
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdallah
DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

On vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

THEME :

Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre de
Haoud lahmar 02 de la commune de N'GOUSSA
W.OUARGLA

Présenté par :

M^{lle} CHENNANA AICHA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY :

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r RASSOUL Abd Elaziz	M.C.A	Président
M^{me} AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
M^r YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
M^r KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M^{me} MOKRANE Wahiba	M.A.A	Promotrice

octobre-2015¹

المخلص

لقد قمنا في هذا العمل بدراسة عامة من حيث المناخ، التربة و الماء على المنطقة التي أنجزنا فيها مشروعنا يندرج هذا العمل في إطار دراسة و متابعة استغلال مساحة مسقية، تقع بمنطقة نقوسة، ولاية ورقلة ، وهذا باستعمال أحسن تقنيات السقي و التي تتمثل في طريقة التقطير للحصول على مردود جيد و كذا المحافظة على الثروات المائية، نوعية التربة و الماء.

نستعمل أحسن الطرق لحساب حاجة المزروعات من الماء مع الحفاظ على مردودية جيدة في التوزيع من أجل الحصول على محصول زراعي وفير بأقل التكاليف

Résumé

A travers ce mémoire, nous avons fait une étude générale (climat, sol, eau) sur la région où on va réaliser notre projet.

Donc; le but consiste à projeter un réseau d'irrigation par le système goutte à goutte sur une parcelle située au secteur de la ville de N'GOUSSA wilaya de OUARGLA ; pour cela, il faut déterminer l'évapotranspiration, les besoins en eau d'irrigation pour chaque culture de cette région.

En fin, une estimation du devis est nécessaire pour évaluer le coût total de notre projet.

Abstract

We have in this work to study the general terms of climate, soil and water around the area **where** our project completed.

This work is under study and the follow-up exploitation of irrigated area, located N'Goussa area, Ouargla Province, **and that** the use of better irrigation techniques and that is the distillation method to get a good return and as well as the preservation of aquatic resources, the quality of soil and water.

We use the best ways to calculate the need plantings of water while maintaining a good cost-effective distribution in order to receive a bumper agricultural

harvest at the lowest cost.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Titre	Page
Introduction	1
I.1-Présentation général de la wilaya d'Ouargla	1
I.2-- Situation géographique de la région de N'GOUSSA.....	3
I.2-1- Situation du périmètre.....	3
I.3- Climatologie.....	4
I.3-1- Station de référence.....	4
I.3-2- Précipitations.....	5
I.3-3-Températures	5
I.3-4- les vents.....	6
I.3-5- Humidité.....	6
I.3-6- Insolation.....	6
I.3-7-Indices climatiques.....	7
Conclusion.....	11

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Introduction.....	12
II.1-Ressource en eau.....	12
II.1-1-Caractéristiques du forage.....	12
II.1-1-2- Caractéristique hydrauliques du forage.....	13
II.1-2-Qualité des eaux.....	13
II.1-2-1-La salinité.....	13
II.1-2-2 - La conductivité électrique.....	13
II.1-2-3- Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R.....	13
II.1-3- Classification des eaux d'irrigation.....	14
II.1- 3-1-L'analyse de l'eau d'irrigation.....	14
II.1-3-1-1- Caractéristiques physico-chimiques des eaux de CT	14
II.2 - Ressource en sol	16
II.2 -1 - Les sols de Sahara.....	16
II.2-2- Sol hors palmeraies.....	16
II.2-3- Sol des palmeraies.....	17
II.2-4- Caractéristiques physiques du sol.....	17
II.2-4-1- La texture.....	17
II.2-4-2- La structure.....	17
II.2-4-3- La perméabilité.....	18
II.2-4-4- La densité apparente Da.....	18
II.2-5- Caractéristique chimiques du sol.....	18
II.2-5-1- La salinité.....	19
II.5-1-Paramètres physiques du sable.....	19
II.2-6-Caractéristiques physiques du sol de la région.....	21
II.2-7- Caractéristique chimiques du sol de la région.....	21
Conclusion.....	23

Chapitre III : Etude hydrologique

Introduction.....	24
III.1 -Présentation de la station pluviométrique	24
III.2 -Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	26
III.3 -Ajustement de la série pluviométrique	28
III.3-1 -Ajustement à la loi normale (loi de Gauss).....	28
III .4 -Précipitation mensuelles de l'année de projet.....	34
Conclusion.....	36

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction.....	37
IV.1 - Etude agronomique	37
IV.1-2 - Choix des cultures.....	37
IV.1- 3 - Répartition des cultures	38
IV.1-4 -Assolement	39
IV.1- 5 -Choix d'une rotation	39
IV.2 - Besoin en eau du périmètre.....	40
IV.2-1 -L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET_0).....	40
IV.2-2 -L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC).....	40
IV.2-3 -Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET0 ou ETP).....	41
IV.2-4 - Calcul de la pluie efficace	43
IV.3 -Détermination des besoins en eau d'irrigation	45
IV.3-1 - Définition.....	45
IV.3-2 - Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	46
IV.3-2-1 -Dose d'irrigation.....	47
IV.4 - Calcul du débit spécifique	49

Conclusion.....	51
-----------------	----

Chapitre V : Techniques d'irrigation des cultures

Introduction.....	52
V .1- Technique d'irrigation.....	52
V .1- Technique d'irrigation.....	52
A . l'irrigation par gravité	52
A-1- Avantages de l'irrigation par gravité.....	53
B)- L'irrigation localisée (Goutte à goutte).....	58
B-1- Avantage de l'irrigation par goutte a goutte.....	58
B-2- Inconvénients de l'irrigation par goutte a goutte.....	59
C)- L'irrigation par aspersion.....	59
C-1- Avantages de l'irrigation par aspersion	60
C-2- Inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	60
D)- L'irrigation sub – surface (souterraine).....	60
D-1 - Avantages de l'irrigation souterraine.....	61
D-2- Inconvénients de l'irrigation souterraine.....	61
V .2- choix des techniques d'irrigation.....	62
Conclusion.....	63

Chapitre VI : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Introduction.....	64
VI.1-Données générales.....	64
VI .2-Culture Olivier.....	64
VI.3- Calcul hydrauliques.....	68
VI.3- 1-Conditions hydrauliques de base	68
VI.3-2-Calcul des débits	68

VI.3- 2-1-Calcul pour le poste 01.....	68
VI.3- 2-1-1-Le nombre d'arbres par rampe.....	68
VI.3- 2-1-2-Nombre des goutteurs par rampe.....	70
VI.3- 2-1-2-Nombre des goutteurs par rampe.....	70
VI.3-2-1-3-Le nombre des rampes par poste.....	70
VI.3-2-1-4-Débit de la rampe.....	70
VI.3-2-1-5-Débit de la porte rampe.....	70
VI.3-3-Dimensionnement des canalisations du réseau.....	70
VI.3-3-1-Le diamètre des rampes et les portes rampe.....	70
VI.3-3-2-Débit de la conduite secondaire.....	72
1-Le débit.....	72
2- Le diamètre	72
3 -La perte de charge.....	73
VI.4-Calcul des dimensions du bassin.....	73
VI.5-Dimensionnement de la conduite principale.....	74
VI.5-1-Vérification de la vitesse	75
VI.5-2-Vérification avec Epanet.....	75
1-Des vitesses.....	75
2-Des pressions.....	76
Conclusion	77

Chapitre VII : Calcul technico économique

Introduction.....	78
VII.1- Dépense du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	78
VII.2-Factures pro-forma des conduites et le bassin.....	78
VII.2-1-Calcul du volume de terrassement.....	78

VII-2-2-les conduites	79
VII-3-: Devis estimatif pour les terrassements, et le bassin	81
VII-5-Devis estimatif total	81
Conclusion	82

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Titre	Page
Tableau 1 : les superficies des terres agricoles par zone de la cuvette d'Ouargla.....	2
Tableau 2 : Découpage administratif de wilaya d'Ouargla.....	3
Tableau 3 : Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Ouargla.....	5
Tableau 4 : Pluviométrie totale mensuelle de la station météorologique d'Ouargla...	5
Tableau 5 : Températures max , min, moy mensuelles de la station météorologique .	5
Tableau 6 : Vitesse moyenne et maximale des vents.....	6
Tableau 7 : Humidité relative.....	6
Tableau 8 : Insolation.....	6
Tableau 9 : Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne.....	7

Chapitre II : Ressource en eau et en sol

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT.....	14
Tableau 2 : Analyse des données.....	14
Tableau 3 : La perméabilité de sol.....	17
Tableau 4 : Résultat d'analyse granulométrique.....	19
Tableau 5 : Paramètres physiques du sable.....	20
Tableau 6 : Caractéristiques physiques du sol.....	21
Tableau 7 : Caractéristique chimiques du sol.....	22
Tableau 8 : Résultat analytique (granulométrie).....	22

Chapitre III : Etude hydrologique

Tableau1: les caractéristiques de la station d'Ouargla.....	24
Tableau 2: Les pluies mensuelles de la station pluviométrique d'Ouargla.....	25
Tableau 3: Détaille du procédé de test de Wilcoxon.....	27
Tableau 4 : Résultats du test de Wilcoxon.....	28
Tableau 5: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal.....	30
Tableau 6: les résultats de l'ajustement à la loi log normale par logiciel Hyfran.....	32
Tableau7: Résultats du test de Khi carré.....	34
Tableau 8: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	35

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau1: La répartition des sols relative aux cycles culturaux	38
Tableau 2 : Représente l'évapotranspiration de référence ET_0	43
Tableau 3 : Les précipitations efficaces.....	45
Tableau 4 : dose d'irrigation de l'olivier.....	47
Tableau 5 : dose d'irrigation de palmier.....	48
Tableau 6 : dose d'irrigation de pomme de terre.....	48
Tableau 7 : donnée les résultats de besoins net (mm) de la culture.....	49

Chapitre VI : Dimensionnement de réseau d'irrigation

Tableau 01 : Les valeurs du coefficient de réduction par les différentes méthodes.....	65
Tableau 2 : Les résultats de dimensionnement hydraulique de la rampe.....	71
Tableau 3: Caractéristique de la conduite secondaire.....	73
Tableau4: Vérification des vitesses.....	75
Tableau 5: Vérification des pressions.....	76

Chapitre VI : Calcul técnico económico

Tableau 1 : Dépense du réseau d'irrigation goutte à goutte.....**78**

Tableau 2 : Les volumes des travaux pour les conduites.....**80**

Tableau 2 : Les volumes des travaux pour les conduites.....**8**

Listes des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure 1 : Position géographique de la région de Ouargla (ONA, 2009).....	2
Figure 2 : La situation géographique de la zone d'étude.....	4
Figure 3 : Climagramme d'Emberger de la zone d'étude.....	9
Figure 4 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'étude	10

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Figure 1 : Coupe géologique du forage.....	11
Figure2 : courbe granulométrique de sol	20

Chapitre III : Etude hydrologique

Figure 1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale.....	31
Figure 2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale.....	33

Chapitre V : Techniques d'irrigation des cultures

Figure 01 : l'irrigation gravitaire.....	53
Figure02 : Système d'irrigation localisée.....	54
Figure03 : Dilueur d'engrais.....	55
Figure04 :Filtre à gravier.....	55
Figure05 : Goutteur.....	56
Figure06 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte a goutte.....	58

Figure07: l'irrigation par aspersion.....59

Figure08: Schéma d'un réseau jouant le double rôle de sub-irrigation et drainage.....61

Chapitre VI : Dimensionnement de réseau d'irrigation

Figure1 : Schéma de la conduite principale (Epanet).....76

Chapitre VI : Calcul técnico économique

Figure1: Coupe transversale de la Pose de Conduite.....79

Liste des planches

Planche N° 01

Plan de situation du périmètre de n'goussa (W.Ouargla).

Planche N° 02

Plan d'occupation de sol du périmètre de n'goussa (W.Ouargla).

Planche N° 03

Plan de réseau de distribution du périmètre de n'goussa (W.Ouargla).

Planche N° 04

Plan de réseau d'irrigation goutte a goutte du périmètre de n'goussa (W.Ouargla).

Planche N° 05

Profile en long de la conduite principale du périmètre de n'goussa (W.Ouargla).

Liste des abréviations

Abréviation	Significations	Unités
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	
Ce	Conductivité électrique	mmhos/cm
CT	Complexe terminal	
DSA	Direction des services agricoles	
Mg	Magnésium	meq/l
Na	Sodium	meq/l
ONA	Office national d'assainissement	
ONM	Office national de météorologique	
SAR	Rapport d'Absorption du Sodium	
T max	Température maximal	C°
T min	Température minimal	C°
T moy	Température moyenne	C°
Pe	Pluie efficace	mm
RFU	Fraction de réserve utile du sol	Mm
ETP	Evapotranspiration potentielle	mm/j
ET₀	Evapotranspiration de référence	mm/j
ETR	Evapotranspiration réelle	Mm
K_c	Coefficient culturale	
K_r	Coefficient de réduction	
P C S	Perte de charge singuliere	M
PCL	Perte de charge linéaire	M
$\emptyset(cal)$	Diamètre calculée	Mm
$\emptyset(cal)$	Diamètre normalisée	Mm

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans la région de N'Goussa, comme dans tout le Sahara, la disponibilité et la mobilisation des eaux constituent un facteur important pour la stabilité des populations locales. En effet. Tout développement économique dans cette région est conditionné par la disponibilité et l'utilisation de la ressource en eau. L'irrigation rationnelle constitue alors le facteur principal du développement durable de l'agriculture saharienne. Durant les dix dernières années, le Sud Algérien a connu une activité agricole très intense.

Le but de notre étude est de maîtriser l'utilisation de l'ensemble des informations nécessaires au dimensionnement des différentes infrastructures composant le réseau d'irrigation du périmètre de haoud lahmar de la commune de n'goussa (Wilaya d'Ouargla), d'une superficie de 100 Ha.

Dans ce mémoire de fin d'études, nous avons pris en compte dans le premier chapitre l'analyse des conditions naturelles afin de mieux comprendre la situation climatique de la zone d'étude. Dans le chapitre II, ressources en eau et en sol ; le chapitre III on détermine de l'année de calcul à l'aide des lois d'ajustements car l'étude hydrologique est nécessaire aux calculs des besoins en eau, chapitre IV pour calculer les besoins en eau des cultures on utilisant un logiciel CROPWAT. le chapitre V est représenté les technique d'irrigation, dans le chapitre VI, tous les dimensionnements des canalisations (les rampes, les porte rampe , conduites principales, secondaires le bassin) ainsi le choix dans les équipements hydrauliques (bornes d'irrigation, ouvrages de protection),dans le chapitre VII nous allons faire une estimation sommaire du projet pour avoir une idée général sur le cout de réalisation d'un tel projet.

Chapitre I :

Analyse des conditions naturelles

Analyse des conditions naturelles

INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre on va essayer de définir le maximum de ces conditions afin de faciliter l'élaboration de ce projet, pour mieux comprendre le milieu naturelle, on va faire une analyse détaillée que ça soit: topographique, climatique.

I.1- Présentation général de la wilaya d'Ouargla:

La wilaya d'Ouargla est située au Sud-est de l'Algérie couvrant une superficie de 163, 230 Km² (**figure I.1**). Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendue de pays. Elle est limitée:

- ✓ au Nord-est par la wilaya d'El Oued;
- ✓ au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa;
- ✓ au Sud-est par la wilaya d'Illizi;
- ✓ à l'Ouest par la wilaya de Ghardaya;

Ses coordonnées géographiques sont:

- les longitudes 5°15' et 5°25' Est,

- les latitudes 31°55' et 32°00' Nord.



Figure.1 : Carte géographique de la région d’Ouargla

Echelle (1/25000)

Tableau.1: Découpage administratif de wilaya d’Ouargla

Daira		
Ouargla	Ouargla	Hassi Miloud, Said Otba, Ksar, Bamendil, Bour El haicha, Beni Thour.
	Rouissat	El-Hadeb, Sokra, Boughoufala
Sidi Khouiled	Sidi Khouiled	Oum Raneb, Aouinet Moussa
	Ain Beida	Ain Beida, Chott, Adjadja
	Hassi Ben Abdallâh	Hassi Ben Abdallâh
N'goussa	N'goussa	L'Ardaa, El Bour, El Koum, Ghers

Source: (Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla , 2004

Tableau.2: les superficies des terres agricoles par zone de la cuvette d'Ouargla

SURFACE TOTALE DES SOUS ZONES A LA WILAYA	HA
SIDI-KHOULED	8 300
AIN BEIDA	180 000
HASSI BEN ABDELLAH	237 000
ROUISSAT	370 000
OUARTLA	88 000
N'GOUSSA	185 000

Source DSA Ouargla

I.2- Situation géographique de la région de N'GOUSSA :

La commune de N'GOUSSA se situe à 20 Km d'Ouargla la plus grand ville des environs situées à 123 mètre d'altitude englobant une superficie de 185 000 Ha

Les limites de cette région sont:

- El Hadjira et Al Alia au nord
- Ouargla et sidi Khouiled au sud
- ouargla à l'ouest
- Hassi ben abdellah au l'est

La zone de N'Goussa couvre une superficie agricole utile de 2047 ha avec une superficie attribuée dans le cadre de mise en valeur de 3539 ha. La superficie occupée par les palmiers dattiers est de 1630,62 ha.

I.2-1- Situation du périmètre:

La zone d'étude est une exploitation située au niveau du périmètre agricole Haoud Lahmar 02. Elle est liée par la route communale: RC 202, au point kilométrique N°13.

Notre étude vise une exploitation caractérisée par une superficie de **100,00 Ha**, et par un terrain neuf.

Les coordonnées géographiques sont les suivants:

Latitude: 32° 8' 27''

Longitude: 5° 18' 30''

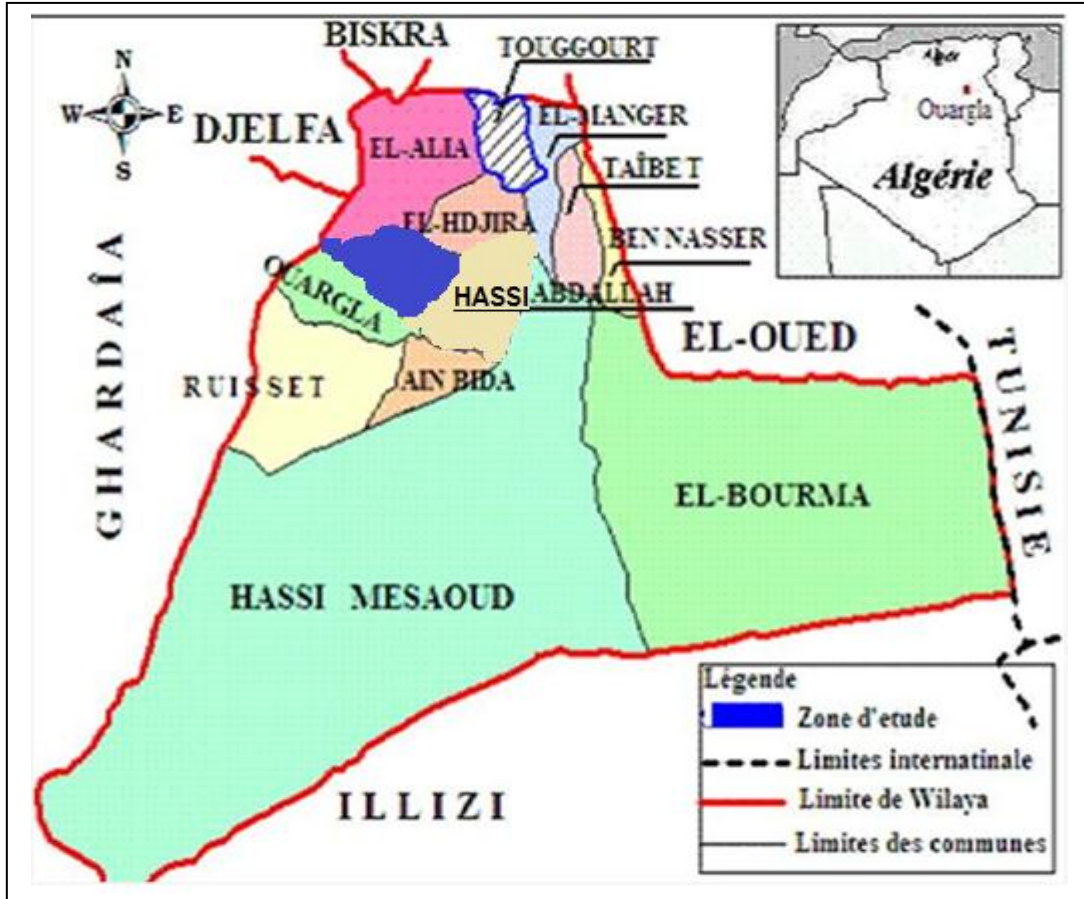


Figure.2 : La situation géographique de la zone d'étude Echelle (1/25000)

I.3- Climatologie:

Le climat affecte une bonne partie des activités humaines, telle que la production agricole, la production et la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources telles que l'eau, les aspects essentiels de l'environnement relevant immédiatement de la climatologie.

L'objet de ce chapitre est l'étude des paramètres hydro climatologiques mesurés de puis un 32d'années à la station d'Ouargla représentative du climat régnant sur notre zone d'étude. Nous analyserons successivement: les valeurs mensuelles et annuelles des précipitations, températures de l'air, humidité relative, durée d'insolation, vitesse de vent et l'évaporation mesuré au niveau de cette station.

I.3-1- Station de référence:

La station la plus représentative de notre zone d'étude est la station d'Ouargla qui est la plus proche de N'Goussa.

La synthèse climatique a été faite sur une durée de 32 ans (1981 - 2012), pour tous les paramètres climatiques (température, humidité, précipitation, insolation, vitesse du vent, évaporation et évapotranspiration). Le tableau suivant représente les caractéristiques de la station d'Ouargla.

Tableau.3: Caractéristiques de la station Hydro climatique d'Ouargla.

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

Source ANRH d'Ouargla

I.3-2- Précipitations:

Tableau.4: Pluviométrie totale mensuelle de la station météorologique d'Ouargla

Mois	Sep	Oc	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total
P (mm)	5,31	6.47	6.04	4.76	6.58	1.32	3.79	1.87	1,28	0.35	0.67	0.61	39.07

Source O.N.M.

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées au niveau de la station de Ouargla sont très insuffisantes (39.07 mm).

La répartition saisonnière est équilibrée tout au long de l'année, sauf pour la saison d'été considérée comme sèche, Le mois de janvier est le mois les plus pluvieux avec 6.58 mm, et le mois le moins pluvieux est le mois de Juin avec 0,35 mm (**tableau I.4**).

I.3-3-Températures:

Tableau.5: Températures maximales (M), minimales (m) et moyennes (Moy) mensuelles en °C

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	An
Tmax	37.3	30.8	24.3	19.6	18.3	20.9	25.0	28.9	35.0	40.0	43.1	42.9	30.5

Tmin	23.0	16.7	10.1	5.8	4.4	6.1	10.4	13.9	19.6	12.6	27.0	27.0	15.7
Tmoy	30.2	23.6	17.0	12.0	10.7	13.1	17.7	21.6	27.7	32.7	35.4	35.1	23.0

Source: O.N.M

Les températures moyennes mensuelles montrent que le climat de la région est chaud particulièrement en été avec des températures qui avoisinent les 40°C (mois de Juin-Juillet-Août).

Le mois de Janvier est considéré comme le mois le plus froid avec une température de 4.4° C et le mois de Juillet est le plus chaud avec une valeur de (43.1°C) (tableauI.5).

I.3-4- les vents:

Tableau.6: Vitesse moyenne et maximale des vents

Facteu	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Août	An
Vents (m/s)	4.2	3.3	2.8	2.8	2.6	3.0	3.9	4.6	4.8	4.9	4.6	3.9	3.8

Source: O.N.M.

Les vents dominants sont de direction globale Est -Sud - Ouest avec une variation au cours de l'année: Ouest- Sud - en hiver et -Sud - Est en été.

Ces vents sont relativement fréquents, la vitesse est importante du mois de mars à septembre.

I.3-5- Humidité:

Tableau.7: Humidité relative

Facteur	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Humidité %	36	50	56	64	63	54	45	37	32	28	24	26

Source: O.N.M.

Le mois de Décembre enregistre un taux d'humidité de 64%, par contre le mois de juillet donne un minimum de 24% d'humidité.

Ce faible taux d'humidité associe à la fréquence des vents et températures élevées donne lieu à des vents particulièrement secs et fort.

I.3-6- Insolation:

Tableau.8: Insolation

Facteur	Sept	Oct	Nov	De	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Insolation (heures/j)	8.1	8.2	7.6	6.9	7.6	8.4	8.6	9.6	9.4	10.7	11.1	10.5

Source: O.N.M.

La lumière solaire est très importante dans la région de Ouargla avec des pics de près de 11 heures par jour enregistrés en été. Ce facteur est à prendre en compte pour le choix des cultures.

I.3-7--Indices climatiques:

I.3-7-1- Indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité De Martonne définir comme le degré de sécheresse du climat et par conséquent il nous oriente dans le choix des cultures. Il est calculé par la formule suivante:

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

Avec:

I: Indice De Martonne

P: Précipitation annuelle en (mm)

T: Température moyenne annuelle

$$I = \frac{39,07}{23+10} = 1,18$$

Tableau.9: Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne

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

On obtient un indice d'aridité: IA < 5

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

I-3-7-2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Cet indice permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude, deux paramètres sont pris en considération:

- La pluviométrie moyenne annuelle (P).
- La température: La moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima du mois le plus froid (m).

La formule d'EMBERGER est la suivante:

$$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2) \dots\dots\dots(1)$$

Q₂: est le quotient pluviothermique d'Emberger;

P: est la moyenne des précipitations des années prises en considération exprimée en mm;

M: est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimée en degrés Celsius;

m: est la moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimée en degrés Celsius.

Pour:

$$P = 39.07 \text{ mm}$$

$$M = 43.1 + 273 = 316,1 \text{ K}^\circ$$

$$m = 4,4 + 273 = 277,4 \text{ K}^\circ$$

$$Q_2 = 2000 * 39,07 / (316,1)^2 - (277,4)^2$$

Donc **Q₂ = 3,40**, pour la période 1981-2012

Les calculs de la valeur du Q₂, indiquent que la station d'étude est située sur l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud (**figure I. 3**).

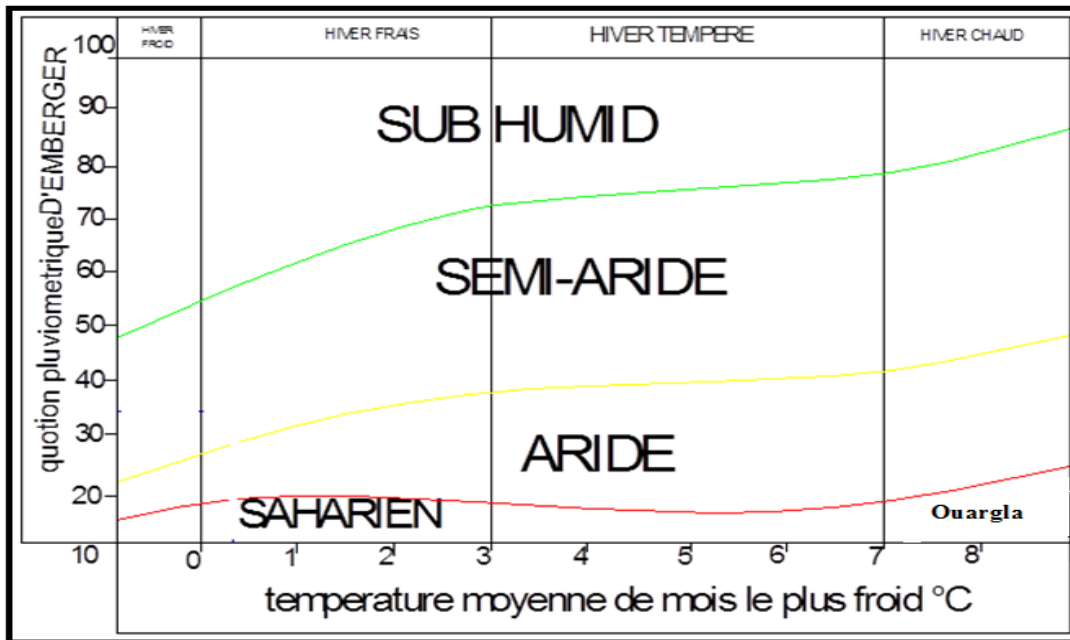


Figure.3 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

I-3-7-3- Diagramme Ombrothermique de Gaussen:

La construction du diagramme se fait en portant sur l'axe des abscisses les mois de l'année pris en considération, et en ordonnées les précipitations à droite et les températures moyennes à gauche de telle façon que 01°C corresponde à 02 mm de pluie ($P=2T$). La figure 4 représente le diagramme ombrothermique obtenu pour notre région d'étude.

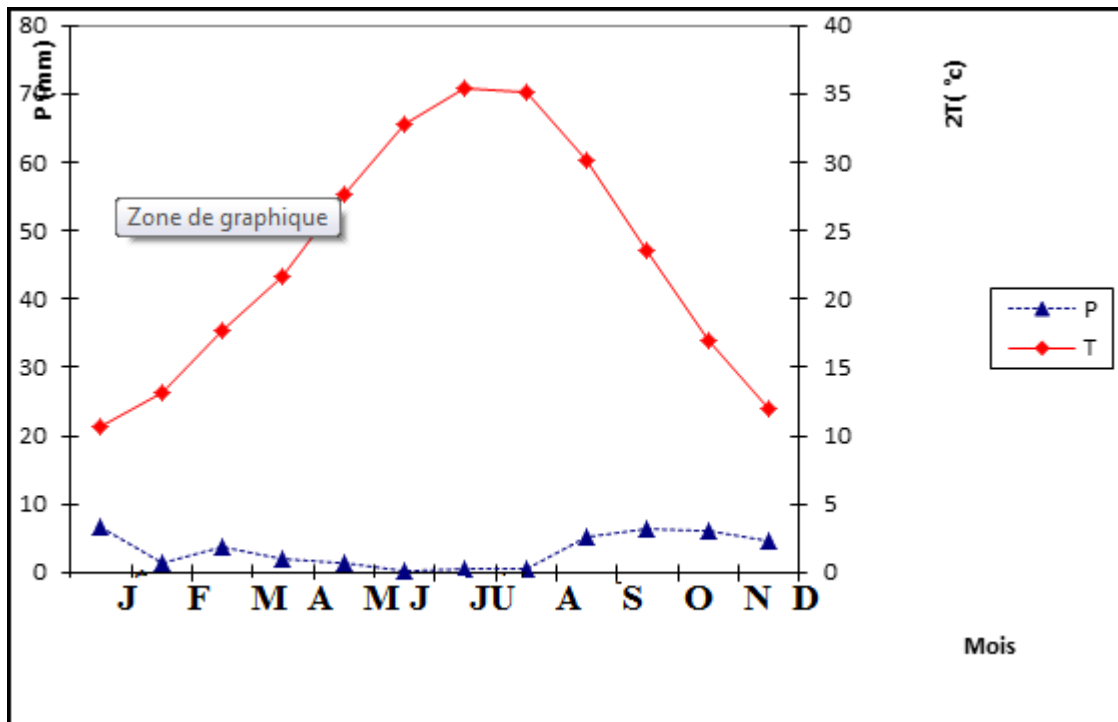


Figure.4 : Climmogramme pluviométrique de GAUSSEN

CONCLUSION :

Après l'étude de la combinaison précipitation- température dans notre région, et d'après la méthode d'Emberger, nous avons caractérisé le climat de type saharien.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 39.07 mm/an, le mois le plus pluvieux le mois de Janvier, et le mois le plus sec est juin.

D'après Le diagramme Ombrothermique on détermine que la période sèche s'étale sur l'année complète, alors cette période est la période d'irrigation.

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

Chapitre II :

Ressources en eau et en sol

Ressources en eau et en sol

INTRODUCTION

Le choix d'une ressource d'eau pour l'irrigation doit dépendre du type et de la concentration des substances qui y sont dissoutes ou en suspensions. Il dépend aussi des caractéristiques physiques et chimiques du sol.

II.1-Ressource en eau :

L'eau d'irrigation son origine à partir d'une nappe souterraine profonde « forage ».

Tous les forages d'Ouargla à partir d'une nappe du complexe terminal

Niveau statique de la nappe aquifère du complexe terminal (CT) :

Le niveau statique de la nappe aquifère du complexe terminal (CT) oscille entre 100 à 400 m par rapport à la côte du sol .l'épaisseur de cette nappe est de 30 à 450 ml

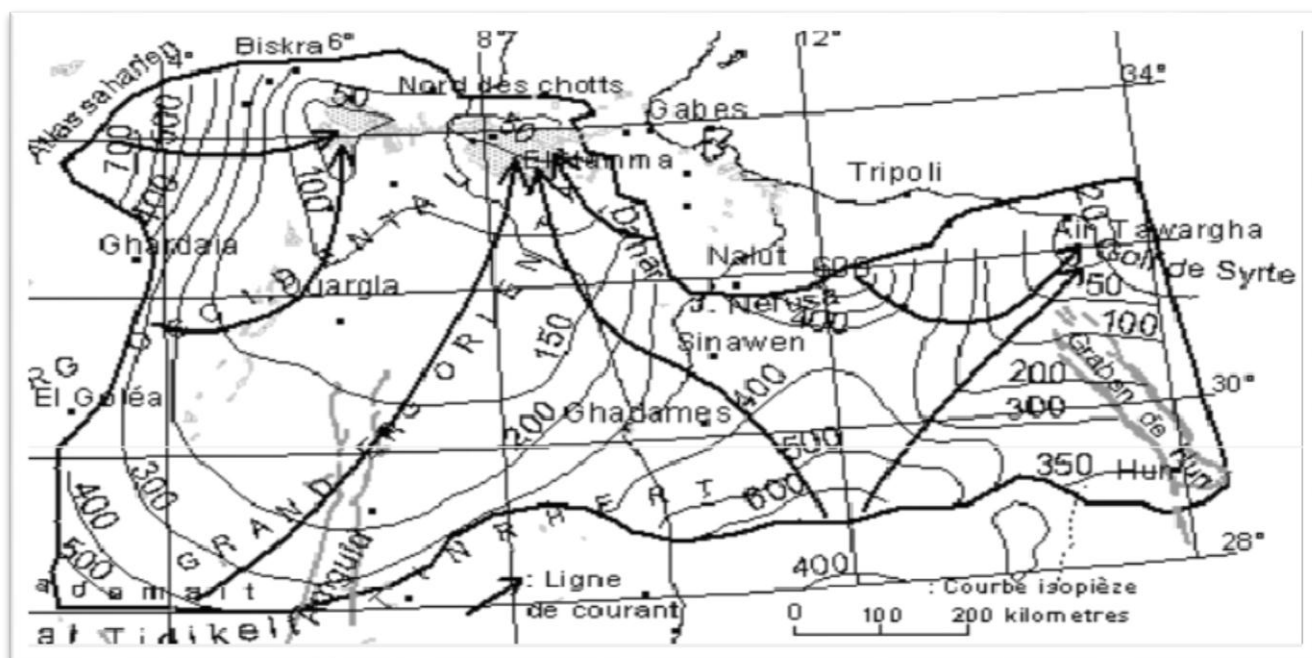


Figure .1:Carte piézométrique de référence (1950) du Complexe terminal



II.1-1- Caractéristique hydrauliques du forage :

L'exploitation doit être irriguée par forage Miopliocène, d'une profondeur de 110 m et de débit de 143 (l/s), le niveau statique 12,65m et le niveau dynamique 33,94m.

II.1-2-Qualité des eaux :

La salinité de l'eau d'irrigation entraîne une modification de la composition chimique du sol. Il est donc impératif de bien gérer et exploiter cette ressource.

La qualité de l'eau d'irrigation est représentée traditionnellement par deux paramètres :

II.1-2-1-La salinité

Une eau de mauvaise qualité peut avoir des incidences graves développement des plantes ; la plante peut absorber l'eau de deux façons soit par les organes aériens (cas de l'irrigation par aspersion) soit par les racines, mais la quantité d'eau absorbée par les feuilles est toujours faible. Ce sont les racines qui assurent la quantité d'eau nécessaire.

II.1-2-2 - La conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) mesurée à 25°C est exprimée en mmhos/cm et rend compte de la salinité globale des eaux.

Quatre classes de risque salin ont été définies :

- * C1 : Risque faible $CE \leq 0,25$;
- * C2 : Risque moyen $0,25 < CE \leq 0,75$;
- * C3 : Risque élevé $0,75 < CE \leq 2,25$;
- * C4 : Risque très élevé $CE > 2,25$.

II.1-2-3- 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^+ , celle en ion Ca^{++} et Mg^{++} :

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

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

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

- * S1 : Risque faible $\text{S.A.R} \leq 10$
- * S2 : Risque moyen $10 < \text{S.A.R} \leq 18$
- * S3 : Risque élevé $18 < \text{S.A.R} \leq 26$
- * S4 : Risque très élevé $\text{S.A.R} > 26$.

II.1-3- Classification des eaux d'irrigation

II.1- 3-1-L'analyse de l'eau d'irrigation

A partir des collectes des données et les différentes enquêtes, il a été établi que tous les forages d'irrigation sont des forages du complexe terminal.

Les résultats d'analyse de ces eaux sont résumés ci-après:

II.1-3-1-1- Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe complexe terminale (CT) :

L'ANRH en novembre 2013 sur 108 forages captant le complexe terminale ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes :

Tableau.1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT

Eléments	mg/l	méq/l
Ca ²⁺	93	4.65
Mg ²⁺	227	18.92
Na ⁺	480	20.87
K ⁺	29	0.74
Cl ⁻	895	25.21
SO ₄ ²⁻	725	15.1
HCO ₃ ⁻	102	1.68
CO ₃ ⁻	0	0
NO ₃ ⁻	14	0.23

Source : ANRH Ouargla

Tableau.2: Analyse des données

Analyse des données	
Somme des cations	45.18 méq/l
Somme des anions	42.22 méq /l
Somme des ions	2565 mg/l
Résidu sec à 110°C	2916 mg/l
Minéralisation	3241 mg/l
Conductivité électrique	4.30 ms/cm
PH	8.23
SAR	6.1

Source ANRH Ouargla

D'après les valeurs de la conductivité électrique et du la SAR, les eaux de complexe terminale appartiennent à la classe **C4 S2 (Annexe 1)**

Classe S2 : le S.A.R \leq 10 donc la quantité de sodium est de Risque faible pour les sols.

Classe C4 : la conductivité électrique est >2.25 mmhos/cm, c'est-à-dire la salinité est très forte .cette eau n'est utilisable que si l'on pratique un lessivage intense et pour des cultures très tolérantes, sinon l'eau est inutilisable car elle est très dangereuse sur sols faiblement drainés et peut présenter dans une certaine mesure un danger sur la plupart des cultures.

II.2 - Ressource en sol :

L'étude pédologique permet de déterminer le niveau de fertilité des sols et de chercher les moyens ou les méthodes visant à la mettre en valeur pour un accroissement conséquent de la production agricole.

II.2 -1 - Les sols de Sahara

La formation et l'évolution des sols dans ce vaste territoire sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité.

Le climat très aride influe sur la pédogenèse par la très forte évaporation, ce qui a engendré dans certaines zones de fortes accumulations salines surtout après la mise en irrigation (jusqu'à 50mmhos/cm).ce phénomène est aggravé le plus souvent par une topographie généralement plane, qui ne facilite pas le drainage naturel des eaux excédentaires et par une eau d'irrigation relativement chargée en sels.

La roche mère des sols de ces régions est le plus souvent (Sahara septentrional) du continental intercalaire, elle se caractérise par des formations gréseuses plus ou moins compactes avec des passées argileuses.

Ces formation sont hétérogènes : elles présentent une texture le plus souvent saleuse .mais on peut rencontrer des textures limono sableuses des dépôts marneux ou un plan d'eau a' une profondeur variable ces sols ne sont pas généralement calcarifères. Mais, ils sont tous affectés plus ou moins de salinité. Ces caractères de sols expliquent en grande partie la prédominance de ces facteurs pédogénétiques sur l'évolution des sols du Sahara .qui sont principalement : la texture, la structure, la salinité et l'action de l'eau.

II.2-2- Sol hors palmeraies :

Généralement ces sols sont situés sur des terrasses d'apport faisant la transition entre la terrasse d'érosion au-dessus et les sebkhas au-dessous. Du point de vue pédologique ces sols peuvent présenter des profondeurs supérieures à 80 cm. de matériaux d'apport éolien formé par des accumulations sableuses à sablo-limoneux, dans certains sols les dépôts colluviaux et éoliens se sont formé simultanément.

Dans ces sols contrairement aux sols irrigués. Il n'Ya pas de processus d'accumulation des sels ou du moins faiblement la salinité des horizons et relativement moins élevés et l'accumulation des carbonates ou du gypse est peu visible dans ces sols.

II.2-3- Sol des palmeraies :

Les sols des palmeraies sont les plus souvent cultivés, leur matière minérale n'a pas subie d'altération sensible. Par contre elle a pu se désagréger et se fragmenter par des phénomènes physiques ; les sels minéraux y compris les carbonatés et les sulfates ainsi que les cations peuvent avoir des redistributions et des migrations.

Ces sols présentent une faible teneur en matière organique et en éléments fertilisant : le PH est voisin de la neutralité à légèrement alcalin.

II.2-4- Caractéristiques physiques du sol :

Le sol est caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement en fonction à la fois de la structure et de la texture du sol, sans toutefois leur être rigoureusement liés

II.2-4-1- La texture

La texture d'un sol caractérise la dimension et la distribution des différents éléments qui le constituent, elle est déterminée par l'analyse d'échantillon du sol sur la terre fine obtenue après élimination par tamisage des graviers ou cailloux de taille supérieure à 2 mm

II.2-4-2- La structure

La structure d'un sol est définie par l'augmentation de ses constituants les uns par rapport aux autres.

Des sols de texture identique peuvent avoir des structures différentes, plus ou moins stables et plus ou moins favorables à la pénétration de l'eau, de l'air et des racines

II.2-4-3- La perméabilité

La perméabilité du sol est définie par sa vitesse d'infiltration qui est la vitesse apparente

de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice égale à l'unité c'est le coefficient K de la loi de Darcy.

Selon les différentes valeurs de K, on peut classer les sols comme suit :

- Sols imperméables $K < 10^{-6}$ m/s
- Sols peu perméables $10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-6}$ m/s
- Sols perméables $5 \cdot 10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Sols très perméables $K > 5 \cdot 10^{-5}$ m/s

La perméabilité est déterminée au laboratoire d'après la quantité d'eau s'écoulant par unité de temps, en travaillant sous charge constante.

Tableau.3 : La perméabilité de sol

<i>SOL</i>	<i>Le point</i>	<i>Perméabilité K en cm/h</i>	<i>La masse volumique kg/L</i>
<i>Sable de dune</i>	<i>N'goussa</i>	<i>7,20-12,80</i>	<i>1,56-1,60</i>
<i>Sable grossier</i>	<i>N'goussa</i>	<i>78</i>	<i>1,6</i>

Source DSA Ouargla

II.2-4-4- La densité apparente Da

C'est le rapport entre le poids d'un volume donné du sol sec à l'étuve et le volume totale de l'échantillon, son évaluation est basée sur la texture. Pour nos sols

$$Da = Ms/Vt = 1.5$$

avec :

Ms : masse de grain solide

Vt : volume total de l'échantillon

II.2-5- Caractéristique chimiques du sol

D'après le tableau N 14, on peut dire que notre sol a une texture Sablo-limoneuse, une structure Particulaire à polyédrique, pauvre en matières organiques, les agrégats sont facilement détruits par l'irrigation, la restitution de la matière organique en quantité importante est nécessaire afin de renforcer le complexe absorbant et par conséquent contribuer à l'amélioration de la structure, on note aussi que d'après la vitesse d'infiltration notre sol est considéré comme un sol perméable.

II.2-5-1- La salinité

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

Caractéristique des sols de zone d'étude

Les analyses des sols de notre parcelle sont faites au laboratoire sur un échantillon prélevé du périmètre à étudier

Tableau 4 : Résultat d'analyse granulométrique

OUVERTUR(g)	Poids refus (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	Tamisé cumulé
1	0,0038	0,0019	0,0019	99,9981
0,8	0,0064	0,0032	0,0051	99,9949
0,5	1,2463	0,62315	0,62825	99,37175
0,315	25,2303	12,61515	13,2434	86,7566
0,25	64,4521	32,22605	45,46945	54,53055
0,2	48,4663	24,23315	69,7026	30,2974
0,16	33,4451	16,72255	86,42515	13,57485
0,125	17,6749	8,83745	95,2626	4,7374
0,1	5,2911	2,64555	97,90815	2,09185
0,08	3,732	1,866	99,77415	0,22585
0,063	0,3271	0,16355	99,9377	0,0623

0,05	0,0554	0,0277	99,9654	0,0346
Plat	0,0692	0,0346	100	0

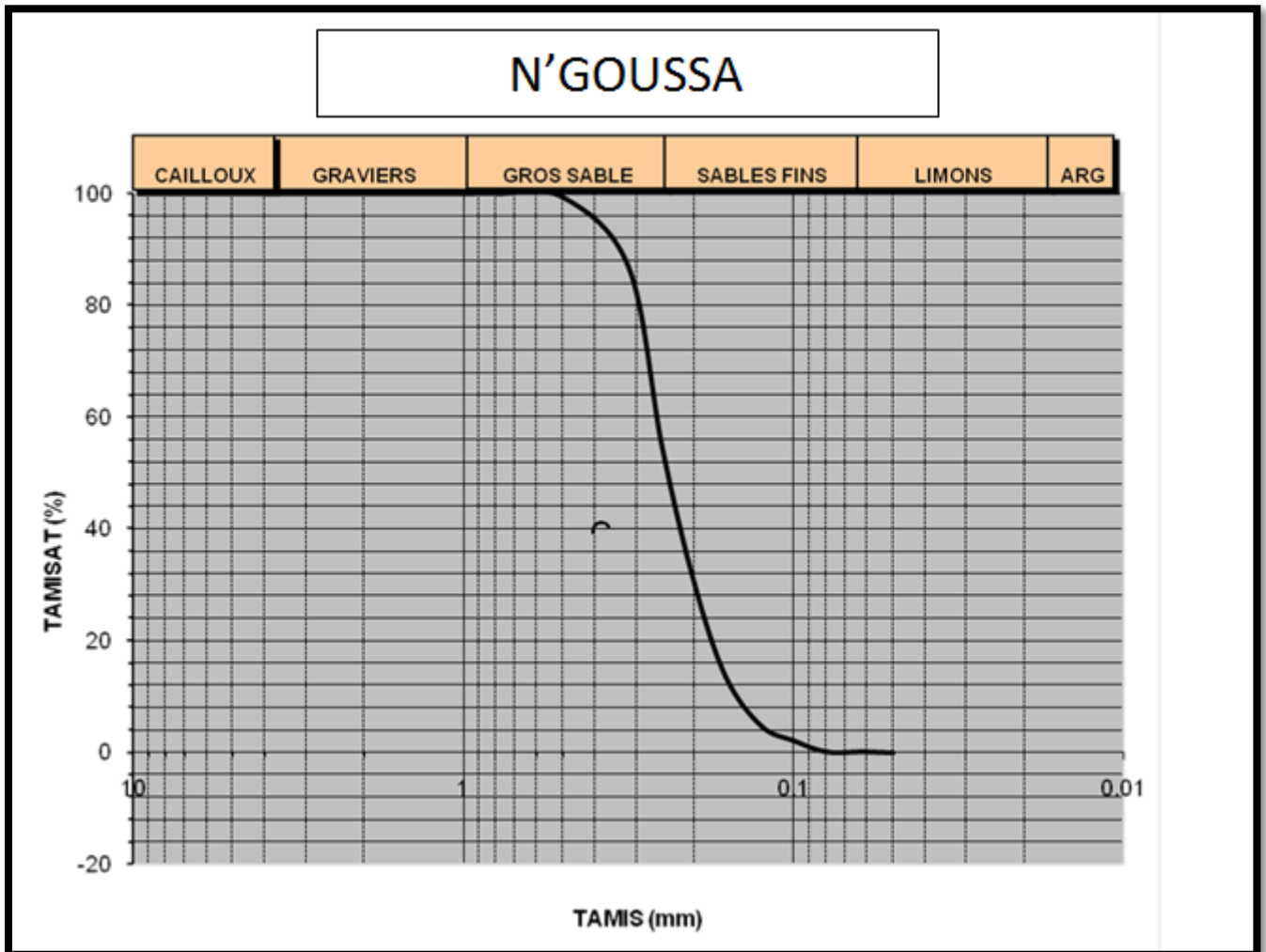


Figure 2 : courbe granulométrique de sol

II.5-1-Paramètres physiques du sable:

Tableau.3 : Paramètres physiques du sable

	d ₁₀	C _c	C _u	d ₆₀	d ₃₀	CLASSEMENT
N° Goussa	0,075	1,774	0,275	0,205	0,155	GRANULOMETRIE TRES SERREE

Source DSA Ouargla

d₁₀ : Le diamètre effectif des particules qui correspond à 10% du passant.

d₆₀ : diamètre effectif des particules qui correspond à 60% du passant.

d₃₀ : Le diamètre effectif des particules qui correspond à 30% du passant.

C_c (le coefficient de courbure): permet de décrire la forme de la courbe granulométrique entre les diamètres effectifs d₁₀, d₆₀.

C_u (Le coefficient d'uniformité): permet d'exprimer l'étalement de la courbe granulométrique.

II.2-6-Caractéristiques physiques du sol de la région:

Les paramètres physiques du sol sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau.4: Caractéristiques physiques du sol :

Carrière	n(%)	Da	Dr	e	Ce mmhos /cm
N'GOUSSA	31,02	1,828	2,65	0,450	3,84

Source DSA Ouargla

- La densité apparente D_a,
- La densité réelle D_r,
- La porosité n,
- L'indice des vides e,
- Conductivité électrique ce .

II.2-7- Caractéristique chimiques du sol de la région:

Les caractéristiques chimiques du sol sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau.5 : Caractéristique chimiques du sol

Carrière	%Sels	PH	%MO	%Caco ₃
----------	-------	----	-----	--------------------

N°goussa	0,017	8,300	0,344	0,220
-----------------	-------	-------	-------	-------

Source DSA Ouargla

Tableau.6 : Résultat analytique (granulométrie)

Horizon (cm) analyse	0-28	28-92	92-125
Argile % Limon	3	5	4
fin % Limon	2	4	3
grossier % Sable	3	1	1
fin %	41	28	14
Sable grossier %	51	63	79

Source DSA Ouargla

Conclusion

Contrairement à ce que l'on pourrait penser les sols de la cuvette de Ouargla ne sont pas à texture grossière ; les principales zones cultivées ont des sols relativement lourds; et le sol de la zone d'étude est Sablo-limoneuse.

Chapitre III :

Etude hydrologique

Etude hydrologique

INTRODUCTION

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet pour une série d'observation requise de 32 ans (1981-2012),

Cette étude porte sur :

- détermination de l'année de calcul,
- L'homogénéisation des séries pluviométriques,
- L'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

III.1-Présentation de la station pluviométrique

La station la plus représentative de notre zone d'étude est la station d'Ouargla qui est la plus proche de N'Goussa.

La synthèse climatique a été faite sur une durée de 32 ans (1981 - 2012), pour tous les paramètres climatiques (température, humidité, précipitation, insolation, vitesse du vent, évaporation et évapotranspiration).

Tableau1: les caractéristiques de la station d'Ouargla

Nom de la station	Caractéristiques		Z (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	X (km)	Y (km)			
Ouargla	748.048	154.065	130	1981-2012	32

Source ANRH d'Ouargla

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

Tableau 2: Les pluies mensuelles de la station pluviométrique d’Ouargla sont données dans le tableau suivant

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Annue
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	17,5	10,1	0,0	8,8	0,0	0,8	2,9	1,8	0,0	2,8	0,0	0	44,7
1988-1989	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
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	64,6
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	2,5	2,4	1,6	5,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	13,1
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

III.2-Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

L'ajustement d'une distribution à un échantillon nécessite que les observations soient identiquement distribuées. Cette hypothèse peut être examinée à l'aide des tests statistiques. Pour notre cas, nous avons utilisé le test Wilcoxon :

C'est un test non paramétrique qui utilise la série des rangs des observations au lieu de la série de leurs valeurs. Le test de Wilcoxon se base sur le principe suivant :

Si l'échantillon x est aussi d'une même population y , l'échantillon xUy est généralement aussi.

Soit un série d'observation de longueur N à partir de laquelle on tire deux échantillons x et y :

$$N_1 + N_2 = N \quad \text{Avec } N_1 < N_2$$

Nous classons en suite les valeurs de notre série par ordre croissant. Par la suite, nous ne nous intéressons qu'au rang de chacun des éléments des deux échantillons dans cette série, si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associé le rang moyen qu'elle détermine. Nous calculons la somme (W_x) de rang des éléments du premier échantillon dans la série comme :

$$W_x = \sum Rang X$$

Wilcoxon a démontré que, dans le cas où les deux échantillons x et y constituant une série homogène, la quantité (W_x) est comprise entre deux bornes (W_{max}) et (W_{min}) c'est-à-dire :

$$W_{min} < W_y < W_{min}$$

W_{min} et W_{max} Sont données par la formule suivante :

$$W_{min} = \frac{(N_1+N_2+1).N_1-1}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1+N_2+1)}{12}} \dots\dots\dots(1)$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{min} \dots\dots\dots(2)$$

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$: représente la valeur de la variable centré réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$, pour notre cas, pour un intervalle de confiance de 95% : $u_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$

L'hypothèse d'homogénéité est rejetée si l'une des deux inégalités précédente n'est pas vérifiée [3]

Tableau 3: Détaille du procédé de test de Wilcoxon:

X	Y	XUY par ordre Croissant	Série d'origine	Rang	XUY par ordre croissant	Série d'origine	Rang
25	84,5	13,1	X	1	36,6	X	18
32,6	16,6	14,5	Y	2	37,3	Y	19
20	46,7	16,6	X	3	38,3	Y	20
28,8	36,6	16,6	X	4	43,6	X	21
35,5	51,1	17,9	Y	5	44,7	X	22
50,4	36,2	20	X	6	46,7	Y	23
16,6	13,1	21,7	Y	7	49,2	Y	24
44,7	37,3	24,7	X	8	50,1	X	25
36,6	38,3	25	X	9	50,4	X	26
51,6	63,3	25,1	Y	10	51,1	Y	27
24,7	49,2	28,8	Y	11	51,6	X	28
50,1	25,1	31,8	Y	12	63,3	Y	29
43,6	14,5	32,6	X	13	64,6	X	30

31,8	108,7	32,9	X	14	84,5	Y	31
64,6	17,9	35,5	Y	15	108,7	Y	32
	32,9	36,2	Y	16			
	21,7	36,6	X	17			

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

Tableau 4 : Résultats du test de Wilcoxon

N_1	N_2	W_{min}	W_x	W_{max}
15	17	189,9	272	290,1

Donc : $189,9 < W_x < 290,1$

Les conditions des calculs contenus dans la formule de Mr **Wilcoxon** précisent l'homogénéité de la série des précipitations moyennes annuelles de la station d'Ouargla

III.3-Ajustement de la série pluviométrique :

On appelle problème d'ajustement le problème consistant à trouver, parmi une famille de lois de probabilité, celle qui se rapproche le plus d'une distribution empirique observée sur un échantillon.[1]

Comme il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométrique, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon. Toutefois, de nombreuses études comparatives, autant empiriques que théoriques, ont été menées afin de déterminer dans quelles circonstances une méthode d'estimation est la plus efficace pour une loi donnée.

Dans cette partie, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5ans. Nous utilisons pour notre projet, celles qui garantissent le

meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

III.3-1-Ajustement à la loi normal (loi de Gauss) :

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \text{ (Fréquence au non dépassement)}$$

u Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss u
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi \bar{x} , σ ; Cv ; Cs
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%} \dots\dots\dots(3)$

- \bar{x} : Moyenne arithmétique ;
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P% ;
- σ : Écart type
- Cv : Coefficient de variation ;
- Cs : Coefficient d'asymétrie

-Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel **HYFRAN** nous donne les résultats suivants :

Minimum = 13

Maximum = 108

Moyenne = 38.6

Ecart-type = 20.6

Médiane = 35.8

Coefficient de variation (Cv) = 0.534

Coefficient d'asymétrie (Cs) = 1.49

Coefficient d'aplatissement (Ck) = 5.22

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station d'Ouargla sont regroupés dans le tableau et la figure :

Tableau 5: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal

Nombre d'observations : 32					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/q					
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	86.6	7.1	72.6	100
50	0.98	80.9	6.5	68.2	93.7
20	0.95	72.5	5.64	61.5	83.6
10	0.90	65	4.95	55.3	74.7

5	0.80	55.9	4.26	47.6	64.3
3	0.6667	47.5	3.81	40	54.9
2	0.50	38.6	3.64	31.4	45.7
1.25	0.20	21.2	4.26	12.9	29.6

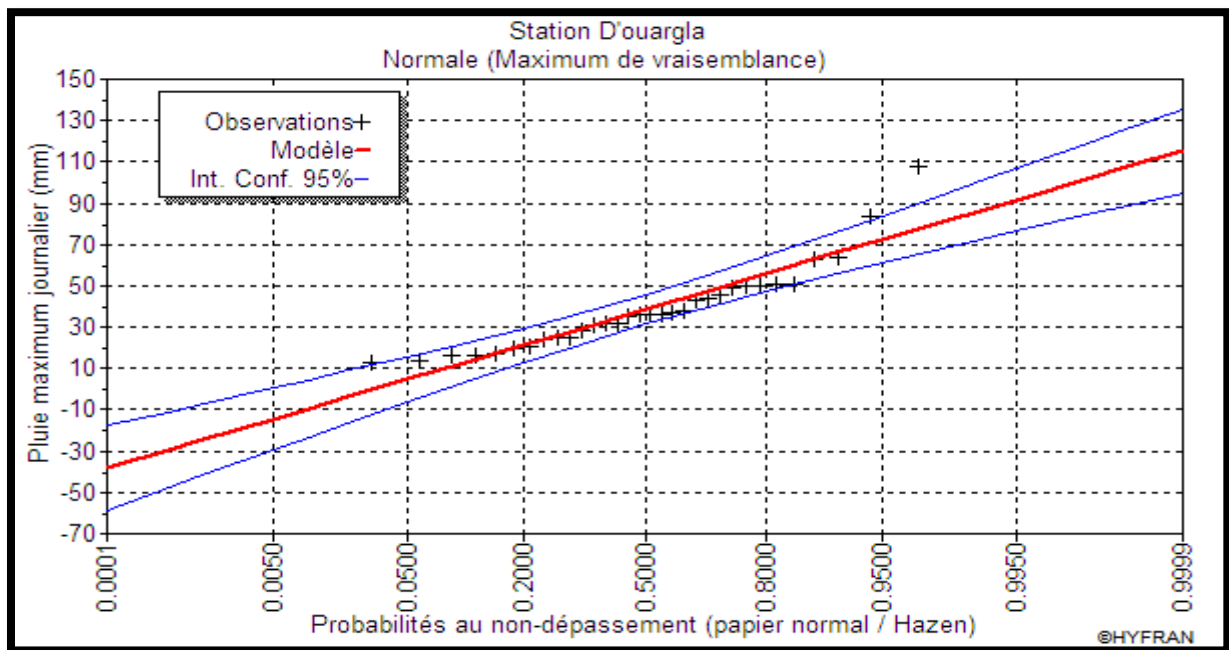


Figure 1: Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale

III.3-2-Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

On dit qu'une Variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \text{ (Fréquence au non dépassement)}$$

Avec la valeur réduite u est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$ est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale

- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;
- Détermination de la droite de Galton $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$.
- L'ajustement est fait par logiciel Hyfran et les résultats sont regroupés dans le tableau et la figure

Tableau 6: les résultats de l'ajustement à la loi log normale par logiciel Hyfran

Nombre d'observations : 32					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/q					
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	112	19.8	73.3	151
50	0.98	97.5	15.7	66.5	128
20	0.95	79	11.1	57.3	101
10	0.90	65.6	8.08	49.8	81.5
5	0.80	52.4	5.54	41.5	68.2
3	0.6667	42.4	4.02	34.5	50.3
2	0.50	34	3.08	28	40.1
1.25	0.20	22.1	2.34	17.5	26.7

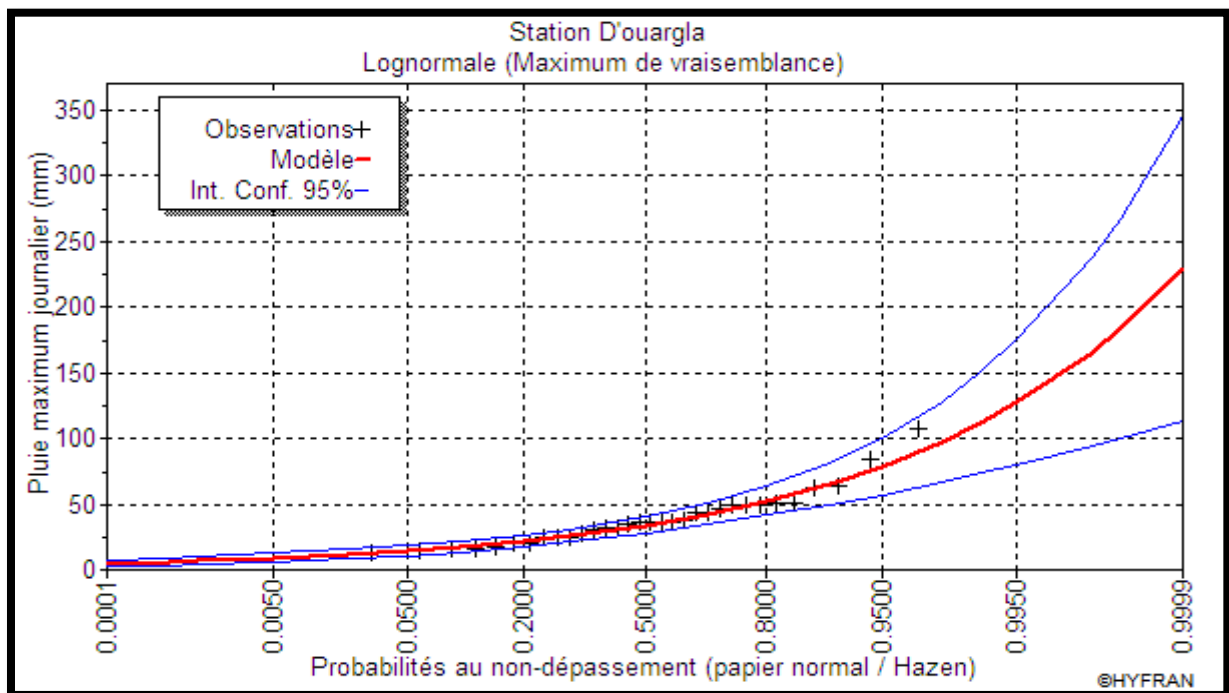


Figure 2: Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale

Lorsque nous avons procédé un ajustement d'une loi de probabilité théorique, le problème qui se pose est de savoir si cette loi s'adapte adéquatement. L'examen graphique ne peut suffire, il faut pouvoir tester par le calcul la qualité de l'ajustement réalisé. L'un des tests les plus employés, est le test du Khi carré « χ^2 ».

Comme critère de comparaison, la variable χ^2 est utilisée pour un risque $\alpha = 5\%$ et un nombre de degré de liberté $\gamma = K - 1 - m$

Avec : K : nombre de classes ; m : nombre de paramètres de la loi

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - \mu_i)^2}{\mu_i} \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

n_i : Nombre d'observations contenues dans la classe i ;

μ_i : Nombre d'observations théoriques calculées dans la classe i .

On dit qu'un échantillon est provient d'une loi si $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$

Le test d' χ^2 est fait à l'aide de logiciel Hyfran et les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau7: Résultats du test de Khi carré :

	Loi Normale	Loi Log-Normale
Degré de liberté γ	5	5
$\chi^2_{calculé}$	2,50	2,14
$\chi^2_{théorique}$	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 vérifié donc les notre donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station d'Ouargla sont 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, et on a aussi d'après les Figure 1 et 2; montrent que la loi de Log-Normale présente une Adéquation meilleure que la loi Normale parce que la majorité des points sont dans l'intervalle de confiance.

III .4-Précipitation mensuelles de l'année de projet :

Détermination de précipitation mensuelle de l'année de projet a pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{moy80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \cdot \frac{P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}}$$

Avec :

i : mois

On déduire

Les résultats suivants :

$$P_{théo \text{ ann } 80\%} = 21.2 \text{ mm}$$

$$P_{théo \text{ ann } 50\%} = 38.6 \text{ mm.}$$

Donc les valeurs de $P_{i,sec 80\%}$ devient comme suit :

Tableau 8: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevr	Mars	avr	Mai	Juin	juil	août	cumul
p moy (mm)	5.31	6.47	6.04	4.75	6.58	1.31	3.79	1.86	1.28	0.35	0.6	0.6	39.07
P calcul	2,92	3,56	3,32	2 ,61	1,95	2,72	2,08	1,023	0,70	0,19	0,33	0,33	21,48

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons effectué une procédure de l'étude hydrologie de notre projet. Au premier lieu, nous avons commencé par le choix de la station pluviométrique et nous avons retenus la station d'Ouargla qui est la station la plus proche de notre zone d'étude. En effet, elle est la plus représentative et qui a une longue durée de service (32ans). 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.

Enfin, nous avons déterminé les pluies mensuelles qui caractérisent de calcul. Le but de la détermination de l'année de calcul le calcul des besoins en eau des cultures qui est le but du prochain chapitre.

Chapitre IV :
Calcul des besoins en eau
des cultures

Calcul des besoins en eau des cultures

INTRODUCTION

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

De nos jours, la plupart des modes des systèmes de l'irrigation résultent soit d'un bilan hydrique de la culture, soit de mesure in situ de la réponse à la sécheresse des plantes, dans les systèmes agraires modernes, la majorité des prévisions d'irrigation dépendent de l'évaluation de la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture.

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

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

- Les besoins unitaires : Relatifs à un hectare de chacune des cultures envisageables pour la zone étudiée.
- Les besoins globales : Du périmètre d'irrigation.

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

- Les besoins en eau maximum de chaque culture (évapotranspiration moyenne ETM).
- La pluie efficace (Pe).
- La fraction de la réserve utile du sol (RFU).

IV.1- Etude agronomique :

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

IV.1-2- Choix des cultures :

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

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

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

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

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

Pour notre périmètre les cultures que nous avons choisies sont les suivants :

a. Arboriculture :

- Palmier dattier
- Olivier

b- Maraîchères :

- Pomme de terre

IV.1- 3- Répartition des cultures :

Le choix de ces cultures dans notre périmètre est bien réparti dans le temps.

Tableau.1: La répartition des sols relative aux cycles culturaux.

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOT
Palmier												
Olivier												
P de t												

IV.1-4-Assolement :

L'assolement c'est la répartition des cultures dans le périmètre. Le choix de l'assolement est conditionné par un certain nombre de contraintes.

a- Contraintes agro climatique :

C'est dire les cultures qui s'adaptent au climat et au sol. Chaque culture a ses exigences climatiques (pluie, température, etc....) et pédologique (profondeur du sol, texture, etc....).

b- Contraintes externes :

Planification pour répondre aux besoins croissants de consommation.

c- Contraintes internes :

Main d'œuvre et matériel. Certaines cultures demandent une main d'œuvre qualifiée et un matériel spécifique. Qualité de l'eau utilisée.

d- Contraintes économiques :

Le prix des produits, commercialisation, ces contraintes prennent une importance primordiale, ainsi le prix des produits est considéré à échéance avec l'assurance d'une vente rentable.

Dans notre cas on opte pour un assolement mixte qui permet d'assurer les besoins des marchés.

Les cultures les plus demandées dans le marché sont : Blé, tomates, poivrons, piments, pomme de terre, oignons, olivier , ails , carottes et navets.

- Blé en premier degré.
- Tomates, pomme de terre et oignon en deuxième degré.
- Poivrons, olivier, piment, ails, carottes et navets en 3^{ème} degré.

IV.1- 5-Choix d'une rotation :

La rotation c'est la succession des cultures sur une même parcelle. Dans la rotation on doit :

- Planter les cultures dans des meilleures conditions techniques et économiques.
- Maintenir le sol en équilibre physique, technique et propre.

IV.2- Besoin en eau du périmètre :

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

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Il présente les différentes cultures occupant le sol à chaque instant de l'année. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

IV.2-1-L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET_0):

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

On peut définir comme étant le taux d' l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

IV.2-2-L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) :

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 suivante :

$$ETR_{CULTURE} = ET_0 * K_C$$

Avec :

K_C : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

après avoir déterminé les coefficients culturaux " K_C ". Les besoins en eau des cultures nets, "BEC", sont déterminés par la relation suivant :

$$BEC = ET_{culture} - P_{eff}.$$

Dans la quelle :

BEC : Besoins en eau des cultures nets en (mm).

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm).

IV.2-3-Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET0 ou ETP) :

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientés vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région.

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

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

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles :

- Formule de Blaney-Criddle.
- Formule de Turc.
- Formule d'Ivanov. (URSS)
- Formule de Penman.

En ce qui concerne notre projet, le calcul de l'évapotranspiration potentielle est effectué à l'aide du logiciel appelé ; CROPWAT version 8.0, qui permet au passage, l'évaluation de

l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^f Penman&Monteith modifiée.

● **Méthode de Penman&Monteith modifiée :**

En Angleterre, précisément en 1948, Penman&Monteith a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M^f Penman&Monteith modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

La formule de Penman et Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [W \times R_n + (1-W) \times F(u) \times (e_a - e_d)]$$

Tel que :

ET₀ : représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm /jour.

W : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.

R_n : rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.

F(u) : fonction liée au vent.

e_a : tension de vapeur saturante a la température moyenne de l'air, en millibars.

e_d : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence (**ea-ed**) consiste en facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé **CROPWAT**, fondé sur la méthode de Penman et Motheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO** tenue à Rome en mai 1990

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes (**Chapitre I**) :

-Température : Les températures max et min mensuelles sont données en degré Celsius.

-Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.

-Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.

-Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Tableau.2 : Représente l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT**

Mois	Temps max °C	Temps min °C	Humidité %	Vent Km/jours	Insol Heures	Radiation MJ/m ² .jour	ETo-penman mm/jour
Janvier	18,3	4,4	63	3	7,6	12,6	1,08
Février	20,9	6,1	54	3	8,4	15,18	1,58
Mars	25	10,4	45	4	8,6	19	2,4
Avril	28,9	13,9	37	5	9,6	22,8	3,29
Mai	35	19,6	32	5	9,4	23,8	4,04
Juin	40	12,6	28	5	10,7	26	4,34
Juillet	43,1	27	24	5	11,1	26,4	4,62
Août	42,9	27	26	4	10,5	26,4	4,49
Septembre	37,3	23	36	4	8,1	19	3,53
Octobre	30,8	16,7	50	3	8,2	16,3	2,61
Novembre	24,3	10,1	56	3	7,6	13	1,57

Décembre	19,6	5,8	64	3	6,9	11,2	1
Moy	30,5	14,71	43	4	8,89	19,30	2,88

IV.2-4 - Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur, etc. Autrement dit la pluie efficace c'est la quantité de la pluie retenue dans la zone racinaire. L'estimation précise de cette quantité de pluie reste toujours difficile sans avoir effectué des mesures pendant de longues périodes, dans différents endroits. Ce qui concerne notre projet nous avons approximativement estimé la pluie efficace de la manière suivante :

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{moy}80\%} \times 0.8$$

Avec :

P_{eff} : pluie efficace en (mm/mois).

$P_{\text{moy}80\%}$: pluie moyenne mensuelle de probabilité en (mm/mois).

Les valeurs de $P_{P\%}$ et P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau.3 : Les précipitations efficaces :

Pays : ALGERIE		Station climatique Ouargla N'goussa (32ans)
Mois	P _{p%} mm/mois	Pluie eff mm/mois
Janvier	1,95	1.56
Février	2,72	2.17
Mars	2,08	1.6
Avril	1,023	0.81
Mai	0,70	0.56
Juin	0,19	0.15
Juillet	0,33	0.26
Août	0,33	0.26
Septembre	2,92	2.33
Octobre	3,56	2.84
Novembre	3,32	2.65
Décembre	2,61	2.08
Totaux annuel	21,48	17.18
Précipitation efficaces : 80 % da précipitation totale		

IV.3-Détermination des besoins en eau d'irrigation

IV.3-1- Définition :

Les besoin en eau d'irrigation (B), est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sur qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau. 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.).

IV.3-2- Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :

L'appréciation des besoins en eau des cultures, par le logiciel **CROPWAT**, nécessite l'introduction des renseignements ci après :

*Durée des phases de croissance (en jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.

*Coefficients culturaux (K_c) : pour chaque phase de croissance.

*Profondeur d'enracinement (P) en (mètre) : deux valeurs sont entrées celle de la phase initiale et celle de la phase plein développement.

*Tarissement admissible (p) du sol, exprime en fraction d'humidités totales disponibles :

C'est le niveau critique de l'humidité du sol à partir duquel le stress dû au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la plante.

*Coefficients de réponse du rendement K_Y : pour estimer les productions dues au stress hydrique, nous devons connaître les différents coefficients de réponse pour chaque phase de croissance.

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$\mathbf{B} = \mathbf{ETP} - (\mathbf{P}_{\text{eff}} + \mathbf{RFU})$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

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

RFU : réserve facilement utilisable

$$\mathbf{RFU} = \mathbf{Y} (\mathbf{H}_{\text{cc}} - \mathbf{H}_{\text{pf}}) . \mathbf{D}_a . \mathbf{Z}$$

Y : degré de tarissement

D_a : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm=1200mm

H_{cc} : humidité à la capacité au champ

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

P_{ef} : pluie efficace

$P_{ef} = A \cdot \text{pluie}$; ou $A = 0,8 \text{ à } 0,9$

L'irrigation est fait lorsque $B > 0$,

- Pour notre travail on a utilisé le logiciel cropwat

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont dont les tableaux ses dessous :

IV.3-2-1-Dose d'irrigation :

Tableau 4 : dose d'irrigation de l'olivier

Mois	P_{eff} (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	K_C	ETM (mm /mois)	B_{net} (mm)	q_s (l/s/ha)
Jan	1.56	33.48	1.2	58.496	0	0.81	23.44	21.88	0.11
Fév	2.17	44.24	1.2	58.496	0	0.81	30.97	28.80	0.15
Mar	1.6	74.4	1.2	58.496	0	0.5	37.20	35.60	0.18
Avr	0.81	98.7	1.2	58.496	0	0.5	54.29	53.48	0.28
Mai	0.56	125.24	1.2	58.496	0	0.5	75.14	74.58	0.38
Juin	0.15	130.2	1.2	58.496	0	0.59	84.63	84.48	0.43
Juie	0.26	143.22	1.2	58.496	0	0.74	100.25	99.99	0.51
Aout	0.26	13.47	1.2	58.496	0	0.89	9.43	9.17	0.05
Sept	2.33	105.9	1.2	58.496	0	0.95	74.13	71.80	0.37
Oct	2.84	80.91	1.2	58.496	0	0.95	56.64	53.80	0.28
Nov	2.65	47.1	1.2	58.496	0	0.95	32.97	30.32	0.16
Dec	2.08	31	1.2	58.496	0	0.89	21.70	19.62	0.10

Tableau 5 : dose d'irrigation de palmier

Mois	P_{eff} (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	K_C	ETM (mm/mois)	B_{net} (mm)	q_s (l/s/ha)
Jan	1.56	33.48	1.2	58.496	0	0.6	20.088	18.528	0.10
Fév	2.17	44.24	1.2	58.496	0	0.55	24.33	22.162	0.11
Mar	1.60	74.4	1.2	58.496	0	0.5	37.20	35.60	0.18
Avr	0.81	98.7	1.2	58.496	0	0.5	49.35	48.54	0.25
Mai	0.56	125.24	1.2	58.496	0	0.5	62.62	62.06	0.32
Juin	0.15	130.2	1.2	58.496	0	0.6	78.12	77.97	0.40
Juie	0.26	143.22	1.2	58.496	0	0.7	100.25	99.99	0.51
Aout	0.26	13.47	1.2	58.496	0	0.8	10.78	10.52	0.05
Sept	2.33	105.9	1.2	58.496	0	0.8	84.72	82.39	0.42
Oct	2.84	80.91	1.2	58.496	0	0.7	56.64	53.80	0.28
Nov	2.65	47.1	1.2	58.496	0	0.65	30.615	27.97	0.14
Dec	2.08	31	1.2	58.496	0	0.65	20.15	18.07	0.09

Tableau 6 : dose d'irrigation de pomme de terre

Mois	P_{eff} (mm)	ETP (mm)	Z (m)	$RFU_{Thé}$ (mm)	$RFU_{Réé}$ (mm)	K_C (mm)	ETM (mm)	B_{net} (mm)	q_s (l/s/ha)
Jan	1.56	33.48		0.00			0.00	0.00	0.00
Fév	2.17	44.24		0.00			0.00	0.00	0.00
Mar	1.60	74.4		0.00			0.00	0.00	0.00
Avr	0.81	98.7		0.00			0.00	0.00	0.00
Mai	0.56	125.24		0.00			0.00	0.00	0.00
Juin	0.15	130.2		0.00			0.00	0.00	0.00
Juie	0.26	143.22		0.00			0.00	0.00	0.00
Aout	0.26	13.47	0.1	4.87	0.00	0.75	10.1025	9.8425	0.05
Sept	2.33	105.9	0.2	9.75	0.00	1.1	116.49	114.16	0.59
Oct	2.84	80.91	0.3	14.62	0.00	1.2	97.092	94.252	0.48
Nov	2.65	47.1	0.35	17.06	0.00	0.8	37.68	35.03	0.18
Dec	2.08	31	0.4	19.50	0.00	0.7	21.7	19.62	0.10

IV.4- Calcul du débit spécifique

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 spécifique est défini par la formule et permet de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude :

$$q_s = \frac{B}{T \cdot t \cdot 3600 \cdot K} (l/s/ha)$$

Avec :

B : Besoin au mois de pointe net en m³/ha.

T : Temps d'irrigation par jour (26-30) j

t : Durée d'irrigation en jours (16-24) h

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation

On choisit le max des besoins pour calculer le débit spécifique

Tableau 7 : donnée les résultats de besoins net (mm) de la culture

	Janvie	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septem	Octobre	Novembre	Décembr
Olivier	21,88	28,8	35,6	53,48	74,58	84,48	99,99	9,17	71,8	53,8	30,32	19,62
Palmier	18,53	22,16	35,6	48,54	62,06	77,97	99,99	10,52	82,39	53,8	27,97	18,07
P d t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,84	114,16	94,25	35,03	19,62
Somme (mm)	40,41	50,96	71,2	102,02	136,64	162,45	199,98	29,53	268,35	201,85	93,32	57,31

Nous avons :

Besoin max mensuel = **268,35** mm/mois

$q_s = (\text{besoin max} \cdot 10 \cdot 1000) / (3600 \cdot \text{Nbre de jour} \cdot \text{Nbre heure} \cdot \text{efficience})$

Le débit spécifique calculé est très important, il est de **1,38 l/s/ha**,

$$Q_{sp} = 1,38 \text{ l/s/ha}$$

Le débit caractéristique :

$$Q_{carac} = 138 \text{ l/s}$$

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé en détail les besoins eau des cultures qui représentent la base de tout projet d'irrigation ou de la gestion des périmètres et en conclusion nous pouvons dire que :

-Le périmètre est caractérisé par une superficie de 100 ha cultivé dont les arboricultures et les maraichers occupent la plus grande partie

-Après avoir calculé les besoins en eau des cultures sur la base de la définition du bilan hydrique et ces composantes, nous avons calculé le débit spécifique et le débit caractéristique

- Le débit de forage est 143 l/s, Les débits caractéristiques estimés des eaux en irrigation pour les terres agricoles de périmètre sont 138 l/s donc le débit de forage est suffisant pour irriguer 100 ha.

Chapitre V :
Techniques d'irrigation
des cultures

Techniques d'irrigation des cultures

INTRODUCTION

Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui corresponde avec les caractéristiques de notre région

V.1- Technique d'irrigation :

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

- A) -irrigation de surface (par gravité), laisser couler l'eau à la surface, ou inonder le sol et le laisser se saturer jusqu' à une certaine profondeur (submersion, par planches, à la raie).
- B) - irrigation goutte à goutte : qui nous intéresse dans notre étude.
- C) -irrigation par aspersion : L'eau provient aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce au différents asperseurs alimentés en eau sous pression.
- D) - irrigation souterraine : élever la nappe d'eau par en dessous (dans les endroits où la nappe d'eau souterraine est peu profonde et contrôlable) de façon à ce que la rhizosphère soit humidifiée par capillarité.

A)- L'irrigation gravitaire

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé consiste la distribution de l'eau on utilisant la pente topographique

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue :

- L'irrigation par planche ;
- L'irrigation par bassin.



Figure. 01: l'irrigation gravitaire

A-1-Avantages de l'irrigation par gravité

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés ;
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau ;
- Matériel d'irrigation très réduit.

A-2- Inconvénients de l'irrigation par gravité

- Grand volume d'eau par unité de surface ;
- Déplacement des engins agricoles difficiles (à cause des rigoles) ;
- Nécessité d'une main d'œuvre importante ;
- Nécessité de planage des terres ;
- Pertes par infiltration considérables.
- L'irrigation à la raie.

B)- L'irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de

ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture (Mr Messahel Mekki, 1988). L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit. La micro irrigation (ou 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 :

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



Figure.02: Système d'irrigation localisée

Composition d'une installation goutte à goutte :

a) Point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules

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

b) L'unité de tête :

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

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

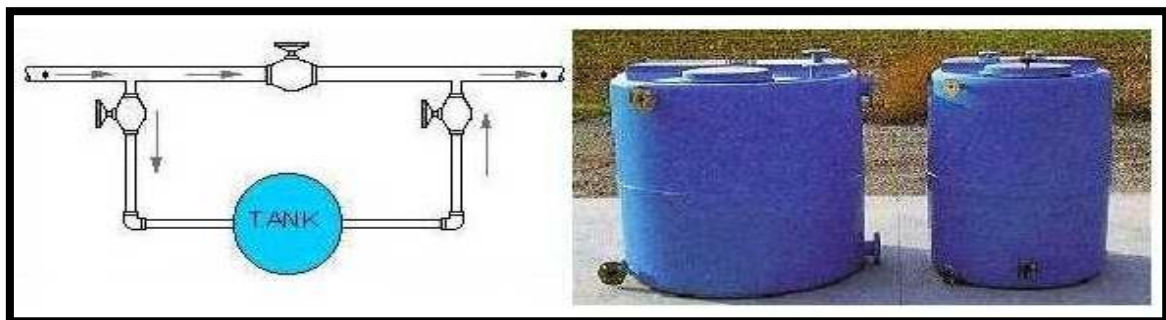


Figure.03: Dilueur d'engrais

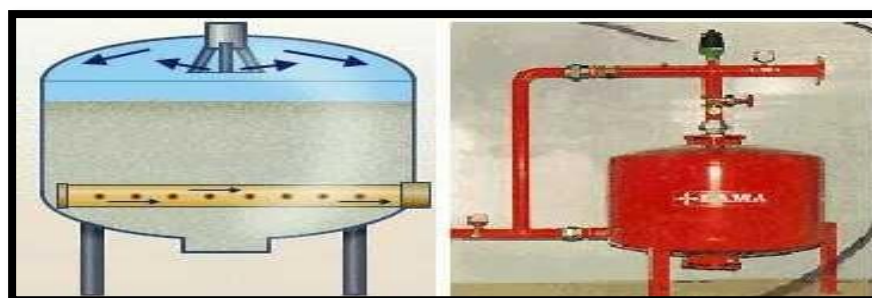


Figure.04: Filtre à gravier

●Conduites et rampes :

a) La conduite principale :

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

b) Le porte-rampes :

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

c) Les rampes :

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

d) Les distributeurs :

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

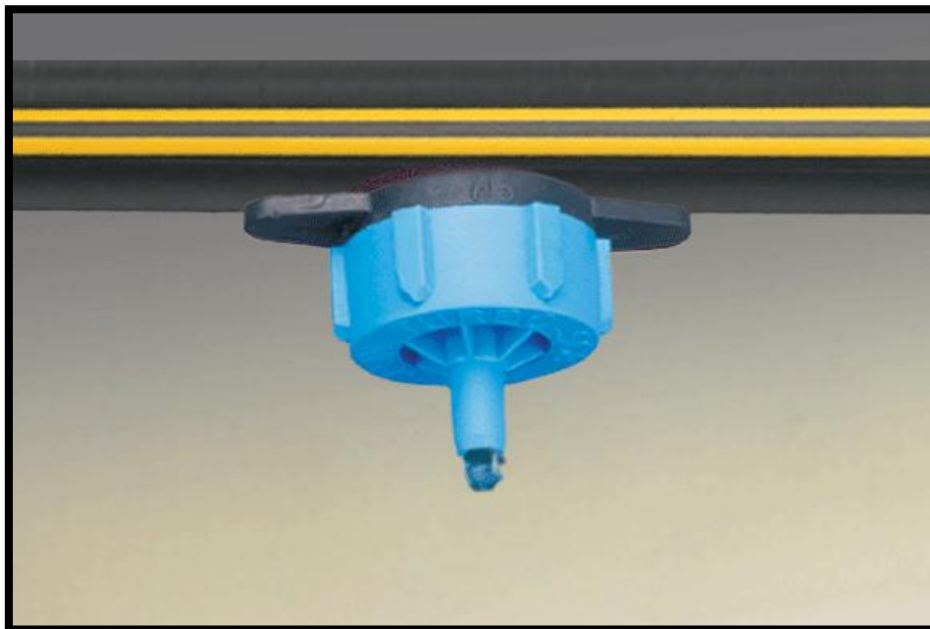


Figure.05: Goutteur

• **Différents types de distributeurs**

a) Goutteurs :

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

b) Gaine :

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

c) Tubes poreux :

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

d) Mini diffuseurs :

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

e) Qualité de l'eau :

C'est un élément essentiel dont dépendent les risques de colmatage des distributeurs. Les eaux de mauvaise qualité (trop chargées) sont généralement des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit. Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

f) Nature du sol :

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs. Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes retraites.

Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4lh conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles.

g) Nature des cultures :

Pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers, vignes, ou l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés.

Par contre, dans le cas des cultures annuelles ou les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation faisant saillie sur la rampe, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe, des gaines souples

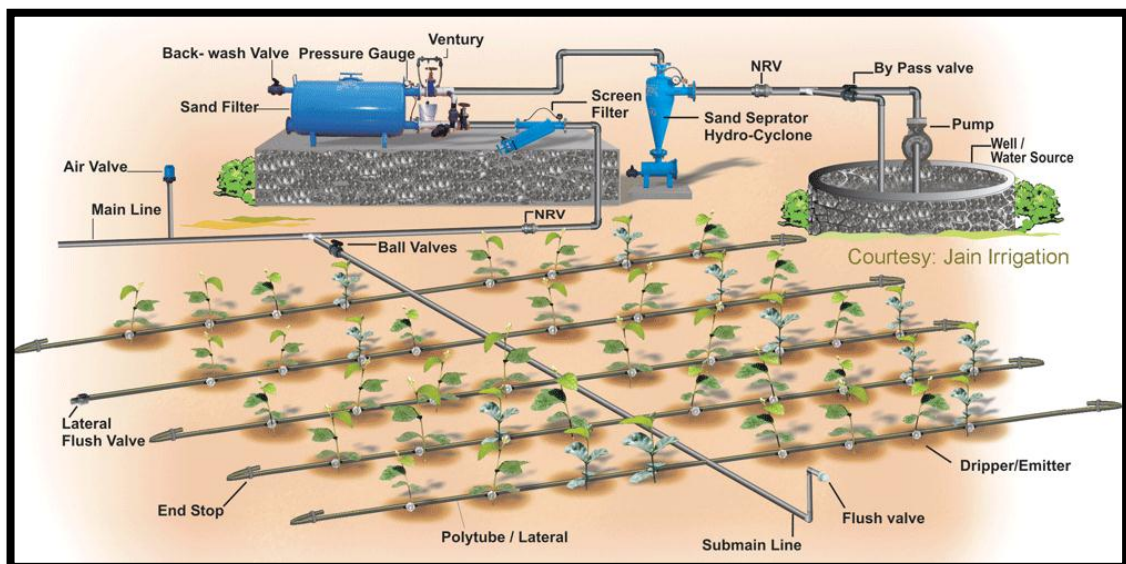


Figure.06: Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte a goutte

B-1-Avantagede l'irrigation par goutte a goutte :

- Excellent rendement des cultures ;
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- Très faibles besoins de main d'œuvre ;
- Insensibilité au vent ;
- Ne mouille pas le feuillage ce que est favorable du point de vue phytosanitaire.

B-2- Inconvénients de l'irrigation par goutte a goutte :

- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à l'éventuelle interruption des arrosages ;
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à fort valeur ajoutée.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

C)- L'irrigation par aspersion

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



Figure.07: l'irrigation par aspersion.

C-1-Avantages de l'irrigation par aspersion

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.

C-2- Inconvénients de l'irrigation par aspersion

- Coût des investissements très élevé ;
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche ;
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

D)-L'irrigation sub – surface (souterraine)

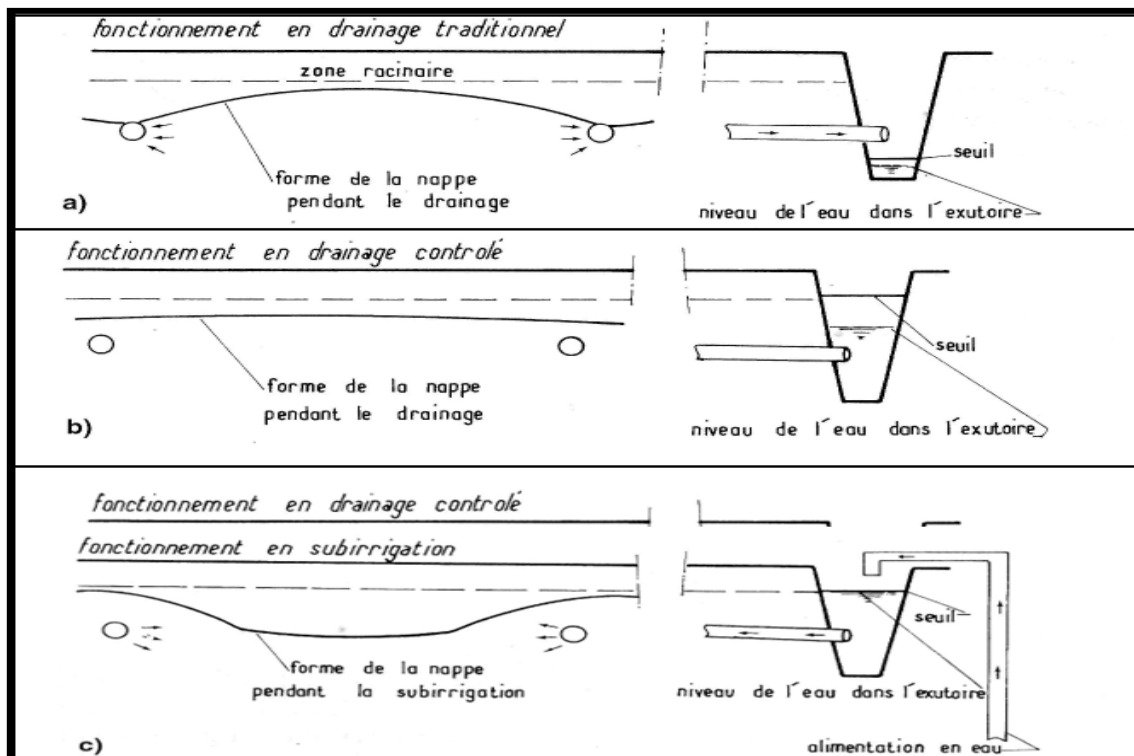
En irrigation de sub-surface, l'utilisation de l'eau se fait sous la surface du sol elle peut consister en :

- Un contrôle de la nappe au moyen d'un réseau d'assainissement qui peut fonctionner

à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation; ce réseau peut être constitué par des fossés profonds ou des drains enterrés; cette technique, qui intéresse des terrains humides relativement plats.

- La mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine par grand volum
- un sol proche des diffuseurs, récipients poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le « canari » en terre cuite; cette technique est surtout employée en cultures maraichères sur de petites surfaces.

La figure ci-dessous nous donne l'exemple d'un réseau jouant le double rôle d'irrigation en période sèche et drainage en période humide.



Source : Traité d'irrigation

Figure.08: Schéma d'un réseau jouant le double rôle de sub-irrigation et drainage

D-1 -Avantages de l'irrigation souterraine :

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

D-2- Inconvénients de l'irrigation souterraine :

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

V.2- choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- ✓ La pente du terrain à irriguer ;
- ✓ Le débit dont on dispose ;
- ✓ Nature du sol (perméabilité) ;
- ✓ Nature des cultures ;
- ✓ Facteurs économiques ;
- ✓ Rentabilité de l'opération.

Conclusion :

Lors de ce chapitre on a essayé de donner une idée globale sur les différentes techniques d'irrigation sous pression, cela en expliquant leur mode de fonctionnement, leurs champs d'utilisation, ainsi que leurs avantages et inconvénients. Cela ne nous a pas empêché de donner un bref aperçu sur les autres méthodes d'irrigation qui sont l'irrigation de surface et la sub-irrigation.

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

Chapitre VI :
Dimensionnement de
réseau d'irrigation

Dimensionnement de réseau d'irrigation

INTRODUCTION

Dans ce chapitre on va faire de dimensionnement du réseau d'irrigation localisé de la culture choisie (olivier) dans la parcelle S4, le principe c'est de voir comment répartir l'eau à l'intérieur de cette parcelle, donc il faut dimensionner tous les diamètres ainsi que les longueurs et les débits des conduites qui constituent ce réseau.

VI.1-Données générales

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée de la parcelle (S4) nécessite des données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacement entre rangs : 4 m
- ✓ **Caractéristique du goutteur :**
 - Débit nominal : 4 l/h
 - Pression nominale : 10 m. c .e
 - Espacement des goutteurs : 1 m
 - Le nombre de goutteur par arbre : 2
- ✓ **Caractéristiques des conditions climatiques :**
 - Besoins en eau de pointe= **100 mm/mois =3,23 mm/jour** (mois de juillet)
- ✓ **Caractéristiques des conditions de travail :**
 - Temps maximum journaliers de travail : 22 heures
- ✓ **Détermination des données de bases :**
 - Surface à irriguer **S₄ = 6 ,25 ha**
- ✓ **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, nous appliquons alors la notion du 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) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \dots\dots\dots(1)$$

- La formule de Freeman et Garzoli

$$:K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots\dots(2)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 1 + C_s \dots\dots\dots(3)$$

Pour notre cas, nous considérons un taux de couverture égal à 60% (pour les arbres adultes) donc :

Tableau.1-Les valeurs du coefficient de réduction par les différentes méthodes

Méthode	Keller et Karmeli	Keller et Karmeli	Decroix (CTGREF)
Kr	0.71	0.80	0.70

On prendra un coefficient **Kr = 0.70**

Donc, les besoins en eau d'irrigation localisée seront calculés par la formule suivante :

$$ETM_{loc} = ETP \cdot K_r \dots\dots\dots(4)$$

$$ETM_{loc} = 2.26mm/j$$

✓ **Besoins en eau brut :**

Pour le calcul des besoins en eau brut dans l'irrigation localisé, nous devons diviser les besoins nets par le rendement de l'irrigation à la parcelle qui est égal à 0.9

Donc : $B_{brut} = 2.51mm/j$

✓ **Dose pratique (Dose nette) :**

Elle est définie comme étant une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire, elle est donnée par l'expression suivante :

$$D_{net p} = RFU \cdot P \dots\dots\dots (5)$$

Avec :

RFU : réserve facilement utilisable ;

$$RFU = (HCC - HPF) \cdot Y \cdot Z$$

P : pourcentage de sol humidifié

D'après la texture du sol, on a : un sol sableux-limonos.

On a les caractéristiques hydriques pour une telle texture sont:

$$HCC - HPF = 8 \text{ (Annexe 2)}$$

$$Y = 2/3$$

$$Z = 1200 \text{ mm (Annexe)}$$

En prend : P = 20 % (Annexe 3)

$$D_{net p} = RFU \cdot P$$

$$RFU = RU \cdot Y, \text{ tel que } RU = 120 \text{ mm /m (Annexe 2)}$$

$$\text{Donc } RU = 120 \cdot 1,2 = 144 \text{ mm}$$

$$\text{Alors } RFU = 144 \cdot 2/3 = 96 \text{ mm}$$

$$\text{On trouve : } D_{net p} = 96 \cdot 0,2 = 19,2 \text{ mm}$$

✓ **Fréquence des arrosages :**

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{19,2}{2,26} = 8,49 \text{ jours}$$

Donc, on prend une fréquence d'arrosage de **Fr = 9 jours.**

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

✓ **La dose réelle :**

Elle est définie par l'expression suivante :

$$D_r = F_r \cdot B_j$$

Donc $D_r = 9 \cdot 2.26 = 20,34 \text{ mm}$

$$D_r = 20,34 \text{ mm}$$

✓ **La dose brute :**

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_r}{C_u \cdot \text{eff}}$$

C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$

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

$$D_{\text{brute}} = \frac{20,34}{0,9 \cdot 0,9} = 25,11 \text{ mm}$$

$$D_{\text{brute}} = 25,11 \text{ mm}$$

✓ **Durée d'arrosage par mois :**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$\theta = \frac{D_b \cdot S_a \cdot S_r}{n \cdot qg}$$

Avec :

- S_a : L'espacement des distributeurs sur le même arbre.
- S_r : L'écartement entre les rampes ;
- qg : Débit du distributeur en l/h.
- n : nbre de goutteurs sur même arbre

$$\theta = 50,22 \text{ heures/mois}$$

✓ **Durée d'arrosage journalier :**

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{50,22}{9} = 5,58 = 6 \text{ heures/jour}$$

✓ **Nombre de poste :**

Le nombre de poste est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{6} = 4 \text{ postes}$$

$$N=4 \text{ postes}$$

✓ **Surface du poste (théorique) :**

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{6,25}{4} = 1,56 \text{ ha}$$

$$S_p=1,56 \text{ ha}$$

VI.3- Calcul hydrauliques :

VI.3- 1-Conditions hydrauliques de base

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

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

La variation maximale de la pression

$q = K \times H^x$ Avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur) .

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

Avec : **q(g)** : débit nominal du goutteur ;

H(n) : pression nominale.

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

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

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

La répartition de la perte de charge est :

$$\text{Perte de charge singulière : } p.c.s = 10\% * \Delta H = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Perte de charge linéaire : } p.c.l = \Delta H - p.c.s = 2 - 0,2 = 1.8 \text{ m}$$

Répartition des pertes de charge :

$$\text{Les pertes de charge linéaire de la rampe} = 2/3 * Pcl = 1.8 * 2/3 = 1.2 \text{ m c e ;}$$

$$\text{Les pertes de charge du porte rampe} = 1/3 * Pcl = 1.8 * 1/3 = 0.6 \text{ m c e.}$$

VI.3-2-Calcul des débits :

$$Q_r = Q_g N_g / r$$

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

Avec :

Q_r : Débit de la rampe ;

Q_g : Débit de goutteur ;

N_{g/r} : Nombre des goutteurs par rampe ;

N_r : Nombre des rampes ;

Q_{pr} : Débit de porte rampe .

VI.3- 2-1-Calcul pour le poste 01: S1=1,56 ha

La longueur de la rampe : 90 m

La longueur de la porte rampe : 180 m

La longueur de la conduite secondaire : 190 m

VI.3- 2-1-1-Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 90 / 4 = 23 \text{ arbres}$$

VI.3- 2-1-2-Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 23 * 2 = 46 \text{ goutteurs}$$

VI.3-2-1-3-Le nombre des rampes par poste:

$$N_r = L_{pr} / E_r = 180 / 4 = 45 \text{ rampes}$$

VI.3-2-1-4-Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 46 * 4 = 184 \text{ l/h}$$

VI.3-2-1-5-Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 184 * 45 = 8280 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = 8280 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = 2,3 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

VI.3-3-Dimensionnement des canalisations du réseau

VI.3-3-1-Le diamètre des rampes et les portes rampe :

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes sont calculés d'après les formules suivantes :

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

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

Avec :

- Pd c (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 des portes rampe

A- Le diamètre de la rampe :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{1.2 * 2.75}{0.478 * 184^{1.75} 90} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$\varnothing r(cal) = 11,65 \text{ mm}$

Donc : $\varnothing r(nor) = 16 \text{ mm}$

• La perte de charge de la rampe :

$$J = \left(\frac{8}{2.75} \cdot 10^{-4} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75} \right) \cdot L$$

Telle que :

J : Perte de charge totale (m)

D : Diamètre de la rampe (m)

Q : Débit de la rampe (m³/s)

L : Longueur de la rampe. (m)

$$J = \left(\frac{8}{2.75} \cdot 10^{-4} \cdot (16/1000)^{-4.75} \cdot 0.000051^{1.75} \right) \cdot 90$$

$J = 0,27 \text{ m}$

Donc : $\Delta H_{cal} = 0.27 \text{ m}$

Tableau.2 : Les résultats de dimensionnement hydraulique de la rampe

Paramètres	Lr	N _g	Qr	Hl(m)	Dcal	Dn	Pdc
------------	----	----------------	----	-------	------	----	-----

Calculées	(m)		(l/h)		(mm)	(mm)	(m)
Résultats	90	46	184	1.2	11,65	16	0.27

La valeur de la perte de charge calculée est inférieure à 1.2 m c e

B- le diamètre de la porte rampe :

On applique la relation suivante :

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

$$\phi_{pr(cal)} = \left[\frac{0.6 * 2.75}{0.478 * 8280^{1.75} 180} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\phi_{pr(cal)} = 63,16 \text{ mm}$$

Donc : $\phi_{pr(nor)} = 75 \text{ mm}$

2-La perte de charge de la porte rampe :

$$J = \left(\frac{8}{2.75} \cdot 10^{-4} \cdot (75/1000)^{-4.75} \cdot 0.0023^{1.75} \right) \cdot 180$$

$$J = 0.28 \text{ m}$$

Donc : $\Delta H_{cal} = 0.28$

Tableau.3:Les résultats de dimensionnement hydraulique de porte rampe

Paramètres	Lpr (m)	Qpr	Hl(m)	Dcal	Dn	Pdc (m)
Calculées		(l/h)		(mm)	(mm)	
Résultats	180	8280	0.6	63,16	75	0.28

VI.3-3-2-Débit de la conduite secondaire :

1-Le débit :

$$Q_{cs}=Q_{pr} * 4= 8280*4 = 33120 \text{ l/h}$$

$$Q_{cs}=0,0092 \text{ m}^3 /s$$

2- Le diamètre :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ **1.25** m/s tel que :

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{cs}}{\pi V}}$$

Avec : Q_{cs} : débit de la conduite d'approche. (m³/s)

V : vitesse d'écoulement (m/s).

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0092}{\pi \cdot 1.25}} = 96,83 \text{ mm}$$

$$D_{cal}=100 \text{ mm}$$

3 -La perte de charge :

$$J = \left(\frac{8}{2.75} \cdot 10^{-4} \cdot (100/1000)^{-4.75} \cdot 0.0092^{1.75}\right) 190$$

$$J=0,85$$

Donc : $\Delta H_{cal}=0,85 \text{ m}$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau.4: Caractéristique de la conduite secondaire

Paramètre	Surface	L(m)	Q	V (m/s)	section	Dcal	Dn	hcal
Calculées	ha		(m ³ /s)		(m ²)	(mm)	(mm)	(m)

Résultas	6,25	190	0,0092	1.25	0,0073	88,39	90	0,85
----------	------	-----	--------	------	--------	-------	----	------

VI.4-Calcul des dimensions du bassin :

$$V_B = Q_{cp} * T$$

Donc :

Q_{cp} : débit de la conduit principal

T : on a T=6h

$$\text{Donc : } V_B = 496800 * 6$$

$$V_B = 2980800 \text{ l}$$

$$\text{Alors : } V_B = 2980,8 \text{ m}^3$$

Le bassin est rectangulaire à ciel ouvert. On fixe une hauteur variant entre 2 à 5m.

Pour notre cas nous prenons la hauteur égale à 4 m. La surface du bassin d'irrigation est donnée par :

$$V = S * h \text{ et } S = L * B$$

B : la largeur du bassin

L : la longueur du bassin

$$\text{La largeur est déterminée par : } B = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

$$\text{La longueur est donnée par : } L = S / B$$

$$\text{On a : } h = 4 \text{ m donc } S = 745,2 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{745,2}{2}} = 19,30 \text{ m, on prend : } B = 19,30 \text{ m}$$

$$L = \frac{745,2}{19,30} = 38,61 \text{ m, on prend } L = 39 \text{ m.}$$

Donc : dimension du bassin en m (**L=39, b=19,30, h=4**)

VI.5-Dimensionnement de la conduite principale :

La vitesse de l'eau devra être inférieure à 1.5m/s

Le cas le plus défavorable $v=1.5m/s$.

Avec $Q_{car} = 138 \text{ l/s} = 0,138 \text{ m}^3/\text{s}$

$L=1751\text{m}$

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{0,138}{1.5} = 0,092\text{m}^2$$

$$D_{cal} = \sqrt{\left(\frac{4 * S}{\Pi}\right)} = 0,342\text{m}$$

On prend $D_n=400 \text{ mm}$

VI.5-1-Vérification de la vitesse :

$$v = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots(6)$$

- S : surface de la conduite en m^2 .
- Q : le débit dans la conduite en m^3/s .

A N)

$$V = \frac{0,138 \times 4}{3.14 \times 0.4^2} = 1,1\text{m/s} \in (0.8-1.2) \text{ .acceptable.}$$

VI.5-2-Vérification avec Epanet :

1-Des vitesses :

Tableau.5: Vérification des vitesses

État des Arcs du Réseau					
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Pert .Charge Unit.
ID Arc	M	Mm	M3 /H	m/s	m/km
Bass-B ₁	417	400	535,05	1,18	2,86

B ₁ -B ₂	220	400	397,05	0,88	1,62
B ₂ -B ₃	167	400	269,25	0,6	0,77
B ₃ -B ₄	296	160	163,52	1,26	30,6
B ₄ -B ₅	325	250	75,37	0,73	0,74
B ₅ -B ₆	326	160	24,18	0,53	0,81

2-Des pressions : Tableau.6: Vérification des pressions

État des Nœuds du Réseau				
	Altitude	Demande Base	Charge	Pression
ID Nœud	M	l/s	M	M
Nœud 1	120	138	128,67	10,67
2Nœud 2	117	127,8	128,31	11,31
Nœud 3	110	105,73	128,18	18,18
Nœud 4	102	88,15	119,12	17,12
Nœud 5	98	51,19	118,88	20,88
Nœud 6	94	24,18	118,62	24,62
BASSIN	127	Sans Valeur	129	2

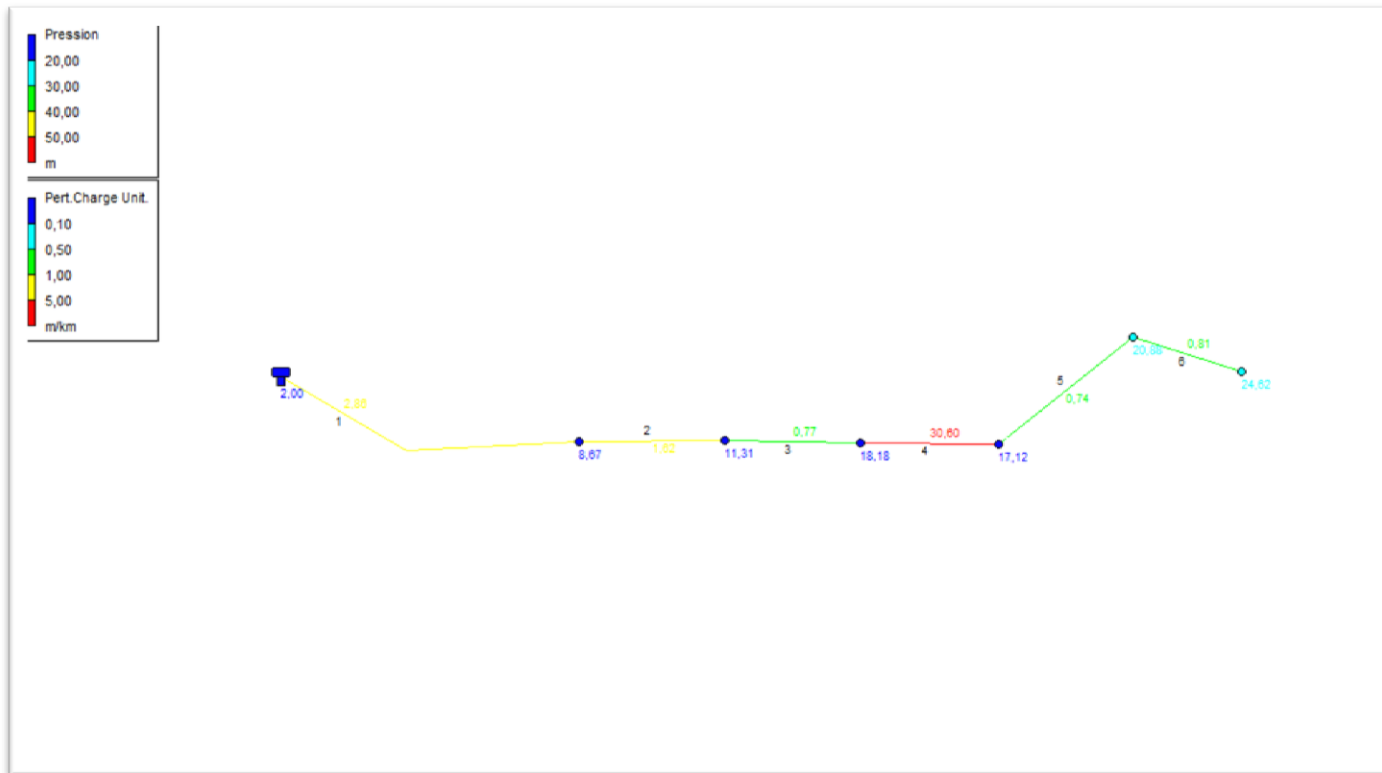


Figure.1: Schéma de la conduite principale (Epanet)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement des différentes parties du réseau localisé, à savoir : le goutteur, la rampe, le porte-rampe, la conduite secondaire, le bassin et la conduite principale.

Chapitre VII :
Calcul technico
économique

Calcul technico économique

INTRODUCTION

Dans cette partie nous allons faire une estimation sommaire du projet pour avoir une idée générale sur le coût de réalisation d'un tel projet.

VII.1- Dépense du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant :

Pièces	Prix unitaire (DA /ml) TTC	matériaux	Quantité	Fourniture (DA)	Coût total après majoration (DA)
Coude Ø400/90°	82909 ,50	SDR17 PN10	2	165819	232146,6
Coude Ø90/90°	2219 ,34	SDR11 PN16	2	4438,68	6214,15
Filtre à Disque PP 3	19679,96	Horizontal complet à2chambres	1	19679,96	27551,944
Vanne e pour Filtre PP 3''	528,26	En Bronze Diamètre 32	1	528,26	361,564
Vannes	2663		7	18641	26097,4
Total				209106,9	292749, 66

VII.2-Factures pro-forma des conduites et le bassin

VII.2-1-Calcul du volume de terrassement

VII.2-1-1-1a Largeur du fond de la tranchée

La pose en terre des conduites s'effectue dans une tranchée dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B=D+2 \times 0,3 \dots\dots\dots(1)$$

Avec : B : largeur de tranché (m)

D : diamètre de la conduite (m)

VII.2-1-2-profondeur de la tranchée

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

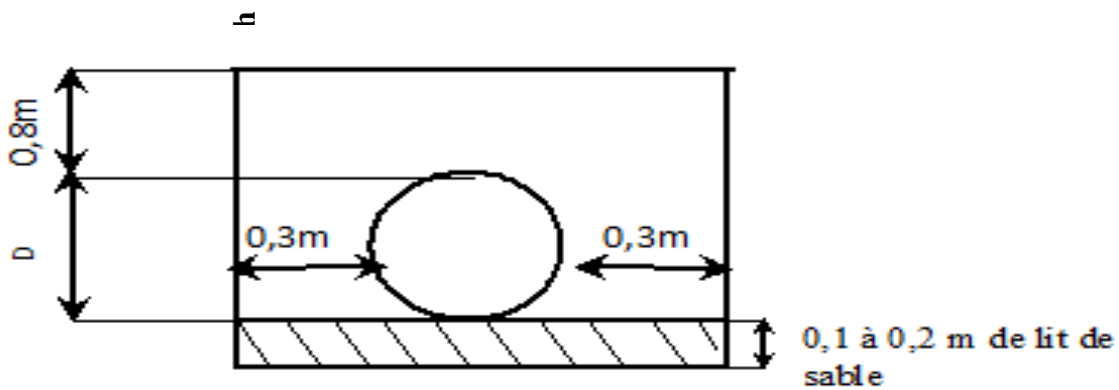


Figure.1: Coupe transversale de la Pose de Conduite.

$H= e + d + h$ (m) Avec H : profondeur de la tranchée (m). e : hauteur de lit de pose (m). d : diamètre de la conduite (m).

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

VII-2-2-les conduites

VII-2-2-1-Calcul du volume de déblai

La section de tranché est la section de rectangle. $S=B*H$ telle que : B la largeur de tranché.

Donc : $B=2*0,3+ \emptyset$

$\dots\dots\dots(2)$

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

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

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

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm 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.

$$V = e * B * L \dots \dots \dots (3)$$

VII-2-2-3- 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.

$$V_r = V_d - (V + V_s) \dots \dots \dots (4)$$

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) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Les volumes des travaux pour les conduites sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau.2 : Les volumes des travaux pour les conduites

Tronçon	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Volume de Déblai (m^3)	Volume de lit (m^3)	Volume de remblai (m^3)
Bassin-B1	400	417	1804,8	180,48	1435,41
B1-B2	400	220	402,48	40,25	320,10
B2-B3	400	167	332,75	35,81	271,53
B3-B4	160	296	240,27	25,86	288,54
B4-B5	250	325	183,59	20,98	152,51
B5-B6	160	326	197,79	22,60	164,31

Total			3507,19	368,28	2924,01
-------	--	--	---------	--------	---------

VII-3-: Devis estimatif pour les terrassements, et le bassin

Tableau.3 : Factures pro-forma terrassement, bassin

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m ³	3507,19	300	1052157
2) lit de sable	m ³	368,28	800	294624
3) remblaiement de tranchée	m ³	2924,01	200	584802
Bassin				
	m ³	2980,8	20000	59616000
Total				61547583

VII-5-Devis estimatif total

D=total 1+total 2 = 61840334, 66 DA

Conclusion

D'après le coût de la projection de notre réseaux de distribution et le réseau gout a gout on remarque que l'estimation du réseau de distribution est très élevée, cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important, malgré cette élévation du cout ,le projet va apporter l'économie sur l'énergie électrique ,puisque les agriculteurs sont pas obliger de payer les factures d'électricité de moment que leur champ agricole reçoit l'eau seulement par gravité.

- Prix pour les conduites en PEHD

Conclusion général

Conclusion général

Les ressources hydriques de la zone d'Ouargla y compris la région de N'Goussa sont représentées essentiellement par la nappe complexe terminal qui alimente en eau toutes les oasis à travers les forages.

La zone d'Ouargla est par ailleurs l'une des zones à moyenne potentialité agricole. Ainsi l'apport d'eau est indispensable à l'exploitation agricole des sols sableux –limoneux caractérisant notre zone d'étude.

Pour la réussite du projet agricole, nous devons tenir compte de l'utilisation rationnelle des eaux par la plante.

L'objectif de notre présent travail est l'introduction de la technique d'irrigation (goutte à goutte) dans le but de l'économie d'eau, facteur le plus essentiel dans une telle étude.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat (Etage bioclimatique : saharien, Sous étage : hiver chaud), et l'analyse du sol nous a donné un sol sableux-limoneux.

D'après les valeurs de la conductivité électrique et de la SAR, les eaux du complexe terminal appartiennent à la classe C4 S2

D'après les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques et agro pédologiques (olivier, palmier, pomme de terre).

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

D'après l'analyse des conditions naturelle de notre périmètre et les cultures nous avons opté pour un réseau d'irrigation goutte-à-goutte, qui est caractérisé par son économie en eau; donnant de faibles quantités d'eau pendant plusieurs jours. Le goutte-à-goutte implique un réseau dense de conduite de faible diamètre sur lesquelles sont montés des dispositifs calibrés capables de réduire la pression.

Après dimensionné des différentes parties du réseau localisé, à savoir : le goutteur, la rampe, le porte –rampe, la conduite secondaire, le bassin et la conduite principale.

Et comme tous les projets on a fait un calcul technico-économique d'après le coût de la projection de réseaux de distribution et le réseau localisé on remarque que l'estimation du réseau de distribution est très élevée, cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CLEMENT, R.GALAND, A. (1979) CROPWAT, Un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation. Irrigation par aspersion et réseau collectifs de Distribution sous pression.

RIEUL, L. (1997) Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. In : D u pu y B. (ed.). Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Bari : CIHEAM, (Option s Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéen s; n. 31). **P 233-251**

AZOUGGAGH, M. (2001) Bulletin mensuel d'information et de liaison de pnntta (transfert de technologie en agriculture) : N81/juin.

Rabat. **P 6. TIERCELIN, J.R. (2006) Traité** d'irrigation .**P 1266.**

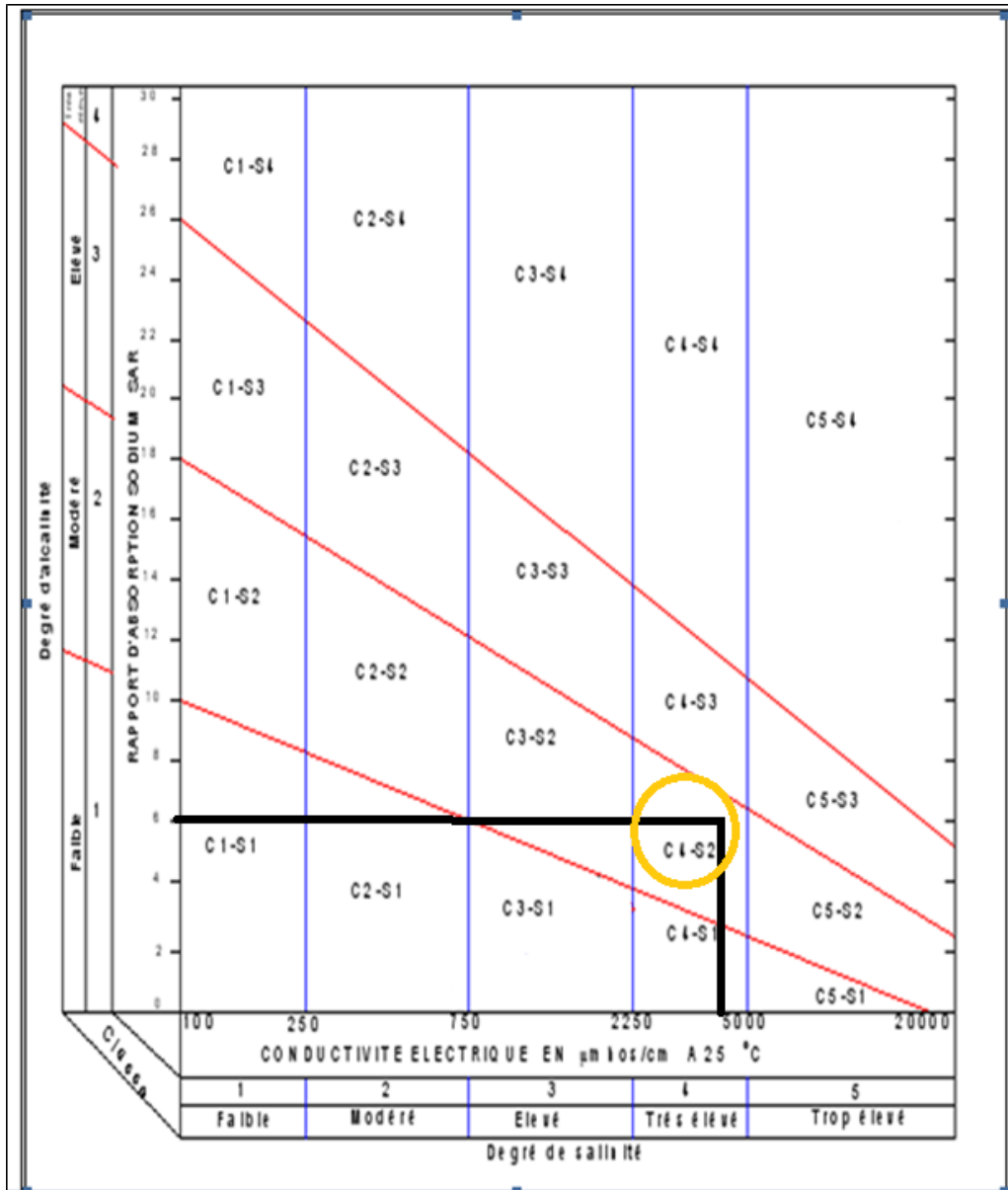
Morin, N. (2011) Agronome, Maîtrise en science du gazon LA QUALITÉ DE L'EAU D'IRRIGATION : UN FACTEUR À NE PAS NÉGLIGER.P4

ANNEXES

ANNEXE 1

Diagramme de classification des eaux d'irrigation

ANNEXE 1



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-HPP	
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 _i 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

Guide d'estimation du pourcentage du sol humidifiée (P)

ANNEXE 4

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
Maïs 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
Maïs 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
Tourne-sol	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 sans sarclage						0.65-0.75 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 5

GAMME DE PRIX TUBES PEHD EAU

UNITE TUBE

GAMME DE PRIX TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

(Prix Valable à compter du : 01 AVRIL 2010)
Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
13003	Ø25	-	36,28	42,45
13006	Ø32	-	48,36	58,57
13009	Ø40	2.0	64,6	75,58
13012	Ø50	2.4	98,25	114,95
13015	Ø63	3.0	160,25	187,49
13018	Ø75	3.6	225,21	263,48
13022	Ø90	4.3	298,03	346,35
13025	Ø110	4.0	357,86	418,70
13040	Ø125	-	473,08	553,50
13030	Ø160	5.8	770,85	901,89
13044	Ø200	7.2	1 163,39	1 361,17
13056	Ø250	9.1	1 850,00	2 281,5
13042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6
13039	Ø400	14.5	6 134,24	6 007,08
13061	Ø500	19.1	6 938,13	8 117,61
13052	Ø630	24.1	12 682,50	14 838,53

TUBES PEHD : PN 10				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513000	Ø20	-	29,07	34,01
P3513004	Ø25	2.5	36,28	44,79
P3513007	Ø32	2.5	58,48	64,81
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40
P3513013	Ø50	3.7	135,28	158,25
P3513016	Ø63	4.7	209,69	245,34
P3513019	Ø75	5.6	300,60	351,59
P3513023	Ø90	5.4	359,09	420,14
P3513026	Ø110	6.6	540,50	632,39
P3513028	Ø125	7.4	680,13	772,35
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 336,43
P3513033	Ø200	11.9	1 650,84	1 931,48
P3513035	Ø250	14.8	2 595,00	3 036,15
P3513041	Ø315	18.7	4 093,57	4 788,47
P3513038	Ø400	23.7	6 898,74	7 837,53
P3513049	Ø500	29.7	10 152,81	11 878,44
P3513048	Ø630	37.4	16 738,79	18 414,38

TUBES PEHD : PN 16				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
1301	Ø20	2.3	32,18	37,88
1303	Ø25	2.8	50,88	59,48
1305	Ø32	3.6	78,51	91,88
1307	Ø40	4.5	120,95	141,51
1309	Ø50	5.6	188,28	220,29
1311	Ø63	7.1	297,95	348,60
1313	Ø75	8.4	407,8	477,13
1315	Ø90	8.2	510,71	597,53
1317	Ø110	10.0	757,19	885,91
1319	Ø125	11.4	957,80	1 132,44
1321	Ø160	14.6	1 660,00	1 828,20
1323	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24
1325	Ø250	22.7	3 815,00	4 463,56
1327	Ø315	28.6	6 850,00	8 044,50
1329	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40
1331	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,87
1333	Ø630	57.2	23 123,50	27 054,50

TUBES PEHD : PN 20				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513101	Ø20	2.3	38,01	44,47
P3513102	Ø25	3.0	63,28	62,38
P3513103	Ø32	3.6	82,22	96,20
P3513104	Ø40	4.5	128,15	149,94
P3513105	Ø50	5.6	200,7	234,82
P3513106	Ø63	7.1	338,73	396,31
P3513107	Ø75	8.4	447,35	523,40
P3513108	Ø90	10.1	627,09	733,70
P3513109	Ø110	12.3	948,86	1 110,17
P3513110	Ø125	14.0	1 202,75	1 407,22
P3513111	Ø160	17.9	1 947,69	2 278,68
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 652,39
P3513113	Ø250	27.9	4 848,33	5 670,21
P3513114	Ø315	35.2	7 588,88	8 875,48
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74
P3513034	Ø500	55.8	19 063,81	22 304,66
	Ø630			

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Conteneurs (Rocreaux) de 100 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm au 630 mm sont des tubes de 05 ML.

SARL K-PLAST
Transformation de Plastiques

