nominale P2	
Facteur de service	
Puissance nominale P2 (S.F.)	
Courant nominal	
Courant nominal (S.F.)	
Rendement 4/4	
Rendement (S.F.)	
Facteur de puissance 4/4	
Facteur de puissance (S.F.)	
Type de moteur	
Classe d'isolation	
Degré de protection	
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	
Température maxi. du liquide pompé	
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	319 kg
Matériaux	
CONSTRUCTION POMPE	
Corps du clapet	Fonte
Clapet	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Corps d'étage	Fonte
Arbre	Acier inox
Chemise d'arbre	Acier inox
Roue	Fonte
Crépine	Acier inox
Gouttière protection câbles	Acier inox
Accouplement	Acier inox
CONSTRUCTION MOTEUR	
Support supérieur	Fonte
Support inférieur	Fonte
Chemise stator	Acier inox
Arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Acier-caoutchouc
Para-sable	Caoutchouc
Bobinage	Cuivre isolé
Butée	Type Michell

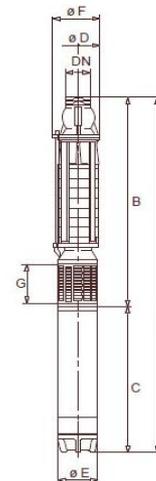


Caractéristiques de fonctionnement UN/ISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = C
- B = 933
- D = 226
- DN = G4"
- E = 191
- F = 244
- G = 160



Notes:

Date 29.08.2016	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------

Figure V.1 : Courbe caractéristique de la pompe

V.9. Dimensionnement du Bassin ou réservoir de stockage:

Pour assurer une irrigation en continue chaque ilot sera munie d'un réservoir de stockage et régulation, ce dernier sera équipé d'une pompe submergée horizontale pour assurer un bon refoulement de l'eau vers les parcelles d'exploitation à travers le réseau d'irrigation et avoir une pression convenable pour l'irrigation par goutte à goutte ou par aspersion (on suppose que la pompe va garantir une pression de 4.5 bars ce qui est satisfaisant et permet l'implantation des deux systèmes d'irrigation).

Pour le dimensionnement de ce réservoir, on a les données suivantes :

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = Q \cdot T_f$$

Avec : **Q** : est le besoin maximum journalier = 43.2 l/s = 155.52 m³/h

D'où : **Q = q_s · S** (q_s = 1.44 l/s ; S = 30 ha : la surface de l'ilot N°1)

T_f : l'intervalle de temps, il correspond au temps de non fonctionnement de la pompe, puisqu'on a le temps de pompage est de 20h/j, donc T_f = 4h

$$V = 622.06 \text{ m}^3$$

Le réservoir projeté est prévu carré en béton armé avec une capacité de 700 m³ ;

Les dimensions du réservoir sont comme suit :

Tableau V.7: Dimensions du réservoir de stockage projeté

Volume (m ³)	700
Hauteur (m)	4
Longueur (m)	14
Largeur (m)	14
Cote du radier du réservoir (m)	88
Cote trop plein du réservoir (m)	92

V.10. Dimensionnement du réseau de distribution :**V.10.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution :**

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite de refoulement ainsi le choix de la pompe, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire du bassin d'accumulation vers les bornes.

V.10.2. Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique:

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2 m/s comme vitesse maximale.

V.10.3.Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type de sol

V.10.4.Caractéristiques des canalisations**a) Conduites en fonte :**

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- coût relativement important

b) Conduite en acier :

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

c) Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

V.10.5. Calcul des 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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec : Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.2 m/s

V.10.6. Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON,

Qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

Avec : h_{Pu} : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q: Débit en m³/s.

D : Diamètre de la conduite considérée.

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

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

$$J=L \times Q^M/D^N$$

Tableau V.8 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire.

Pour une conduite en fonte/PEHD, on a les caractéristiques suivantes :

La rugosité équivalente $K=0.1$ mm, donc

$$L=1.15 \quad M=1.89 \quad N=5.01$$

Au début, on va fixer la vitesse en **1.2m/s**, dans ce cas on a déterminé le calcul du diamètre. Il faut normaliser les résultats en fonction de la dimension commerciale des conduites, puis on vérifie la nouvelle vitesse

Tableau V.9 : Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pression)

N° du tronçon	S (ha)	L(m)	Q (l/s)	Q (m3/s)	Ø int ^r calculé (mm)	Ø Normalisé (mm)	Ø int (mm)	Vitesse réelle V (m/s)	PDC Linéaire ΔH l (m)	PDC total ΔHt (m)	PDC cumulée (m)	C.T.aval Z (m)	cote piézométrique (m)	P (bar)
R1-N1	30	250	43,2	0,0432	214,094	400	327,4	0,513	0,815	0,896	0,896	85	84,104	4,4104
N1-N2	20	220	28,8	0,0288	174,807	315	257,8	0,552	1,254	1,379	2,276	85	82,724	4,2724
N2-N3	10	220	14,4	0,0144	123,607	250	204,6	0,438	1,077	1,185	3,461	85	81,539	4,1539
R2-N4	25	430	36	0,036	195,441	315	257,8	0,690	1,912	2,103	2,103	86,5	84,397	4,2897
N4-N5	15	20	21,6	0,0216	151,387	315	257,8	0,414	0,728	0,801	2,904	86,5	83,596	4,2096
N5-B11	5	230	7,2	0,0072	87,403	160	130,8	0,536	2,734	3,007	5,912	86,5	80,588	3,9088
R3-N6	25	350	36	0,036	195,441	315	257,8	0,690	1,912	2,103	2,103	74	71,897	4,2897
N6-N7	20	230	28,8	0,0288	174,807	315	257,8	0,552	1,254	1,379	3,483	74	70,517	4,1517
N7-N8	10	40	14,4	0,0144	123,607	250	204,6	0,438	1,077	1,185	4,668	74	69,332	4,0332
R4-N9	25	300	36	0,036	195,441	315	257,8	0,690	1,912	2,103	2,103	81	78,897	4,2897
N9-N10	10	30	14,4	0,0144	123,607	250	204,6	0,438	1,077	1,185	3,288	81	77,712	4,1712
N9-N11	10	200	14,4	0,0144	123,607	250	204,6	0,438	1,077	1,185	4,473	81	76,527	4,0527
R5-N12	25	160	36	0,036	195,441	315	257,8	0,690	1,912	2,103	2,103	87	84,897	4,2897
N12-N13	15	310	21,6	0,0216	151,387	250	204,6	0,657	2,318	2,550	4,653	87	82,347	4,0347
N13-N14	10	30	14,4	0,0144	123,607	200	163,6	0,685	3,303	3,633	8,287	87	78,713	3,6713
N12-N15	10	240	14,4	0,0144	123,607	200	163,6	0,685	3,303	3,633	11,921	87	75,079	3,3079
R6-N16	25	270	36	0,036	195,441	315	257,8	0,690	1,912	2,103	2,103	83	80,897	4,2897
N16-N17	15	80	21,6	0,0216	151,387	250	204,6	0,657	2,318	2,550	4,653	83	78,347	4,0347
N17-N18	10	150	14,4	0,0144	123,607	250	204,6	0,438	1,077	1,185	5,838	83	77,162	3,9162
N16-B28	5	250	7,2	0,0072	87,403	160	130,8	0,536	2,734	3,0077	5,111	83	77,889	3,9889

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre de Danoune, qui est découpé en 6 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 160 ha. Cette phase de calcul nous a permis :

- De calculer les débits de chaque îlot du réseau d'adduction et de projeter le réseau de distribution, du réservoir vers les bornes d'irrigation à travers un système de canalisation en PEHD.
- De s'assurer des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permettra une intensification de l'irrigation dans ce périmètre par les méthodes modernes telles que le système goutte à goutte.

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

VI.1. Introduction :

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés. La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

VI.2. Les techniques d'irrigation :

VI.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 (**Ollier & Poirée, 1981**): irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.

- Les irrigations par submersion consistent à introduire rapidement l'eau dans des bassins convenablement délimités par de petites digues arasées à l'horizontale, puis à laisser cette eau s'infiltrer dans le sol.
- les irrigations par ruissellement, l'eau ruisselle en nappe mince sur toute la surface à irriguer et s'infiltrer progressivement.
- Les irrigations par rigoles, où les eaux sont répandues sur le sol par débordement de petites rigoles, correspondent à des aménagements sommaires, courants en pays de montagne. On utilise des rigoles de niveau ou des rases (rigoles en oblique) selon la pente du terrain.

Dans les irrigations par rigoles d'infiltration, l'eau ne ruisselle que sur une partie du sol, dans des sillons préalablement aménagés, et s'infiltrer latéralement et verticalement. L'irrigation à la raie est particulièrement adaptée aux cultures en ligne. L'irrigation par corrugations (microsillons) en constitue une variante adaptée aux cultures couvrantes.

VI.2.1.1. Irrigation par bassin :

Cette méthode consiste à introduire la dose d'arrosage à l'intérieur de planches horizontales bordées par des diguettes et formant bassin de submersion.

L'eau est amenée aux bassins par un canal arroseur situé entre deux séries de bassins adjacents. Le débit disponible est déversé successivement dans les différents bassins par des vannages disposés de part et d'autre du canal. La culture du riz qui nécessite des volumes d'eau importants est un des exemples de ce type d'irrigation.

VI.2.1.2. Irrigation à la planche :

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

VI.2.1.3. Irrigation à la raie :

Avec l'irrigation à la raie, l'eau ne ruisselle que sur une faible partie de la surface du sol dans des raies ou sillons préalablement aménagés et qui constituent des rigoles d'infiltration.

L'irrigation par ruissellement et infiltration présentent plusieurs inconvénients :

- ❖ Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- ❖ Le volume d'eau utilisé est important.
- ❖ Pertes d'eau considérable.
- ❖ Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre.
- ❖ La durée de l'arrosage est plus longue.

A cause de ces inconvénients et avec la disponibilité de matériel de l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée, les surfaces irriguées par l'aspersion et l'irrigation localisée connaissent une augmentation chaque année dans en Algérie.

VI.2.2. Irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est la technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Clément & Galland, 1979).

Ces appareils rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttes et doivent assurer une répartition aussi uniforme que possible de pluie sur la surface du sol.

VI.2.2.1. Avantages de l'irrigation par aspersion :

- ❖ Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- ❖ Elle peut être employée quelle que soit la nature du sol arrosé.
- ❖ elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- ❖ elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ; elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- ❖ Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples.

VI.2.2.2. Inconvénients de l'irrigation par aspersion :

- ❖ Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- ❖ Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- ❖ Elle favorise le développement des mauvaises herbes.
- ❖ Elle exige un choix judicieux des époques d'irrigation, toute irrigation intempestive pouvant provoquer au printemps par refroidissement du sol un retard dans la végétation.
- ❖ L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

VI.2.2.3. Contraintes de l'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion sera à écarter dans les régions très régulièrement ventées: pour des vents supérieurs à 04 ou 05 m/s, l'homogénéité de l'arrosage est considérablement dégradée.

Avec des eaux salées sur des plantes à feuillage sensible au sel (risque de brûlure). Une atmosphère très sèche jointe à un rayonnement solaire intense aggrave ce risque.

VI.2.2.4. Eléments d'installation de l'irrigation par aspersion :

L'installation de l'irrigation par aspersion comporte trois éléments :

- 1) Un appareil de pompage qui fournit l'eau nécessaire à l'arrosage avec la pression utile, cet appareil n'est pas nécessaire dans le cas où existe un réseau collectif de distribution d'eau sous pression.
- 2) Des conduites sous pression qui distribuent l'eau en tous points utiles de la surface à arroser et qui alimentent les appareils qui projettent et répartissent l'eau sur le sol.
- 3) Ces installations sont fixes, mobiles ou mixtes.

VI.2.2.5. Les différents types d'installation par aspersion :**A) Les équipements classiques :**

Les équipements classiques sont ceux qui mettent en jeu des arroseurs à basse et moyenne pression (2 à 4 bras), implantés selon des écartements inférieurs ou égaux à 24 m.

Il y a deux types d'équipements classiques :

- Equipements avec rampes rigides.
- Equipements avec rampes souples et asperseurs sur traineau.

B) Les équipements avec canons ou arroseurs géants à poste fixe :

Les canons d'arrosage ou arroseurs géants fonctionnant à haute pression (04 à 06 bras) et peuvent être implantés à des écartements variant de 36 m à plus de 100m.

C) Les équipements avec arroseurs automoteurs :

Avec les appareils automatiques, l'équipement de la parcelle à irriguer se réduit à une conduite fixe ou semi- fixe. Cette conduite sera équipée de piquages avec vannes d'arrêt, aux points d'alimentation de différentes bandes à arroser.

VI.2.2.6. Choix d'une installation :

L'examen précédent des divers types d'arroseurs et des différents types d'équipements possible met en évidence l'extrême diversité des choix possibles. Cependant, une série de contraintes vient restreindre le champ des solutions réalisables.

A) contraintes techniques :

La pression disponible, dans le cadre d'un réseau collectif de distribution, limite la gamme des installations possibles sans supprimeurs.

Le vent s'il est important avec un rythme soutenu, peut conduire, de même à limiter l'écartement envisagé.

La vitesse d'une filtration limitée du sol constitue la limite supérieure de la pluviométrie d'arrosage admissible.

B) Contraintes économiques :

Une contrainte d'ordre économique peut être enfin envisagée pour fixer un plafond aux investissements que l'exploitant pourra consentir. Cette contrainte pourra limiter le degré de couverture de la parcelle en matériel.

VI.2.2.7. Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixée
- l'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

-Couverture totale (quadrillage total) :

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

-Couverture intégrale :

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique. Le débit d'installation qui est généralement élevé reste une contrainte à l'application de ce type de couverture.

VI.2.3. Irrigation localisée

L'irrigation localisée est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes (Ollier & Poirée, 1981):

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées
- L'utilisation souvent répétée à la limite continue de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes.

Aujourd'hui, grâce à la distribution sous pression, on a pu concevoir des systèmes qui peuvent être conduits facilement, qui s'automatisent aisément, et dont les pertes en eau sont négligeables.

VI.2.3.1. Avantages de l'irrigation localisée

A) Efficience de l'eau

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée et n'entraîne donc pas une consommation parasite (**Rieul, 1992**).

Il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines ; les doses peuvent être mesurées avec précision, ce qui évite les pertes par percolation dans le sol. La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent, les irrégularités du terrain ne gênent pas.

B) Avantages agronomiques

- L'humidité du sol au voisinage des racines reste constamment élevée sans empêcher une bonne aération du sol.
- La fertilisation par des engrais incorporés à l'eau d'arrosage est aisée.
- L'atmosphère au voisinage des plantes n'est pas saturée d'humidité comme dans l'aspersion.
- les mauvaises herbes se développent peu.

C) Avantages cultureux :

- Les activités culturales ne sont pas gênées par les arrosages
- Cette technique est compatible avec les cultures faites sous paille ou sous paillage plastique, les rampes se trouvent sous la couverture.

D) Avantages économiques :

Le prix de revient est très influencé par l'espacement des lignes : s'il s'agit des cultures à grands espacements, tels les vergers, le prix de revient est nettement moins élevé que celui d'autres réseaux fixes, comme l'aspersion. Lorsque la distance entre les lignes descend en dessous de 3m, le coût s'élève beaucoup et l'étude économique comparative est indispensable. En ce qui concerne le coût d'exploitation, il est peu élevé, de plus la faible pression.

La méthode se prête en effet à une grande automatisation éliminant une grande partie de main-d'œuvre.

VI.2.3.2. Inconvénient de l'irrigation localisée :**VI.2.3.2.1. L'obstruction des goutteurs :**

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Or, cela provoque une mauvaise répartition de l'eau, très nuisible aux cultures s'il n'y est pas porté remède.

Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

VI.2.3.2.2. Accumulation de sels

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol. Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les racines, ce qui est très dommageable.

VI.2.3.3. Schéma type d'un réseau d'irrigation localisée

Il y a beaucoup d'analogies avec le schéma d'un réseau d'arrosage par aspersion. De l'amont vers l'aval on trouve :

VI.2.3.3.1. Un point d'eau

Qui sera, suivant les cas, soit une borne d'un réseau collectif sous pression, soit une station de pompage et de mise en pression, l'eau étant prise soit dans un cours d'eau, ou dans bassin constituant réserve, ou encore dans un puits.

VI.2.3.3.2. Une installation de tête

Destinée à conditionner le débit d'eau sous différents aspects grâce aux appareils suivants :

- Une vanne d'arrêt,
- Un régulateur de pression,
- Un limiteur de débit,
- Un compteur d'eau,
- Un injecteur d'engrais (ou une pompe doseuse d'engrais liquide),
- Un unité de filtration (équipée de un ou plusieurs filtres).

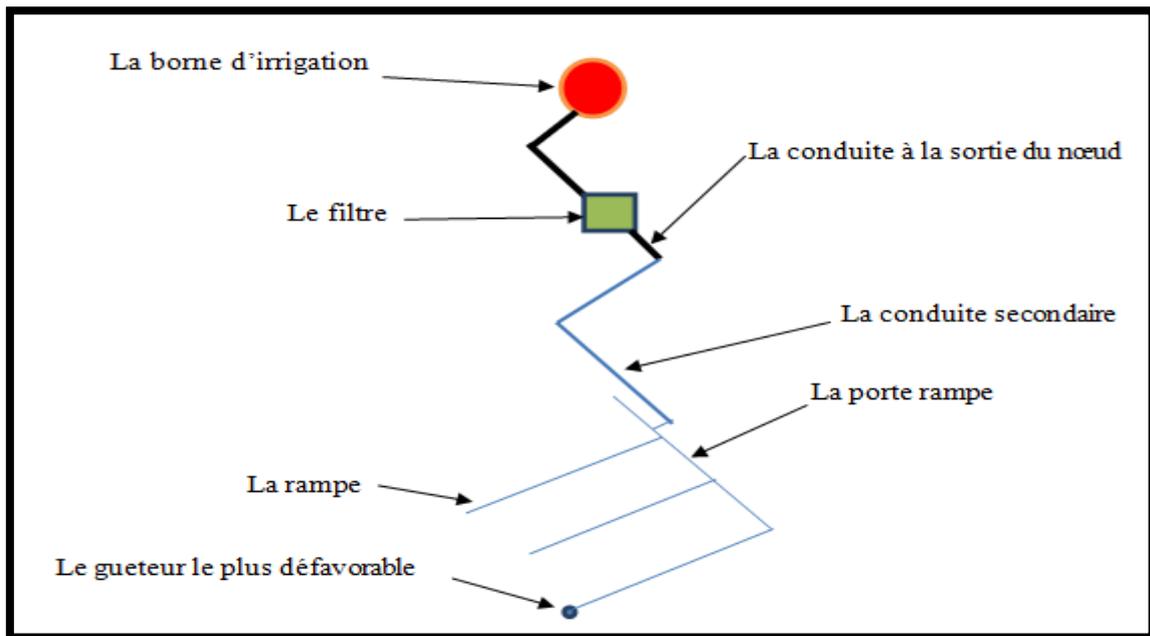


Fig. I.2 : Exemple d'une installation goutte à goutte

VI.2.3.3.3. Une canalisation principale

Une canalisation principale qui par l'intermédiaire de dérivation munies chacune d'une vanne de répartition, alimente un certain nombre de postes, un seul pouvant en principe être alimenté à la fois (un poste peut être divisé en plusieurs sous postes).

VI.2.3.3.4. Les portes rampes

Autant de porte-rampes qu'il y a de postes à l'aval de chaque vanne de répartition.

VI.2.3.3.5. Les rampe

Qui sont alimentées par les porte-rampes et qui sont disposées, soit d'un seul coté de ces derniers, soit des deux cotés.

VI.2.3.4.Nécessité d'une filtration

Pour une filtration très soignée on trouvera en série :

- Un cyclone (ou vortex) constituant le dessableur ; il n'enlève que les particules plus denses que l'eau. Il n'assure donc qu'une fonction de dégrossissage et doit être suivi à d'au moins un autre filtre.
- Un filtre à sable constitué d'un certain nombre de couches de matériaux, de granulométrie bien définie et régulière, en général sable ou gravier. Ce filtre volumineux, est efficace en particulier pour arrêter les algues. Il doit être périodiquement nettoyé par un contre-courant.
- On doit obligatoirement terminer par un filtre à tamis constitué d'une toile métallique à maille régulière.

VI.2.3.5.L'entretien du réseau

Pour maintenir une distribution de l'eau aussi homogène que possible, il faut bien entretenir le réseau :

- En veillant au bon fonctionnement des filtres et en les nettoyants,
- En contrôlant régulièrement le réseau de distribution,
- En le purgeant.

VI.3.Conclusion :

Le choix d'un système d'irrigation rationnel pratiquement utilisable et économique doit tenir compte les critères suivants :

- le type de culture.
- les contraintes existantes dans la pratique.
- la maîtrise de la technique par l'exploitant.
- le cout de l'installation.

L'implantation de systèmes d'irrigation modernes permet de diversifier les cultures et d'augmenter considérablement leurs rendements, en particulier les céréales.

En Algérie, vu les aléas climatiques et les rendements agricoles très faibles, l'intensification des cultures passe par la mise en œuvre et l'installation de réseaux d'irrigation modernes et efficients.

Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

VII .1.Introduction :

L'irrigation à la parcelle présente des phases de calculs prenant en considération plusieurs facteurs : pédologiques agronomiques et hydrauliques. Dans ce chapitre, on va faire le point sur les démarches préalables pour le calcul des installations d'irrigation à la parcelle pour l'irrigation localisée et les calculs vont être portés sur une parcelle type.

VII .2.Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de :

- la surface de la parcelle ;
- les besoins journaliers ;
- le temps maximum journalier de travail ;

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°3 alimenté par la borne N°1 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.99 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 5 hectares.

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe 280,53mm

Caractéristique du goutteur :

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

VII.3. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VII.3.1.Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite (Ollier & Poirée, 1981) :

On applique alors à L'ETM (B=280.53 mm/mois) un coefficient de réduction K_r :

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

- KELLER et KARMELI (1974) :

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

- La formule de Freeman et Garzoli :

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

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

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

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

- ✓ On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{ji} = B_j * K_r$$

Besoins maximum journalière = 9.05 mm/j

$$B_{ji} = 9.05 * 0.8 = \mathbf{7.24 \text{ mm/j}}$$

Dose nette (Dose pratique) :

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

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

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

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (14%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (6%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1200 mm)

da : est la densité apparente du sol ; 1.2

$$RFU=0.08*2/3*1200*1.2=76.8 \text{ mm}$$

P : Pourcentage du sol humidifié, il est calculé comme suit :

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

N : Nombre de points de distribution par arbre (égale à 2)

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1m)

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

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

Donc : P=25%

La dose nette corrigée devient :

$$D_{cr} = 108*0.25 = 19.2 \text{ mm}$$

VII.3.2. Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_{cr}}{Cu * eff} = \frac{19.2}{0.9 * 0.9} = 23.70 \text{ mm / mois}$$

Avec : Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90%

VII.3.3. Fréquence des arrosages :

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{19.2}{7.24} = 2.65 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence de **3 jours**.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 3*7.24 = \mathbf{21.72 \text{ mm}}$$

Et la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * eff} = \frac{21.72}{0.9 * 0.9} = \mathbf{26.81mm}$$

VII.3.3. Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_n * S_a * S_r}{n * q_g} = \frac{26.81 * 4 * 4}{4 * 2} = 53.62 \text{heures/mois}$$

VII.3.4. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{F_r} = \frac{53.62}{3} = 17.87 \text{heures/jour}$$

On prend une durée $D_j = 18$ heures.

VII.3.5. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{18} = 2 \text{ postes}$$

VII.3.6. Surface du poste théorique :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ha}$$

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et porte rampes.

VII.4. Calculs hydrauliques :

VII.4.1. Conditions hydrauliques de base :

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

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

La variation maximale de la pression

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

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

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

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

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

La répartition de la perte de charge est :

➤ **Perte de charge singulière :**

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

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

➤ **Perte de charge linéaire :** $p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$

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

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

VII.4.2. Le débit

$$Q_r = Q_g * N_r$$

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

Avec: Q_r : Débit de la rampe (l/h)

Q_g : Débit du goutteur (l/h)

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe (l/h).

✓ Longueur=225 m

✓ Largeur : 111m

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

- ✓ La longueur de la rampe: **55 m**
- ✓ La longueur de la porte rampe: **225**.
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : **111 m**

VII.4.3. Le nombre d'arbres par rampe :

$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 55 / 4 = 14$ arbres par rampe

VII.4.4. Nombre des goutteurs par rampe

$N = N_{\text{arbres}} * n = 14 * 2 = 28$ goutteurs

VII.4.5. Le nombre des rampes

$N_r = L_{pr} / E_r = 225 / 4 = 56$ rampes

VII.4.6. Débit de la rampe

$Q_r = N_g * Q_g$

$Q_r = 4 * 28 = 112$ l/h.

VII.4.7. Débit de la porte rampe

$Q_{pr} = Q_r * N_r = 112 * 56 = 6272$ l/h

VII.4.8. Nombre de porte rampe

$N_{pr} = 2$ porte rampes

VII.4.9. Débit de la conduite tertiaire

$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} = 6272 * 2 = 12544$ l/h

VII.5. Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

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

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

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

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampes
- Øpr (cal) : le diamètre de la porte rampe

VII.5.1. Calcul de diamètre de rampe et Vérification des pertes de charges :

VII.5.1.1. Calcul de diamètre :

$$D(mm) = \left(\frac{pdc_{pr} \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \cdot L(pr)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = \left(\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 112^{1.75} \cdot 55} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 8.80 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 12mm.

VII.5.1.2. Vérification des pertes de charges :

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

Perte de charge selon Hazen-williams

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

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

C_w= 140 PEBD

L=55m,

D= 0.016m,

$$Q = 112 \text{ l/h} = 3.11 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^3\text{/s)}.$$

$$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.63 \text{ m}.$$

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max). On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

On prend $D = 14 \text{ mm}$.

VII.5.2. Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges

VII.5.2.1. Calcul de diamètre

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

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{pdc_{\text{pr}} \times 2.75}{0.478 \times Q(\text{pr})^{1.75} \cdot L(\text{pr})} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = \left(\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 6272^{1.75} \cdot 225} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 60.39 \text{ mm}$$

On arrondit à 75 mm.

VII.5.2.2. Vérification des pertes de charges

On recalcule les pertes de charges pour un $D = 75 \text{ mm}$

Perte de charge selon Hazen-Williams

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

Où : L : la longueur de la porte rampe = 225 m;

Q : débit (l/h) $Q = 6272 \text{ l/h} = 1.74 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/s)}$

D : diamètre de la canalisation 0.75 m;

Avec : $C_w = 140$ PEBD,

$$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.59 \text{ m}.$$

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.22 m, sont inférieures à 1.8 m.

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

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

	S(ha)	Lr(m)	Qr(l/h)	Dcal(mm)	Dn(mm)	ΔH cal(m)
Rampe	2.5	55	112	8.8	12	0.63
P/ rampe	2.5	225	6272	60.39	75	0.59

VII.6. Calcul du diamètre de la conduite tertiaire

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

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

V : vitesse d'écoulement (m/s).

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

Surface (ha)	L(m)	Q (m ³ /s)	V sup (m/s)	Dcal(mm)	Dn(mm)	Vcal(m/s)	Hcal(m)
2.5	110	3.48.10 ⁻³	1.05	70	75	0.9	1.04

VII.7. La pression d'eau à la borne de distribution

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

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

Tableau VII.3.Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	55	225	111
Diamètre(m)	12	75	75
Débit (m ³ /s)	3.11*10 ⁻⁵	1.74*10 ⁻³	3.48.10 ⁻³
Pertes de charge(m)	0.63	0.59	1.04

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

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

$$\Delta h = 10 + 0.63 + 0.59 + 1.04 + = 12.26 \text{m} = 1.23 \text{ bars}$$

VII.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle, effectué par le système goutte à goutte, qui est fait pour l'olivier, est un système le plus efficient. En irrigation localisé, non seulement nous avons une efficacité de l'eau d'irrigation, mais aussi des rendements des cultures élevés. Le dimensionnement prend en considération des facteurs agronomiques et hydrauliques.

Chapitre VIII : Calcul technico-économique.**VIII.1. Introduction :**

Le but de ce chapitre c'est l'estimation économique du coût d'aménagement des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions, pour notre projet d'irrigation on a les travaux de la conduite d'adduction, le réseau de distribution et le réseau d'irrigation (goutte à goutte).

VIII.2. Différents travaux à entreprendre :**VIII.2.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution :**

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction et le réseau distribution sont :

VIII.2.2.1 Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

VIII.2.1.2 Pose du lit de sable :

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12 cm dans notre cas.

VIII.2.1.3 Pose des conduites :

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites

VIII.2.1.4 .Epreuve de joint et de la canalisation :

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

VIII.2.1.5 .Remblayage des tranchées :

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

VIII.2.1.6. Nivellement et compactage :

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VIII.3. Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution :**VIII.3.1. Calcul du volume de terrassement :****❖ Largeur du fond de la tranchée :**

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + 2a$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

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

DN ≤ 200 >>> largeur de la tranchée = DN + 2 x 20 cm

DN > 200 >>> largeur de la tranchée = DN + 2 x 30 cm.

❖ Profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

$$H = e + d + h$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée (m)

e : hauteur du lit de pose (m) = 0.1 m

d : diamètre de la conduite (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite = 0.8 m

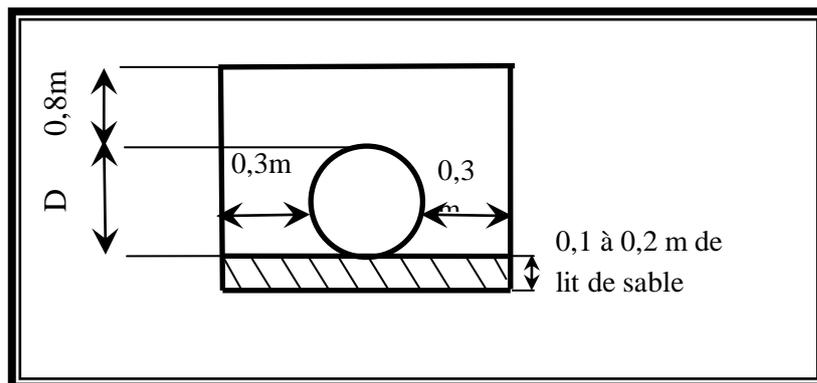


Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée

VIII.3.2 .Calcul du volume de déblai :

$$Vd = L .b. H$$

Avec:

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

L : Longueur de la tranchée en (m)

H : profondeur de la tranchée (m).

Les résultats obtenus sont représentés dans le **Tableau VIII**

Tableau VIII.1: Calcul du volume de déblai pour les canalisations du réseau

D (mm)	Hauteur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	V déblai (m3)
160	1.06	480	0.76	386.69
200	1.1	1470	0.8	1293.60
250	1.15	2230	0.85	2179.83
315	1.215	1980	0.915	2201.22
400	1.3	250	1	325

Donc le volume total du déblai est : **Vd=6385.74 m³**

VIII.3.3. Calcul du volume de lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 10cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V_s = e.b.L$$

Avec : V_s : volume du sable en (m³)

e : épaisseur du sable, $e = 10$ cm

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

D (mm)	Longueur (m)	Largeur (m)	V de sable (m3)
160	480	0.76	36.84
200	1470	0.8	117.6
250	2230	0.85	178.4
315	1980	0.915	182.16
400	250	1	25

Donc le volume total du sable est : **Vs= 540m³.**

VIII.3.4. Calcul du volume de remblai :

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupent la conduite et le volume occupé par le lit de sable

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

Avec : V_r : Volume du remblai compacté (m^3)

V_d : Volume du déblai (m^3)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m^3)

Tableau VIII.3: Calcul du volume de remblai pour les canalisations de distribution

D (mm)	V déblai (m^3)	V sable (m^3)	V conduite (m^3)	V remblai (m^3)
160	386.688	36.84	9.64608	340.20
200	1293.60	117.6	46.16	1129.84
250	2179.83	178.4	109.41	1892.02
315	2201.2155	182.16	154.22	1864.84
400	325	25	31.4	268.6

Donc le volume total du remblai est : $V_r = 5495.5 m^3$

VIII.4 .Estimation de cout total de projet :**VIII.4.1 .Estimation de cout de pose de canalisation du réseau :**

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

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC DA
Déblai en terrain	m3	6385.74	400	2554296
Lit de sable	m3	540	1000	540000
Remblaiement de la	m3	5495.5	450	2472975
			TOTAL	5567271 DA

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

Pièces		Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant (DA)
TubeØ160	PEHD	m/l	480	1718.86	825052.8
TubeØ200	PEHD	m/l	1470	2595.38	3815208.6
TubeØ250	PEHD	m/l	2230	3183.04	7098179.2
TubeØ315	PEBD	m/l	1980	4114.29	8146294.2
TubeØ400	PEBD	m/l	250	6504.89	1626222.5
TOTAL					21510957,3

VIII.4.2. Estimation du cout des vannes :**Tableau VIII.6:** Estimation du cout des vannes

Vannes				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Vanne D=160mm	U	6	14000	84000
Vanne D=200mm	U	3	18000	54000
Vanne D=315mm	U	2	24000	48000
TOTAL				186000

VIII.4.3. Estimation du cout des bornes et des pompes :**Tableau VIII.7:** Estimation du cout des bornes et pompes

Bornes et pompes				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Borne type A	U	31	16000	496000
pompe submergée horizontale	U	6	288376	1730256
pompe immergée	U	6	500000	3000000
TOTAL				5226256 DA

VIII.4.5. devis du réseau d'irrigation localisée :

Il s'agit des équipements à l'aval de la borne d'irrigation qui fait partie du réseau de distribution collectif ou individuelle. Ce sont des équipements individuels, propriété de chaque exploitant.

L'équipement à la parcelle d'un réseau localisée comprend les accessoires suivants :

Tableau VIII.8: Equipement interne des parcelles d'irrigation localisée

Caractéristique d'appareil	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Total DA
Goutteurs débit 4 l/h	u	1736	31	53816
Porte rampe	ml	62	363	22506
Rampe porte goutteurs	ml	3472	31	107632
Poste de filtration, Filtre	u	6	50,237	301.422
Poste de filtration, Filtre	u	6	24,952	149.712
			TOTAL	184405.13DA

Donc le devis total du projet est estimé à : **226 273 505 DA.**

VIII.5. Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons calculé le devis estimatif et quantitatif de notre projet d'irrigation pour le périmètre de Danoune, avec un coût total d'environ **226 273 505 DA** (Deux cent vingt-six millions deux cent soixante-treize mille cinq cent cinq DA). Ce coût prend en considération les équipements qui sont relativement onéreux. Cependant, l'aménagement du périmètre est très rentable à long terme.

CONCLUSION GENERALE

L'irrigation revêt une importance capitale pour le développement de l'agriculture dans les zones sahariennes. L'extension et l'intensification des cultures dans cette zone fait croître sans cesse la demande en eau, malgré les prix de mobilisation de la ressource souvent très coûteuse.

Les ressources hydriques de la zone d'Ouargla y compris la région de **Temacine** sont représentées essentiellement par les eaux souterraines contenues dans la nappe du Complexe Terminal qui alimente en eau toutes les oasis à travers les forages, les nouveaux périmètres agricoles et les nouvelles villes de la zone

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

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat saharien avec une précipitation moyenne annuelle de **40.78mm** et une température moyenne annuelle de **23.2 °C**.

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

Suivant les facteurs qui caractérisent la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques. L'aptitude aux cultures arboricoles est limitée par le climat, surtout si elles ne sont pas cultivées sous palmiers.

Nous avons opté pour le système d'irrigation goutte à goutte. C'est un système qui permet une très grande efficacité de l'irrigation, très économique en eau et en main d'oeuvre, il demande par contre une très grande technicité de la part de ses utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] L.S.BAHBOUH, 2003 : Cours et travaux pratiques d'agro-pédologie, 3^{ème} Année ENSH, Blida ;
- [2] B. TOUAIBIA . (2004). (Cours d'Hydrologie 3^{ème} Année et Régularisation des débits 4^{ème} année).
- [3] Bul let in N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures
- [4] Bulletin DE FAO N° 24 Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C* E F)
- [5] Bouznad Imad Eddine : Ressources en eau et essai de la gestion intégrée dans la vallée Sud de oued Righ(W.Ouargla) (Sahara septentrional algérien). UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA.2009
- [6] Ghedjati mohamed nadjib : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre Khechm Errih W.Ouargla a partir d'un forage (100 ha) Mémoire de fin d'étude. ENSH BLIDA.2015
- [7] Ollier, Ch, Poirée, M (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosage, Paris. 500P.
- [8] Jean Robert Tiercelin, Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).
- [9] M. MESSAHEL (1988) : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation)

ANNEXES

ANNEXE 1 : Coefficient culturel Kc de chaque culture

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Mais grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	0.95-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
Agrumes sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXE 2 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

ANNEXE 3 : Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifiée (P)

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S ₁ en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage en sol humidifié p %														
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

ANNEXE 4 : CARACTERISTIQUES DES TUBES PEHD

Désignation	Diamètre (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Prix TTC (DA/m)
Tube	160	130.8	1718.86
Tube	200	163.6	2595.38
Tube	250	204.6	3183.04
Tube	315	257.8	4114.29
Tube	400	327.4	6504.89

