



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALESUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU D'IRRIGATION
DU PÉRIMÈTRE DRAA EL-MIZAN-SECTEUR OUEST
(WILAYA TIZI-OUZOU) D'UNE SUPERFICIE DE
100 ha A PARTIR DU BARRAGE OUED KSARI N°04**

Présenté par :

M^r BENAMARA MUSTAPHA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r T.KHETTAL	MC.A	Président
M^{me} O.AZIEZ	MA.A	Examinatrice
M^{me} D.DJODAR	MA.A	Examinatrice
M^r D.KOLIAI	Ing en chef	Examineur
M^{me} S.LEULMI	MA.A	Examinatrice
M^r S.YAHIAOUI	Magistère	Promoteur

Septembre-2013



Dédicaces

Je dédie Ce Travail...

✓ À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

✓ A MES CHERS ET ADORABLE FRERES ET SOEURS

*EL'HADI ET ÇA FIANÇAILLE WARDA, SOFIENE ET ÇA FIANÇAILLE NACIRA, YAZID, LIELA ET SON FIANÇAIT **Abdallah**.*

✓ À MA CHER TANTE LEUR EPOU ET CES FILS

✓ A MES CHERS COUSINS COUSINES.

✓ À TOUTES LES PERSONNES QUI ON PARTICIPÉ
AL'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL.

✓ À TOUS CEUX QUE J'AI OMIS DE CITER.

B .MUSTAPHA



Remerciements

*J'adresse en premier lieu ma reconnaissance à notre **DIEU** tout puissant, de m'avoir, donné le courage et la volonté pour mener à bien ce travail. Car sans lui rien n'est possible.*

*Au terme de cette étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à M^S **YAHIAUI, S** (mon promoteur) de m'avoir fait bénéficier de ses compétences, ses qualités humaines et de sa disponibilité non seulement pour la réalisation de ce mémoire mais aussi durant tout le parcours de ma formation.*

*J'adresse mes sincères remerciements à **tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes** qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions.*

*Je tiens à remercier **le président et les membres du jury** qui me feront l'honneur de juger mon travail.*

*Je remercie **mes très chers parents**, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier »*

*Enfin, je remercie tous **mes Ami(e)s de l'ensh et de riquet** et tous les **anciens***

Pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude

B.mustapha



ملخص

التراجع في كمية الموارد المائية المسجلة خلال السنوات الاخيرة اثرت بشكل سلبي على المجال الفلاحي و التي خفضت الي حد كبير المحصول النباتي

منطقة ذراع الميزان المتواجدة بولاية تيزي وزو تعاني بدورها من هذه المشكلة و لهذا نقترح في هذه الدراسة حساب سعة شبكة السقي بالتقطير لمحيط ذراع الميزان القطاع الغربي لمساحة تقدر ب100 هكتار من سد واد قصري رقم 4

Résumé

La régression en termes de quantités de ressources en eau enregistrée au cours de ces dernières années a affecté le secteur agricole, ce qui fait diminuer considérablement le rendement des cultures.

La région de Draa El-Mizane souffre à son tour souffre de ce problème. C'est la raison pour laquelle nous proposons dans le cadre de cette étude de dimensionner le réseau d'irrigation en goutte à goutte du périmètre Draa El-Mizane secteur Ouest d'une superficie de 100 ha à partir du barrage oued Ksari N 04.

Abstract

The regression in terms of quantities of resources in water recorded during these last years affected the agricultural sector, what makes decrease the output of the cultures considerably.

The region of Draa El-Mizane suffers on its turn endures this problem. It is the reason for which we propose in the setting of this survey to proportion the network of



Sommaire

	Page
Introduction générale	
<u>Chapitre I</u> : Analyse de conditions naturelles	
Introduction	1
I. Situation géographique	1
I.2. Situation climatologique	2
I.2. 1-La température	2
I.2.2.Le vent	3
I.2. 3. Humidité relative	4
I.2.4. Evaporation	4
I.2. 5. Nébulosité	5
I.2.6.Insolation	6
I.2.7.Précipitation	6
I.2. 8.Indice climatique	6
I.2. 8.1. Indice d'aridité De Martonne	6
I.2. 8.2.Quotient pluviométrique d'Emberger	7
I.2. 8.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen	9
I.3. Les ressources et Composition chimique de l'eau d'irrigation de la zone d'étude	10
I.3. 1.Les ressources en eaux	10
I.3. 2.Composition chimique de l'eau d'irrigation de la zone d'étude	10
I.4. Classification des eaux d'irrigation	10
I.4. 1.Classification mondiale (F.A.O)	10
I.4. 2.Classification américaine	11
➤ Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	11
➤ Pour la conductivité électrique C.E	11
Conclusion	12
I.5.Géologie	13
I.6.Etude pédologique	13
I.6.1.Les sols et les profils de description	13
I.6.2.Les profils de description	15
I.7.L'aptitude culturale des sols	16
I.8. La perméabilité en surface	20



Sommaire

I.9. Réseau hydrographique	22
Conclusion	22
Chapitre II : problématique et choix de la technique d'irrigation	
Introduction	23
II-1- Les techniques d'irrigation.....	23
II-1-1-Irrigation sous pression.....	23
A. L'irrigation localisée.....	23
A.1. Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....	24
A.2. Avantages	25
A.3. Désavantages	26
B. l'irrigation par aspersion.....	26
B.1. Avantages.....	27
B.2. Désavantages.....	27
II.2. L'irrigation gravitaire.....	28
II.2.1. Irrigation à la raie	28
II.2.2. Irrigation en planches	28
II.2.3. Irrigation par bassins.....	28
II.2.A. Les avantage.....	29
II.2.B. Les inconvénients	29
II.3. Choix de la technique.....	30
II.3.1. Les contraintes naturelles.....	30
a) L'évaporation.....	30
b) le vent	31
d) La pente.....	31
e) La ressource en eau.....	31
c) Type de sol.....	31
e.1. La disponibilité de l'eau.....	31
e.2. La qualité de l'eau.....	31
II.3.2. Les contraintes techniques.....	32
II.3.3. Contraintes agronomiques	32
a) Cultures pérennes	32
b) Cultures saisonnières	32



Sommaire

c) Conclusion	33
II-4-Problématique	33
Chapitre III : calcul des besoins en eau des cultures	
Introduction.....	34
III.1.Données disponibles	34
III.2.Analyse des données	34
III.2.1.Homogénéisation	34
III.2.2.Etude fréquentielle des pluies annuelles	36
III.2.2.1.Ajustement a la loi de Gauss	36
III.2.2.2.Ajustement à une loi Log-normale.....	39
III.3.détermination de l'année de calcul	41
III.4.Calcul des Besoins en eau	42
III.4.1.Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration.....	42
III.4.2.Calcul de l'évapotranspiration réelle	43
III.4.3.La pluie efficace	43
III.4.4.Calcul du bilan hydrique pour les différentes cultures	44
III.5.Besoins en eau des cultures en irrigation localisée.....	46
III.5.1.Besoins mensuels nette des deux cultures.....	46
III.5.2.Besoins d'irrigation bruts des deux cultures.....	47
III- 6-Calcul des débits à transiter par le réseau.....	48
Conclusion	49
Chapitre IV : dimensionnement du réseau d'irrigation	
Introduction.....	50
IV-Projection du réseau d'irrigation localisée.....	50
IV-1-La dose pratique.....	50
IV-2-dose réelle nette	50
IV-3- Fréquence d'arrosage	50
IV-4-Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	51
IV-4-1- Généralités	51
IV-4-2-le régime d'irrigation.....	51
IV-4-2-1 Besoins en eau journaliers max	52
IV-4-2-2 Temps maximum de travail	52



Sommaire

IV-4-2-3- Dose fictive apportée.....	52
IV-4-2-4-Durée de l'arrosage	52
IV-4-2-5-Nombre de postes.....	52
IV-4-2-6-Surface d'un poste.....	52
IV-4-2-7- Surface correspondante à une rampe.....	53
IV-4-2-8- Nombre de rampes par postes.....	53
IV-5-Calcul hydraulique	53
IV-5-1- Le débit	53
IV-5-2- Diamètre	53
IV-5-3- Perte de charge	54
IV-5-4- Conditions hydrauliques.....	54
IV-6- Dimensionnement des différentes parties du réseau.....	55
IV-6-1- Les rampes.....	55
IV-6-2- Les porte-rampes (alimentation sur le côté)	55
IV-6-3- Conduite d'approche	55
IV-7- Dimensionnement de la station de pompage	56
Introduction	56
IV-7-1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage.....	56
IV-7- 2 Détermination de la hauteur d'élévation calculée	57
IV-7-3 Type de bâtiment de la station.....	57
IV-7-3 -1 Dimensions de la bache	58
a) volume de la bache	58
b) surface de la bache	59
c) Longueur et largeur de la bache	59
IV-7-3 -2-Choix du nombre pompes à axe horizontal multicellulaires.....	60
IV-7-3 -3-choix du nombre de pompes de secours.....	62
IV-7-3 -4 Choix du moteur électrique	63.
IV- 9 Détermination du diamètre économique de refoulement	64
IV-10 Calcul des pertes de charge.....	64
IV-11-Dimensionnement du réservoir de stockage	66
Conclusion	67



Sommaire

Chapitre V : Calcul technico-économique

Introduction.....	68
V.1. Devis de réseau d'irrigation localisée.....	68
V.2.Factures pro-forma de station de pompage, conduite principal et réservoir	68
V.2.1.Calcul du volume de terrassement	68
V.2.1.b. profondeur de la tranchée	68
V.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée	69
V.2.2.la conduite principale	69
V.2.2.a. Calcul du volume de déblai	69
V.2.2.b. Calcul du volume de lit de sable	70
V.2.2.c. Calcul du volume de remblai	69
V.2.3. Devis estimatif pour le terrassement, la station et le réservoir.....	71
V.2.4.Devis estimatif total.....	71
Conclusion.....	71

Chapitre VI : Organisation de chantier

Introduction	72
VI.I. Les actions reçues par les conduites	72
VI.2 Pose de canalisation.....	73
VI.2.1. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire.....	73
VI.2.2. Pose de canalisation dans un mauvais terrain	73
✓ Cas d'un terrain peu consistant.....	73
✓ Cas d'un terrain agressif.....	73
VI.2.3. Pose de canalisation en galerie	74
VI.2.4.1 Traversée d'une rivière.....	74
VI.3 Exécution des travaux	75
VI.3.1 Vérifications et manutentions des canalisations	75
VI.4.Maintenance des ouvrages et équipements	75
VI.4.1Maintenance des premiers niveaux.....	75
VI.4.2.Maintenance spécialisée.....	76
Précautions	76



LISTE DES TABLEAUX

page

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes (1989-2012).....	2
Tableau I.2: Vitesse moyenne des vents dans la station Draa El Mizan (1989-2012).....	3
Tableau I.3 : Répartition mensuelle de l'humidité relative en % (1989– 2012).....	4
Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm (1989- 2012).....	5
Tableau I.5 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité (1989- 2012)	5
Tableau I.6 : Insolations moyennes journalières (1989- 2012)	6
Tableau I.7: Précipitations moyennes mensuelles (1980 – 2011)	6
Tableau I.8. Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne.....	7
Tableau I.9: composition chimique des eaux superficielles.....	10
Tableau I.10: Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	11
Tableau I.11: les classes des sols de la région d'étude.....	15
Tableau I.12: Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 36.....	18
Tableau I.13: Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 146.....	20
Tableau I.14 : Caractéristiques physiques des sols (selon Israesen-Hansen, 1962).....	21

Chapitre III : calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III.1. Caractéristiques de la station pluviométrique.....	34
Tableau III.2.Résultat du test de Wilcoxon appliqués à la station de Draa-El-mizan.....	35
Tableau III.3. Les résultats de calcul sont	37
Tableau III.4: les résultats de calcul sont	39
Tableau III.5. Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	41
Tableau III.6. L'Année de calcul.....	41
Tableau III.7. Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode De Penmann- Montheih, exprimée en mm/jour.....	43
Tableau III.8.Précipitation efficace dans la zone d'étude.....	44
Tableau III.9. Calcul du bilan hydrique pour l'olivier	45
Tableau III.10.Calcul du bilan hydrique pour les pêcheurs	46
Tableau III.11 paramètres des cultures envisagées.....	47
Tableau III.12 tableau de la répartition des besoins nets des deux cultures mm/mois.....	47
Tableau III.13. Paramètre des cultures envisagées	47
Tableau III.14.Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois.....	48

Chapitre IV : dimensionnement du réseau d'irrigation

Tableau IV-1: calcul des paramètres.....	51
--	----



Tableau IV-2: données générales.....	51
Tableau IV-3:les paramètres du régime d'irrigation.....	53
Tableau IV-4: calcul de D_{cal} de la rampe.....	55
Tableau IV-5: calcul de D_{cal} du porte-rampe.....	55
Tableau IV-6: Caractéristiques hydrauliques des équipements goutte à goutte	56
Tableau IV-7 : caractéristiques de la conduite principale d'adduction.....	56
Tableau IV -8: Dimensions de la bache d'aspiration.....	59
Tableau IV-9: Choix de la variante pour le nombre de pompes.....	62
Tableau IV -10 : les frais d'exploitation.....	66
Tableau IV-11 : les dimensions du réservoir de stockage.....	67

Chapitre V:Calcul technico-économique

Tableau V.1. Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation.....	68
Tableau V.2: calcul du volume de déblai	70
Tableau V.3.calcul du volume de sable	70
Tableau V.4 .Calcul du volume de remblai.....	70
Tableau V.5.Factures pro-forma terrassement, station de pompage et le réservoir...71	



Liste des planches

- Planche N°01 Plan de situation
- Planche N°01 plan du périmètre d'irrigation type
- Planche N°03 Profil en long de la conduite Principale
- Planche N°04 plan du réseau projeté



LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : plan de situation.....	1
Figure I.2: Variation de la température mensuelle minimale, maximale et moyenne.....	3
Figure I.3: Variation de la vitesse moyenne du vent.....	4
Figure I.4: Diagramme bioclimatique.....	8
Figure I.5: Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	9
Figure I.6 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	13

Chapitre II : problématique et choix de la technique d'irrigation

Fig. II.1: Irrigation localisée.....	24
Fig. II.2 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....	25
Fig. II.3 : L'irrigation par aspersion.....	26
Fig. II.4 : Arroseur automoteur.....	27
Fig. II.5. l'irrigation gravitaire.....	29

Chapitre III : calcul des besoins en eau des cultures

Figure III.1 : L'ajustement à une loi Normale	38
Figure III.2: L'ajustement à une loi Normale	40

Chapitre V: Calcul technico-économique

Figure V.1 : Schéma d'une tranchée.....	69
---	----

Chapitre VI : Organisation de chantier

Figure VI.1: Pose de canalisation en galerie	74
Figure VI.2: traversée d'une rivière.....	75



INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays méditerranéens, l'eau disponible pour l'agriculteur est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

Notre pays a connu et connaîtra des désavantages de longue période de sécheresse, en particulier dans les régions à climat semi aride ou la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie, de ce fait l'agriculture est désormais confrontée à une irrigation mal conduite qui présente un risque de causer de fortes pertes d'eau ainsi que le lessivage des principaux éléments nutritifs du sol qui peut réduire sa productivité.

Le périmètre de Draa El-Mizane situé dans la wilaya de Tizi-Ouzou n'est pas épargné par ce problème qui nassériste la mobilisation de la ressource en eau ainsi qu'une bonne gestion de celle-ci.

Ce sujet rentre dans ce contexte, il vise à améliorer à préserver cette précieuse ressource en dimensionnant un réseau d'irrigation en goutte à goutte dans le secteur Ouest du périmètre, capable de combler le déficit hydrique enregistré dans ce périmètre d'étude en question et de satisfaire les besoins des différentes cultures pouvant être produites au sein de ce périmètre.

Donc, pour bien mener cette étude nous avons scindé notre travail en sept chapitres qui sont :

- Analyse des conditions naturelles
- Problématique et choix de la technique d'irrigation
- Calcul des besoins en eau des cultures
- dimensionnement du réseau d'irrigation
- calcul technico-économique
- organisation de chantier

Introduction

Chaque dimensionnement d'un réseau d'irrigation repose sur une bonne analyse des conditions naturelles à savoir la climatologie pédologie géologie cela va nous aider à choisir la culture et la méthode d'irrigation convenable.

Dans ce chapitre nous allons présenter le maximum d'informations sur les paramètres cités au paravent.

I. Situation géographique

La commune de DRAA EL MIZAN(DEM) est située dans la partie Sud-ouest de la Wilaya de Tizi-Ouzou, entre 03°45' et 04°24' longitude Est et entre 36°27' et 36°38' latitude Nord.

L'attitude varie de 220m dans la dépression à 800m dans la partie Sud-est de la commune.

La commune de DEM est limitée comme suit :

- A l'Est, par les communes AIN ZAOUIA et FRIKAT ;
- Au Sud et Sud-ouest par la Wilaya de BOUIRA
- A l'Ouest par la commune de TIZI-GHENIFF ;
- Au Nord par la commune AÎT-YAHIA-MOUSSA (OUED KSARI)

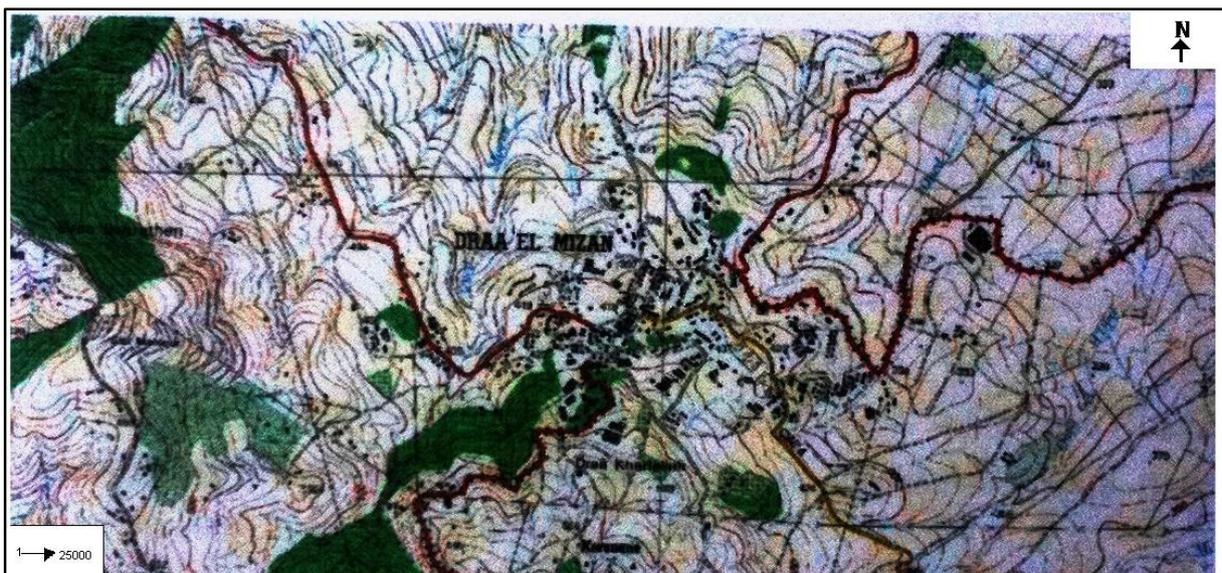


Figure I.1 : plan de situation



La ville principale (ACI/DEM) est située dans la partie Sud de la commune, à 100 Km de Sud-est d'Alger et à 40 Km au Sud-ouest du Chef Lieu Wilaya (Tizi-Ouzou).

Le Chef Lieu de la commune se trouve à une altitude variant de 355m à l'Est à 500m au Sud, elle est traversée aussi par la RN25 reliant la Gare-Aomar (W.Bouira) à la ville de DELLYS (W.Boumerdes) via Oued KSARI-DBK.

Le chef lieu de la commune (DEM) est également reliée par la RN30 en direction d'Est au Chef Lieu Wilaya (Tizi-Ouzou) via Boghei, LES Ouachita .La RN68 relie DEM à CAP DJINET (Wilaya de BOUMERDES) via les Bisser.

I.2. Situation climatologique

Les conditions climatiques ont une influence décisive sur les conditions et le comportement hydrologique de bassin versant, les éléments qui définies le climat sont : La température de l'air, les précipitations, la vitesse de vent, l'humidité et l'évaporation...etc

Pour notre zone d'étude, la seule station climatique présente est celle de DRAA EL MIZAN. Qui enregistre les paramètres climatiques

Les données des différents paramètres climatiques de la station de DRAA EL MIZAN (1989-2012), recueillies auprès de l'office national de la météorologie (ONM Tizi-Ouzou).

I.2. 1-La température

La température est un facteur météorologique très important dans l'estimation du bilan hydrologique et rentre aussi dans l'évaluation de l'évapotranspiration potentielle et réelle.

Le tableau suivant représente les données de la température relative à la station de DRAA EL MIZAN.

Tableau I.1 : Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes (1989-2012)

Paramètres	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moy
T°C Moy	24,9	20,7	15,5	12,4	10,8	10	14	15,9	20,2	25	28,4	28,7	18,9
T°C Min	18,7	14,6	10,8	7,54	6,2	6,5	8,5	10,3	14,1	18,2	21,2	21,3	13,2
T°C Max	31,1	26,7	20,2	17,34	15,3	16,5	19,5	21,5	26,3	31,7	35,5	36,1	24,8

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

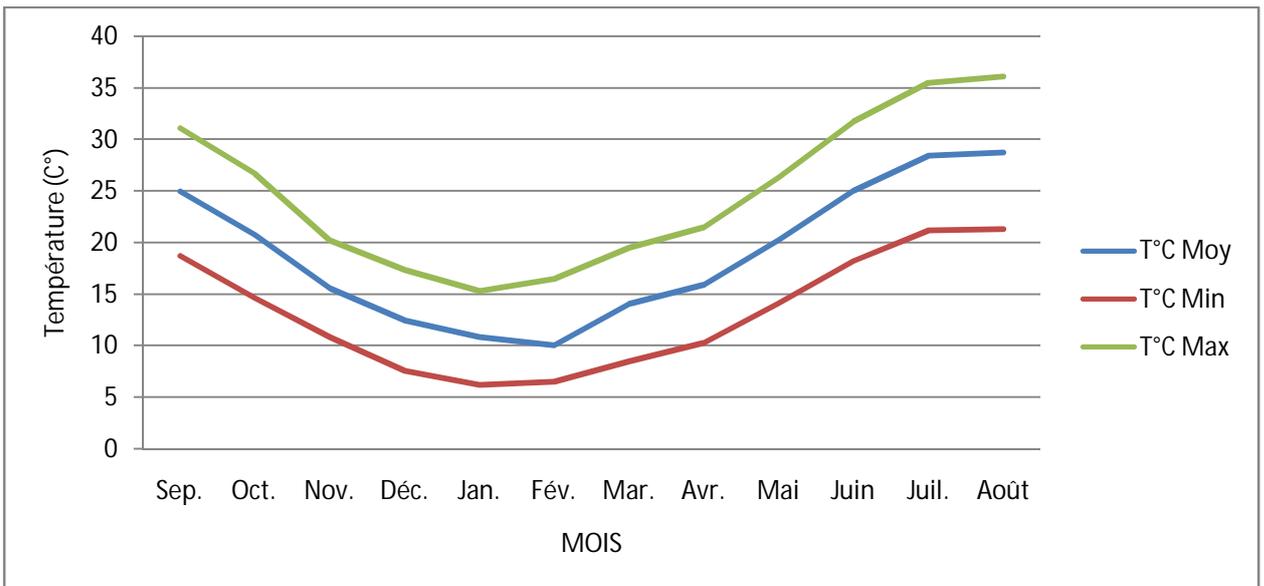


Figure I.2: Variation de la température mensuelle minimale, maximale et moyenne.

La valeur de la température moyenne annuelle au niveau de la station de Draa El Mizan est de 18.9°C.

La figureI.2 nous a permis de distinguer deux périodes :

- La première période : c’est la période froide qui s’étale du mois de Novembre jusqu’au mois d’Avril avec des températures moyennes $\geq 10^{\circ}\text{C}$.
Le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température de 6.2°C.
- La deuxième période : c’est la période chaude, de Mai à Octobre avec une température moyenne supérieur à la moyenne annuelle. Août est le mois le plus chaud de l’année avec 36.1°C.

I.2.2.Le vent

Le vent est un paramètre climatique essentiel à cause de son influence sur les autres paramètres, et à la station de Draa El Mizan on a enregistré une vitesse moyenne qui varie entre 1.26 à 2.2 m/s pour la période de (1989 à 2012).

Le tableau suivant représente la distribution moyenne mensuelle de la vitesse :

Tableau I.2: Vitesse moyenne des vents dans la station Draa El Mizan (1989-2012)

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Aout
Vmoy (m/s)	1,6	1,35	1,32	1,42	1,26	1,35	1,64	1,72	1,8	2,15	2,2	1,9

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

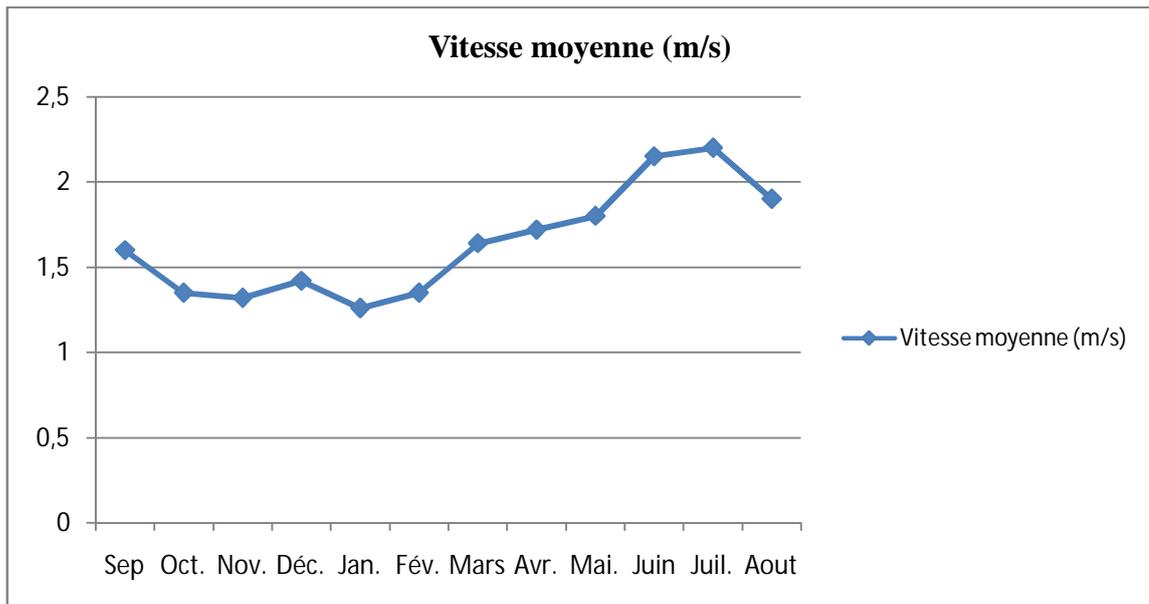


Figure I.3: Variation de la vitesse moyenne du vent.

I.2. 3.Humidité relative

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

Les résultats d’observation sont représentés dans le tableau suivant

Tableau I.3 : Répartition mensuelle de l’humidité relative en % (1989– 2012)

Paramètres	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moy
H(%)Min	36,5	42,8	51,2	58,6	57,4	51,5	46,7	45,9	44,1	31,9	29,2	29,8	43,8
H (%)Max	85,4	89,8	92,1	93,4	94,1	93,7	92	92,3	90,6	84,4	82	84	89,5
H(%)Moy	61	66,3	71,7	76	75,8	72,6	69,4	69,1	67,4	58,2	57	61	67,1

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

On remarque d’après le tableau I.3 que les valeurs moyennes d’humidité mensuelles est minimale durant le mois de juillet et maximale durant le mois de janvier.

I.2.4.Evaporation

L’évaporation représente un paramètre essentiel dans l’analyse de la ressource en eau, dans ce cas une bonne estimation est nécessaire. La distribution moyenne mensuelle de l’évaporation est donnée au tableau I.4.



Tableau I.4 : Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne en mm (1989- 2012)

Paramètre	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Ev Moyenne (mm)	118	97	77	63	59	54	72	88	104	135	157	154

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

On remarque d'après le tableau précédent qu'il existe deux périodes distinctes :

- 1) l'évaporation est très importante, sur la période qui s'étale du mois de mai à septembre.
- 2) du mois de novembre à mars, l'évaporation est plus faible.

I.2. 5. Nébulosité

La nébulosité correspond à la fraction du ciel couvert par les nuages ou la quantité de nuage qui empêche l'ensoleillement de la surface du sol. Elle est évaluée à l'aide d'une échelle graduée de 0 à 10. Le 0 indique un ciel tout à fait clair, alors que le 10 indique un ciel totalement couvert.

Les valeurs moyennes mensuelles de la nébulosité sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité (1989- 2012)

Paramètre	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Nébulosité	3,1	4	4,7	4,5	4,7	4,3	4,5	4,6	3,5	3	2,1	2,4

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

D'après le tableau I.5, les mois les plus nébuleux sont les mois de Décembre jusqu'à Avril, par contre les mois de Juillet et Août représentent la faible nébulosité de l'année.



I.2.6.Insolation

Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau Ci-après :

Tableau I.6 : Insolations moyennes journalières (1989- 2012)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
Insolation (h)	8.2	7.4	6	4.62	4.87	6.07	6.7	7.8	8.13	11.4	11.1	10.2

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

I.2.7.Précipitation

La précipitation est un facteur climatique très important, elle nous permet de connaître les périodes ou les cultures ont besoin en irrigation ou non.

Tableau I.7: Précipitations moyennes mensuelles (1980 – 2011)

Mois	sept	oct.	nov.	déc.	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	juin	juil.	aout	Année
P (mm)	36,8	54,3	83,0	111,3	93,4	84,9	68,8	68,1	50,7	9,5	2,9	9,4	667.5

Source (O.N.M Tizi-Ouzou)

I.2. 8.Indice climatique

Par Indices ; nous entendons une codification du climat par des formules dont le but de voir l’interférence des déférentes variables de ce climat et leur action sur la plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels: pluviométrie et température les Indices les plus connus sont ceux de E.MARATON(1926) et E.EMBERGER.

I.2. 8.1. 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

$$I = \frac{667.5}{18.9 + 10} = 23.1 \dots\dots\dots (ii.1)$$

Tableau I.8.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	Humid	Inutile

Source: Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau Stucky-Enhyd 2009

À partir du tableau I.8 et la valeur de l’indice d’aridité De Martonne I (I=23.1) de climat de notre zone d’étude, on peut dire que notre climat est de type « relativement humide » (20<I<30).donc l’irrigation est par fois utile.

I.2. 8.2.Quotient pluviométrique d’Emberger

Le Quotient pluviométrique d’Emberger permet de déterminer l’étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d’Emberger.

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M + m) (M - m)}{2}} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots (ii.2)$$

Tel que : Q : Coefficient pluviométrique d’Emerger ;

P : Précipitation moyenne annuelle en mm ;

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaude en °kelvin ;

m : Température moyenne minimale du mois le plus froide en °kelvin ;

$$Q = \frac{2000 \times 667.5}{(36.1 + 273)^2 - (6.2 + 273)^2} = 75.89$$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique D'EMBERGER ; et en fonction de la température moyenne minimal de mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans

- ❖ L'étage bioclimatique : Semi-aride
- ❖ Sous étage : Hiver tempéré

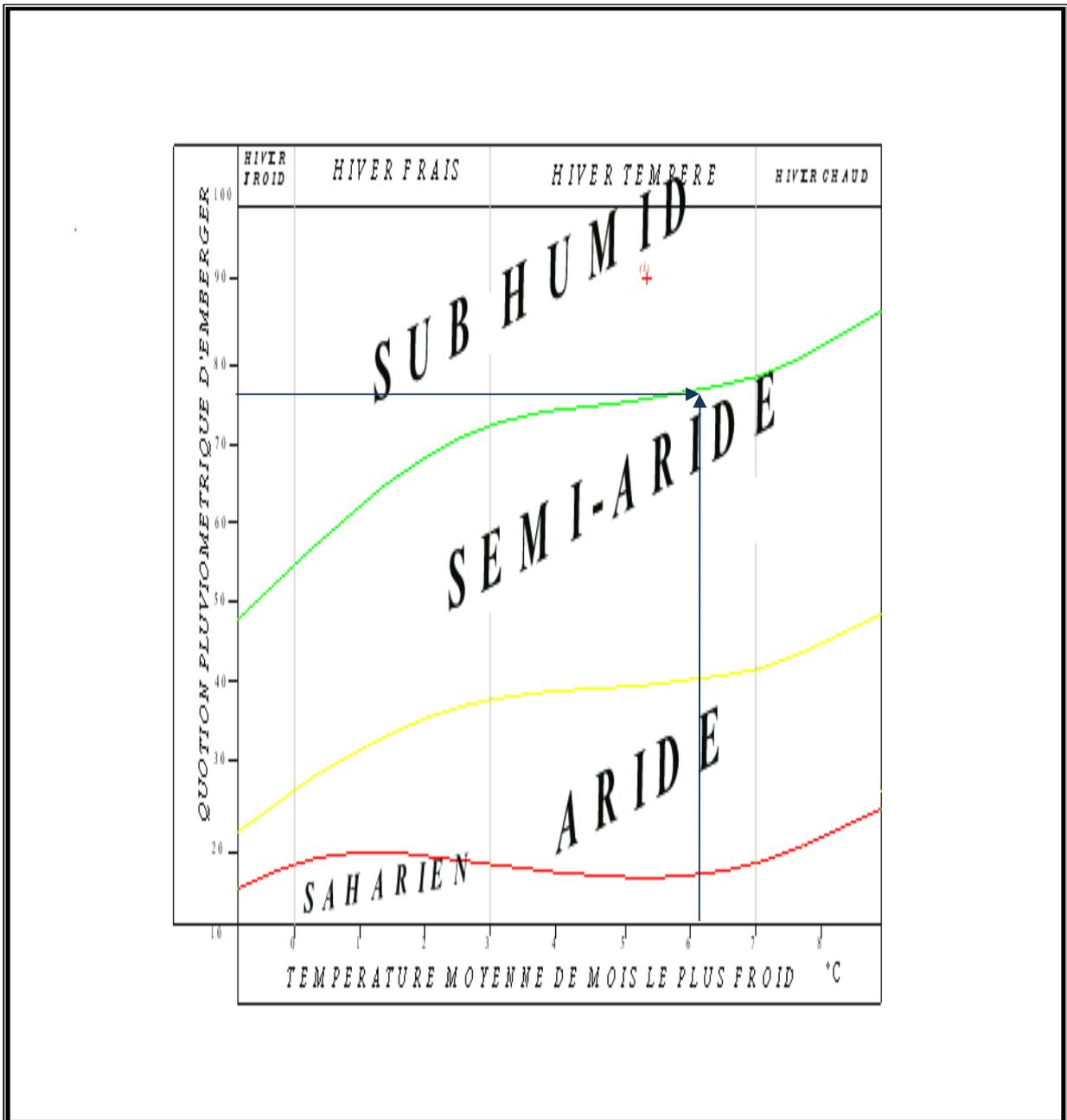


Figure I.4: Diagramme bioclimatique

I.2. 8.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à au double de celle de la température (Voir Fig. : I.5).

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, c'est la période sèche, dans le cas contraire on dit que c'est la période est humide.

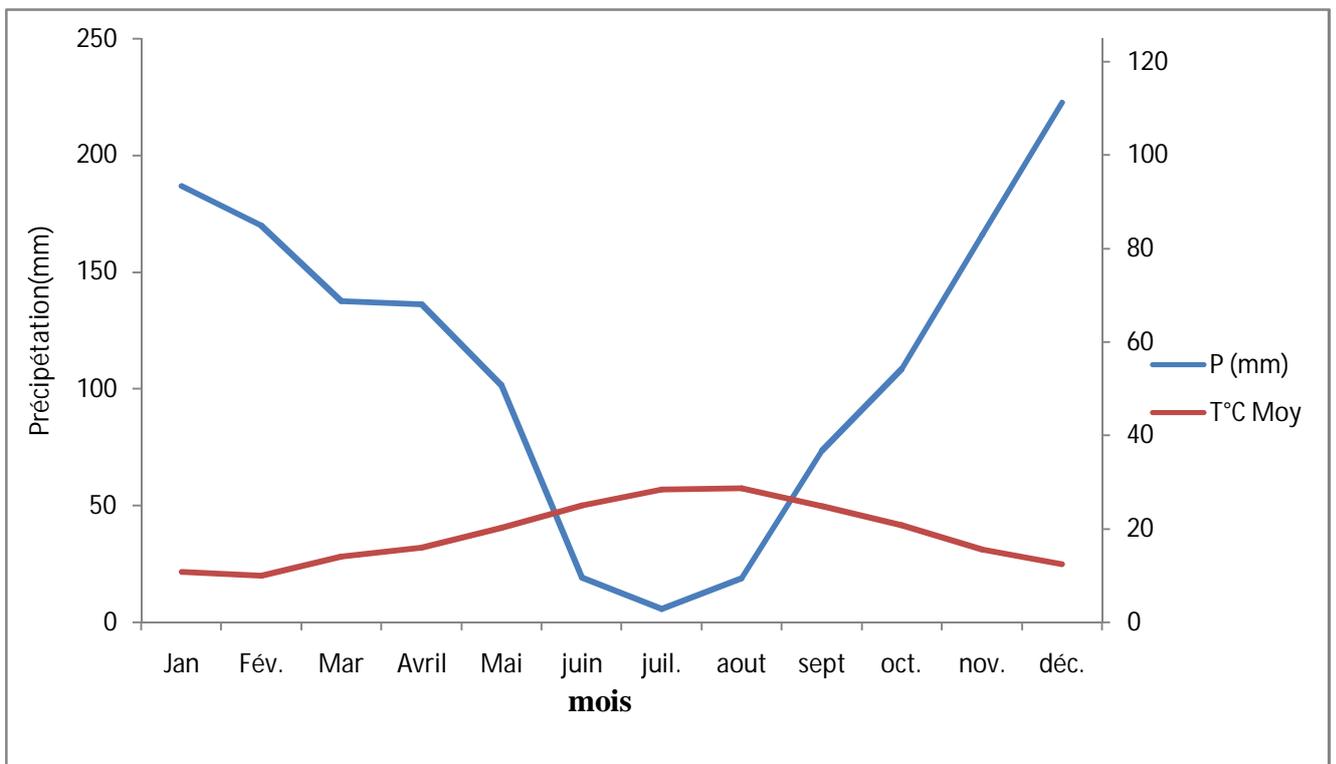


Figure I.5: Diagramme ombrothermique de Gaussen

D'après le diagramme d'ombrothermique de Gaussen on distingue deux périodes

- La période sèche qui s'étale de Juin à septembre ;
- La période humide septembre à juin ;



✓ •S1 :S.A.R<10

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

✓ S2 :10<S.A.R<18

Les eaux contenant une faible quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

✓ S3 :18<S.A.R<26

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matière organiques. S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

✓ S4 :S.A.R>26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation. Voir figure I.6.

Dans notre cas le calcul du SAR a donne la valeur suivante

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70 + 26}{2}}} = 2.45$$

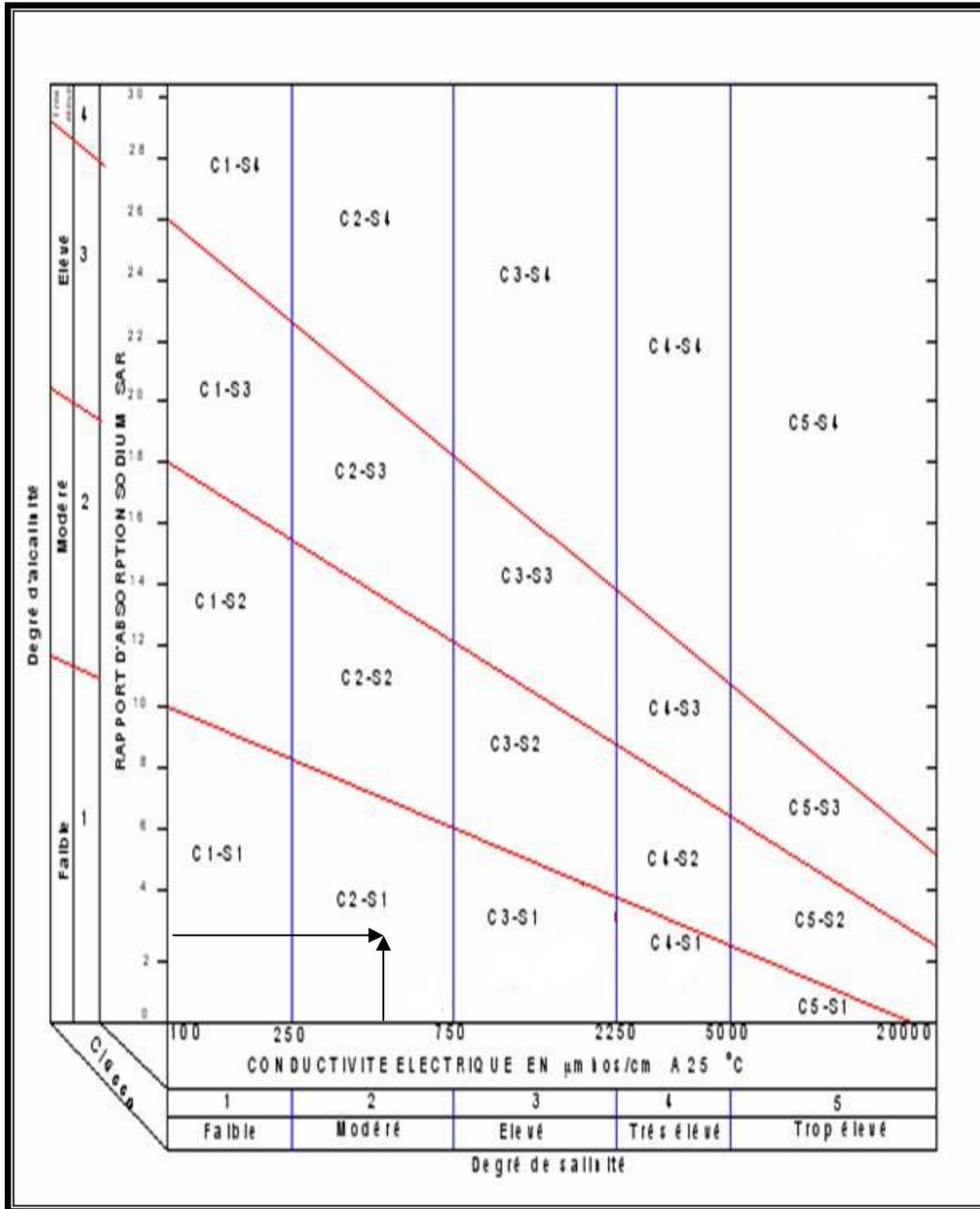


Figure I.6 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Conclusion

La conductivité étant de 0,74 mmho/cm compte tenu de ce paramètre, l'eau du barrage servant à l'irrigation du périmètre peut être classée suivant le tableau Riverside, à la limite de la classe C2S1 en effet cette eau peut être utilisée pour l'irrigation de notre périmètre.



I.5.Géologie

Le territoire de la collectivité est un vaste synclinal entre deux massifs montagneux.

- Au Nord, le précambrien composé de phyllades, schistes, conglomérats et quartzites ;
- Au Sud, le tertiaire avec principalement 02 étage ;

Le pliocène et le miocène composés de grès et d'argile carbonatées avec de rares nummulites.

Le long des lits majeurs des oueds, on constaté la présence de terrasses formées d'alluvions Caillouteux et limoneux (quaternaire).

I.6.Etude pédologique

L'étude pédologique est l'une des sources essentielle pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols. Ainsi le but de l'étude pédologique est de :

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement.
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes a irrigué.
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion ; goutte à goutte ; submersion)
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes a irrigué.
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture ;
- Fixer les règles à respecter pour une conduite des arrosages dans le système «sol-culture» pratiqué. Ce ci nécessite une connaissance approfondie des sols à l'échelle de la Parcelle d'exploitation agricole. Il s'agit en effet pour l'irrigant d'économiser l'eau et d'adapter les apports aux besoins de la plante.

I.6.1.Les sols et les profils de description

En se basant sur les prospections du terrain de la dépression Dra-El-Mizan (Etude agro-pédologique de la zone Dra-El-Mizan Tenira effectué par les services de la direction des études



de milieu et de la recherche hydraulique service agro pédologie (W.Tizi-Ouzou) de l'année 1976 on a distingué les classes des sols.

Tableau I.11: les classes des sols de la région d'étude

Type de sol	Superficie (ha)	%
Sols minéraux bruts	780	8,8
Sols peu évolués	4320	49,3
Sols vertisols	2017	22,5
Sols isohumiques	1620	18,0
Sols hydromorphes	123	1,4
	8860	100,0

Source :(DEMRRH-SAP, 1976)

On peut constater a partir de tableau précédent, que les sols peu évolués représentent presque la moitié de la superficie de la plaine étudiée avec 4320 ha (49.3%).

Egalement dans la zone du barrage de Dra-El-Mizan oued Ksari n°4 on a distingué les classes : Sols minéraux bruts, Sols peu évolués, Sols vert sols, Sols hydro morphes.

Classe des sols peu évolués : Cette classe constitue la majeure partie des sols du périmètre étudié. Elle est constituée principalement de sols peu évolués d'apport colluvial et de sols peu évolués d'apport alluvial et des sols d'érosion. On cite en exemple la description des profils n°36 et 146 pour les groupe des sols d'apport alluvial et colluvial respectivement :

I.6.2.Les profils de description

➤ Profil n° 36

Classe : peu évolué

S /classe : non climatique

Groupe : d'apport



s/groupe : modaux

Famille : sur alluvions récentes

Coordonnées métrique :

Topographie : plat

Géomorphologie : terraces

Cultures : céréalières

Microrelief : plat d'oued

De 0 à 27 cm : sec, 10 YR 3-4/3, texture argilo-limono, structure polyédrique émoussée fine et moyenne à prismatique en motte, poreux, racines fines et moyenne cohérent et consistant dans les agrégats, petits graviers 10%, aucune effervescence.

27- 50 cm : litage de sable avec le gravier, friable, racines.

50- 80 cm : frais, 10YR 3-4/1-2 (presque gris), texture argilo-limoneux, structure polyédrique feuilletée angulaire fine, peu friable, poreux, fissuration fine, racines grossières et moyennes, peu consistant, petits graviers et sable 5%, aucune effervescence.

80-100 cm : frais, 10YR 5/3, structure argilo-limoneuse, massif, moyennement cohérent, racine grossières, peu poreux, consistant, graviers et sable 5%, petits graviers, aucune effervescence.

Conclusion :

- 1- La teneur en humus diminue avec la profondeur.
- 2- La capacité d'échange diminue brusquement avec la profondeur.
- 3- PH diminue avec la profondeur.
- 4- La texture devient plus légère en profondeur, s'améliore.

➤ Profil n°146

Classe : peu évolué

S /classe : non climatique



Groupe : d'apport colluvial

s/groupe : verticale

Famille : sur argiles

Coordonnées métrique : X-597m Y-363m Z-350m

Topographie : pente

Géomorphologie : piedmont et glacis

Cultures : céréalières, arboriculture

Microrelief : couvert de mottes

0à15cm : sec, gris-olive, argileux, structure polyédrique anguleux à prismatique en motte, faiblement poreux un peu consistant mais friable sur la surface, peu de racines fines, fissuration dans les mottes, 5% débris des roches, aucune effervescence.

15-42cm : frais, gris-olive, argileux, structure prismatique ; sous-structure polyédrique anguleux porosité faible, peu de racines, fissures verticales 2cm de large débris de roches argileuse, plombs de chasse Mn et se consistant, cohérent, parfois faces lissées aucune effervescence.

42-48cm : Couche argileuse, imperméable.

48-102cm : Argile oligocènes altérées, consistant, faible porosité.

102-108cm : Roche argileuse consistante, faiblement altérée, non poreuse, les argiles sont hétérogènes de couleur différente, aucune effervescence.



Tableau I. 12: Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 36

Profondeur (cm)		0 - 27	27-50	50-80	80-100
Granulométrie	Argile %	48	31	37	30
	Limons fins %	20	16	17	17
	Limons grossiers %	4	6	6	8
	Sables fins %	16	15	12	21
	Sables grossiers %	8	9	14	14
Matière organique	C %	10	6,2	7,4	4,9
	MO %	1,7	1,05	1,25	0,83
	N %	1,39	0,96	/	/
	C/N	8	6	/	/
Calcaire total %		0,8	0,8	0,32	0,4
Calcaire actif %					
PH		7,4	7,58	7,34	7,34
CE dS/m		0,5	0,45	0,45	0,75
CEC Cmol/kg	Ca	22	23	20	18
	Mg	5	3	3	3
	K	1,03	0,52	0,49	0,37
	Na	0,56	0,56	0,39	0,39
	S				
	T	39	28	30	23



	S/T				
Densité réelle		2,5	2,4	2,3	2,3
Densité apparente		1,8	1,8	1,9	1,9
pF (H %)	2				
	2,5	34,6	25	27	23,9
	3	27,7	19,8	21,8	19
	4,2	18,3	13,1	14,1	11,8
K assimilable Cmol/kg		2,4	4,9	4,9	4,3

Tableau I. 13 : Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 146

Profondeur (cm)		0 - 15	15-42	42 -48	48-80	80-100
Granulométrie	Argile %	53	53	20	56	49
	Limons fins %	28	29	27	33	44
	Limons grossiers %	3	2	1	2	2
	Sables fins %	7	7	10	2	2
	Sables grossiers %	4	4	17	2	0
Matière organique	C %	5,8	5,1	3,14	2,2	1,3
	MO %	0,98	0,86	0,52	0,37	0,22
	N %	1,05	0,9	0,62	/	0,34
	C/N	5	5	5	/	4
Calcaire total %		1,6	2,4	2	1,2	0,24



Calcaire actif %		0,86	0,28	0,19	0,2	0,42
PH		7,53	7,66	7,6	7,58	7,34
CE dS/m		0,32	0,36	0,65	1,23	3,87
CEC Cmol/kg	Ca	2,9	2,9	2,3	2,1	2,2
	Mg	3	3	5	7	7
	K	1	1	0,67	0,72	0,72
	Na	0,72	1	1,3	2,5	3,2
	S	/	/	/	/	/
	T	27	34	30	29	29
	S/T	/	/	/	/	/
Densité réelle		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Densité apparente		1,8	1,9	1,8	1,9	1,8
pF (H %)	2	/	/	/	/	/
	2,5	30,7	31	31	34,3	32,4
	3	26,1	26,7	26,9	29,7	28
	4,2	21,3	21	21,3	2,38	22,2
K assimilable Cmol/kg		2,5	3,2	2,8	1,2	1,7

I.7.L'aptitude culturale des sols

La détermination des aptitudes culturales a été faite en tenant compte des exigences des divers types de cultures à l'égard des conditions du sol et du climat, qui constituent le milieu naturel.



A savoir que notre sol est à salinité faible (≤ 8 mmhos/cm²), et que sa texture est fine avec 25à30% des éléments grossier, le calcaire actif est inférieur à 25%, sa profondeur varié de 50 à 120 cm.

Alors, ce sol est favorable à toutes les cultures méditerranéennes (arboriculture, maraichère, culture industrielle et cultures céréalières et fourragères).

I.8. La perméabilité en surface

Vu l’absence de données concrètes consternant ce paramètre, nous nous sommes permis d’en tirer les valeurs théoriquement en se basant sur le tableau de Israesen-Hansen.

Notre périmètre est de texture argilo-limoneuse, donc si on se réfère au tableau suivant on aura :

Tableau I.14 : Caractéristiques physiques des sols(selon Israesen-Hansen,1962)

Texture du sol	Perméabilité	Porosité	Masse volumique	Capacité de rétention	Point de flétrissement	Réserve utile
	cm.h-1	%	Kg.dm-3	% vol.	% vol.	mm.M ³ Profondeur
Sablonneux	5	38	1.65	15	7	80
Sablo-limoneux	2.5	43	1.50	21	9	12
Limoneux	1.3	47	1.40	31	1	17
Argilo-limoneux	0.8	49	1.35	36	1	19
Limono-argileux	0.25	51	1.30	40	1	21
Argileux	0.05	53	1.25	44	2	23

Donc à partir de ce tableau on a les caractéristiques suivantes :

Perméabilité=0.8cm/h

Porosité=49%

Masse volumique=1.35kg/dm³

Hcc=36% vol / Hpf=1%

Ru=19 mm.m³ de profondeur.



I.9. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué dans sa majeure partie de ruisseaux et d'oueds secs plusieurs mois durant l'année mais qui se transforment en véritables torrents, agents d'érosion et de transport des sédiments lors des périodes pluvieuses, deux oueds importants existent dans la région: oued Boghni et oued Ksari.

Conclusion

Nous avons élucidé au terme de ce chapitre, les conditions naturelles auxquelles est confrontée notre région d'étude.

En effet, nous avons abordée la situation géographique, ainsi que le climat de la région qui est classé comme semi-aride De plus, nous avons parlé de la géologie et l'hydrogéologie où les niveaux de la nappe phréatiques sont assez bas, donc il n'ya pas de risque de salinisation, autrement dit, pas de réseau de drainage.





Chapitre II : problématique et choix de la technique d'irrigation

Introduction

Pour que l'agriculteur puisse choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée à son cas, il faut qu'il soit capable d'évaluer les avantages et les désavantages de chaque méthode. Il doit être capable de sélectionner la technique d'irrigation qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Le critère de choix d'une technique, d'irrigation est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs.

Dans ce chapitre on va étudier les différentes techniques et les facteurs influençant le choix de ces dernières, puis on va choisir la technique qui convienne avec les caractéristiques de notre zone d'étude.

II-1- Les techniques d'irrigation

II-1-1-Irrigation sous pression

A. L'irrigation localisée

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraîchage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le « goutte à goutte ». D'autres systèmes existent également : tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture

L'eau provient aux cultures au moyen de tuyaux muni de goûteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit .



Fig. II.1.Irrigation localisée

A.1.Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte

La figure représente le schéma d'une installation type d'irrigation au goutte à goutte; comme on le voit les éléments de cette installation sont:

- L'unité de pompage
- L'unité de tête ou de contrôle en tête
- Les canalisations principales et secondaires
- Les rampes
- Les goutteurs ou distributeurs

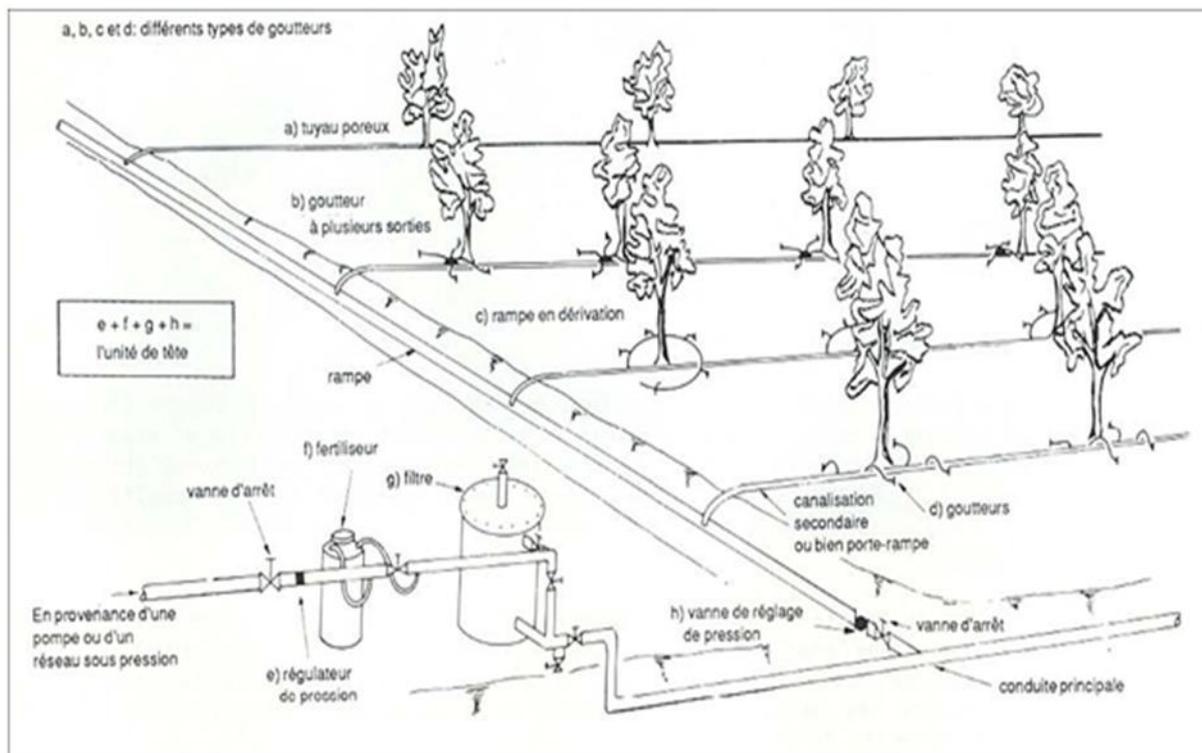


Fig. II.2 Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte

A.2. Avantages

- Une économie d'eau très importante : La perte du moyen de transport est minime. L'évaporation, le ruissellement et la percolation profonde sont réduits par rapport aux autres systèmes d'irrigation.
- Les économies d'énergie : Une petite unité de puissance est requise par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion.
- La réduction des mauvaises herbes et les maladies : En raison de la surface mouillée limitée.
- Peut-être automatisé : Engrais et produits chimiques peut être appliqués avec de l'eau à travers le système d'irrigation
- Amélioration de la production sur des terres marginales : Sur un terrain vallonné, de micro-irrigation systèmes peuvent fonctionner sans les eaux de ruissellement et sans ingérence du vent.
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe).
- Le non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

A.3. Désavantages

- La gestion de ces Microsystèmes d'irrigation a normalement les besoins d'entretien plus élevés. Les particules de sol, d'algues, ou des dépôts minéraux peuvent obstruer les dispositifs d'émission.
- Dommages potentiels causés par des animaux: Les rongeurs et les insectes peuvent causer des dommages à certains composants
- Coût d'investissement élevé :
- Contrôle difficile des goutteurs.
- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée

B. l'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique relativement récente qui consiste à reproduire sur le sol le phénomène naturel de la pluie, avec toute fois le contrôle de l'intensité et de la hauteur de l'averse.

Il existe de nombreuses variantes de l'aspersion en termes de débit et de diamètre d'aspersion, de hauteur du jet au-dessus du sol (au-dessus des cultures, en dessous de feuillage), de type de mécanisme pour l'asperseur... etc.



Fig.II.3. :l'irrigation par aspersion



Fig.II.4.Arroseur automoteur

B.1.Avantages

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

B.2.Désavantages

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



II.2. L'irrigation gravitaire

Est l'application de l'eau aux champs à partir de canaux ouverts se situant au niveau du sol. La totalité du champ peut être submergée, ou bien l'eau peut être dirigée vers des raies ou des planches d'irrigation.

II.2.1. Irrigation à la raie :

Les raies sont des petits fossés creusés entre les rangées de plantes. Cette méthode est essentiellement appropriée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion de leurs feuillages ou de leur collet par les eaux pour un temps trop long. Elle convient pour les terrains en pente, et pour plusieurs types de sol.

II.2.2. Irrigation en planches :

Dans l'irrigation en planches, le champ à irriguer est divisé en bandes (planches) par des diguettes parallèles.

II.2.3. Irrigation par bassins :

Ces bassins sont des portions de sol, plates et horizontales, entourées de diguettes.

En résumé les cultures recommandées sont :

- Les cultures en lignes, telles que le maïs, le tournesol, la canne à sucre et le soja.
- Les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux comme la tomate, la pomme de terre et les haricots.
- Les arbres fruitiers tels que les agrumes et la vigne ;

Cette technique n'est pas à utiliser sur des sols sableux où les pertes par percolation sont importantes.



Fig.II.5.l'irrigation gravitaire

II.2.A.Les avantage

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion
- Matériel d'irrigation assez simple
- Destruction des adventices
- Protégé contre le gel

II.2.B.Les inconvénients

- Temps d'irrigation important
- Nécessité de nivellement et son entretien
- Pertes importantes d'eau
- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'ou diminution de la perméabilité
- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération



II.3. Choix de la technique

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur la détermination de certains facteurs ou contraintes à savoir

II.3.1. Les contraintes naturelles

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente du terrain, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité, jouent un rôle très important dans le choix adéquat d'une technique d'irrigation

a) L'évaporation

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation élevée durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante

b) le vent

Dans le cas du périmètre de Draa el mizane, les vents sont plus ou moins irréguliers, ils ont des vitesses fréquentes, varient de 0.8-2.1 m/s, ont une direction dominante Ouest, les mois d'été (Juillet – Août) et septembre, les vents sont de direction Nord– Ouest.

c) Type de sol

La rétention en eau diffère suivant le type de sol, le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante. Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface. Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface



d) La pente

La zone d'étude à une pente qui varie entre 2 et 3 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

e) La ressource en eau

L'agriculteur doit s'assurer de sa disponibilité au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer ; Et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation.

Facteurs conditionnant le choix de la méthode d'irrigation:

- La disponibilité de l'eau dans le temps, en débit et en pression,
- La qualité d'eau,

e.1. La disponibilité de l'eau

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

e.2. La qualité de l'eau

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

La production d'aérosols ceux-ci dispersés par les vents, peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitations

Brûlures des feuillages



II.3.2. Les contraintes techniques

- Qualification de main d'œuvre
- Entretien du matériel

II.3.3. Contraintes agronomiques :

Ce sont des contraintes liées aux rapports sol / plante et eau / plante et aux risques sanitaire. La plus part des plantes sont sensibles à l'asphyxie du sol et à la stagnation de l'eau, qui peuvent favoriser le développement de certaines maladies. Les eaux d'irrigation peuvent aussi si elles sont concentrées en chlore et en sodium entraîner des risques sanitaires aux plantes.

En agronomie, on distingue deux grandes catégories de cultures :

- Cultures pérennes : l'arboriculture, luzerne...
- Cultures non pérennes (saisonniers) :
- Cultures couvrantes : céréale, fourragères ...
- Cultures maraîchères.

a) Cultures pérennes :

Suivant les contraintes agronomiques citées ci-dessus les procédés d'irrigation qu'on peut adapter sont :

- L'irrigation gravitaire.
- L'aspersion
- L'irrigation localisée.

b) Cultures saisonnières :

- Cultures couvrantes :
 - L'irrigation gravitaire (par planche de ruissellement ou par submersion).
 - L'aspersion très adaptée
- Cultures maraîchères :
 - L'irrigation de surface (par rigole, par planches ...)
 - L'irrigation par aspersion.
 - L'irrigation localisée.

Remarque

Les cultures choisies pour notre cas sont de type arboriculture (olivier et pêchers)



Conclusion

La méthode d'irrigation devient plus facile à distinguer et à mettre en place une fois que tous les contraintes précédentes sont définies et connues. Dans notre zone d'étude toutes les contraintes ainsi que la culture choisie (olivier, pêchers) nous guident vers un système d'irrigation localisée

II-5-Problématique

La situation de la ressource en eau en Algérie ne cesse de poser des questions quant à sa qualité, sa quantité, et sa mobilisation. En effet depuis deux décennies, les effets des changements climatiques, et de l'expansion de la population ont considérablement compromis la disponibilité et l'accès à la ressource en eau dans la région de Kabylie et à DRAA EL MIZAN en l'occurrence, surtout dans le domaine agricole où on constate de graves problèmes de gestion.

C'est dans ce cadre que l'on propose de traiter ce sujet de mémoire de fin d'études qui vise à dimensionner le réseau d'irrigation du périmètre de DRAA EL MIZAN côté Ouest à partir du barrage de Oued Ksari N° 04 en choisissant la technique d'irrigation la plus économique.



Introduction

L'étude des pluies constitue un chapitre important dans l'étude hydrologique, il permet la quantification de la ressource en eau pour la suite de l'étude.

III.1. Données disponibles

Les précipitations représentent un facteur essentiel dans le bilan hydrologique, sa quantification est faite au niveau de plusieurs stations pluviométriques implantées à travers le territoire algérien dans le but d'avoir une information précise sur ce paramètre d'irrigation.

Pour notre cas, l'étude sera basée sur les données enregistrées au niveau de la station pluviométrique de Draa-El-mizan en plus c'est la seule station disponible existante dans la zone d'étude.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de cette station pluviométrique prise en considération dans l'étude.

Les données pluviométriques recueillies au niveau de l'Office Nationale de La Météorologie (ONM) de la wilaya de Tizi-Ouzou se présentent sous forme de totaux mensuels et annuels pour la période (1980–2011).

Tableau III.1. Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la Station	Code de la station	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Années D'observations	N
		X (km)	Y (km)			
Draa	02-19-02	600.95	359.2	530	1980-2011	31ans

Voir la série pluviométrique de la station de Draa-El-mizan dans l'annexe I

III.2. Analyse des données

III.2.1. Homogénéisation

Avant de déterminer les différentes caractéristiques des précipitations, une vérification rigoureuse et détaillée des données est nécessaire, par l'utilisation du test de Wilcoxon qui servira pour le contrôle de l'homogénéité des séries de données des différentes stations.

Ce test consiste en :

Chaque série d'observations est divisée en deux échantillons (X_1, \dots, X_n) et (Y_1, \dots, Y_n) avec $n < m$ et n, m représentent les tailles des deux échantillons.

On classe la série (XUY) par ordre croissant en attribuant à chaque valeur son rang et sa série d'origine (X ou Y).



La condition pour que la série soit homogène est :

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

W_x : représente la somme des rangs des X_i

$$W_{\min} = \frac{n(n+m+1)}{2} - 1.96\sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}$$

Et

$$W_{\max} = \frac{n(n+m+1)}{2} + 1.96\sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}$$

n : Taille de l'échantillon X ;

m : Taille de l'échantillon Y ;

Les résultats des tests de Wilcoxon appliqués à la station pluviométrique sont donnés en dans le suivant :

Tableau III.2.Résultat du test de Wilcoxon appliqués à la station de **Draa-El-mizan**

X	Y	XUY par ordre Croissant	Série d'origine	rang	XUY par ordre croissant	Série d'origine	Rang
734	702,2	392,5	y	1	725,7	y	21
635,1	394	394	y	2	729	x	22
668,2	936,6	414,7	y	3	734	x	23
556,5	557,8	475,6	x	4	740,2	y	24
835,7	414,7	514,2	x	5	743,6	x	25
715,8	624,2	520,9	x	6	768,9	y	26
880,6	392,5	556,5	x	7	835,7	x	27
520,9	1106,9	557,8	y	8	859.2	y	28
597,7	740,2	586,8	x	9	880.6	y	29
475,6	716,9	590,2	y	10	936.6	x	30
743,6	590,2	597,7	x	11	1106.9	y	31
729	859,2	624,2	y	12			
586,8	648,8	635,1	x	13			
514,2	641,9	641,9	y	14			
670,3	725,7	648,8	y	15			
	768,9	668,2	x	16			
		670,3	x	17			
		702,2	y	18			
		715,8	x	19			
		716,9	y	20			

✓



- ✓ $n = 15$
- ✓ $m = 16$
- ✓ $W_x = 234$
- ✓ $W_{min} = 210$
- ✓ $W_{max} = 285$

La condition du test $W_{min} < W_x < W_{max}$ est vérifiée, la série de données de la station pluviométrique de Draa-El-mizan est homogène.

D'après les résultats obtenus on peut conclure que la série d'observation de la station de Draa-El-mizan est représentative vue que l'erreur sur les paramètres statistiques ne dépassent pas les seuils tolérés.

III.2.2. Etude fréquentielle des pluies annuelles

III.2.2.1. Ajustement a la loi de Gauss

La méthode de Gauss consiste a :

- ✓ Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.
- ✓ Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F(x) = \frac{n - 0,5}{N} \dots (2.1)$$

Avec : n : Numéro d'ordre.
 N : Nombre d'années observées.

On doit calculer :

La moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n} \dots (2.2)$

L'écart type : $\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$ Pour $n \geq 30 \dots (2.3)$

La variable réduite de Gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots (2.4)$

Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}} \dots (2.5)$

Pour les calculs on a utilisée le logiciel HYDROLAB



Tableau III.3. Les résultats de calcul sont :

Ajustement à une loi de Gauss

Taille n= 31 Moyenne= 667,2
 Ecart-type= 158,8 I.C. à (en%)= 95 U Gauss= 1,96

Valeurs de Départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
734	392,5	1	0,016	-2,14	392,5	327,1	196,5	412,8
635,1	394	2	0,048	-1,66	394	403,4	294,1	478,0
668,2	414,7	3	0,081	-1,40	414,7	444,7	346,1	514,0
556,5	475,6	4	0,113	-1,21	475,6	474,9	383,7	540,6
835,7	514,2	5	0,145	-1,06	514,2	499,3	413,8	562,7
715,8	520,9	6	0,177	-0,93	520,9	520,3	439,4	581,8
880,6	556,5	7	0,210	-0,81	556,5	539,0	461,9	599,2
520,9	557,8	8	0,242	-0,70	557,8	556,1	482,3	615,3
597,7	586,8	9	0,274	-0,60	586,8	572,0	500,9	630,4
475,6	590,2	10	0,307	-0,51	590,2	587,0	518,3	645,0
743,6	597,7	11	0,339	-0,42	597,7	601,3	534,8	659,0
729	624,2	12	0,371	-0,33	624,2	615,0	550,4	672,8
586,8	635,1	13	0,403	-0,25	635,1	628,4	565,3	686,3
514,2	641,9	14	0,436	-0,16	641,9	641,5	579,8	699,8
670,3	648,8	15	0,468	-0,08	648,8	654,4	593,9	713,3
702,2	668,2	16	0,500	0,00	668,2	667,2	607,6	726,9
394	670,3	17	0,532	0,08	670,3	680,1	621,2	740,6
936,6	702,2	18	0,565	0,16	702,2	693,0	634,7	754,7
557,8	715,8	19	0,597	0,25	715,8	706,1	648,2	769,2
414,7	716,9	20	0,629	0,33	716,9	719,5	661,7	784,1
624,2	725,7	21	0,661	0,42	725,7	733,2	675,5	799,7
392,5	729	22	0,694	0,51	729	747,5	689,5	816,1
1106,9	734	23	0,726	0,60	734	762,5	704,1	833,6
740,2	740,2	24	0,758	0,70	740,2	778,4	719,2	852,2
716,9	743,6	25	0,790	0,81	743,6	795,5	735,3	872,6
590,2	768,9	26	0,823	0,93	768,9	814,2	752,6	895,1
859,2	835,7	27	0,855	1,06	835,7	835,2	771,8	920,7
648,8	859,2	28	0,887	1,21	859,2	859,6	793,9	950,8
641,9	880,6	29	0,919	1,40	880,6	889,7	820,5	988,4
725,7	936,6	30	0,952	1,66	936,6	931,1	856,5	1040,4
768,9	1106,9	31	0,984	2,14	1106,9	1007,4	921,7	1138,0

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	533,6	455,4	594,1	533,61	0,2	1,3
0,5	0	667,2	607,6	726,9	667,25	0,5	2
0,8	0,841	800,9	740,3	879,1	800,88	0,8	5

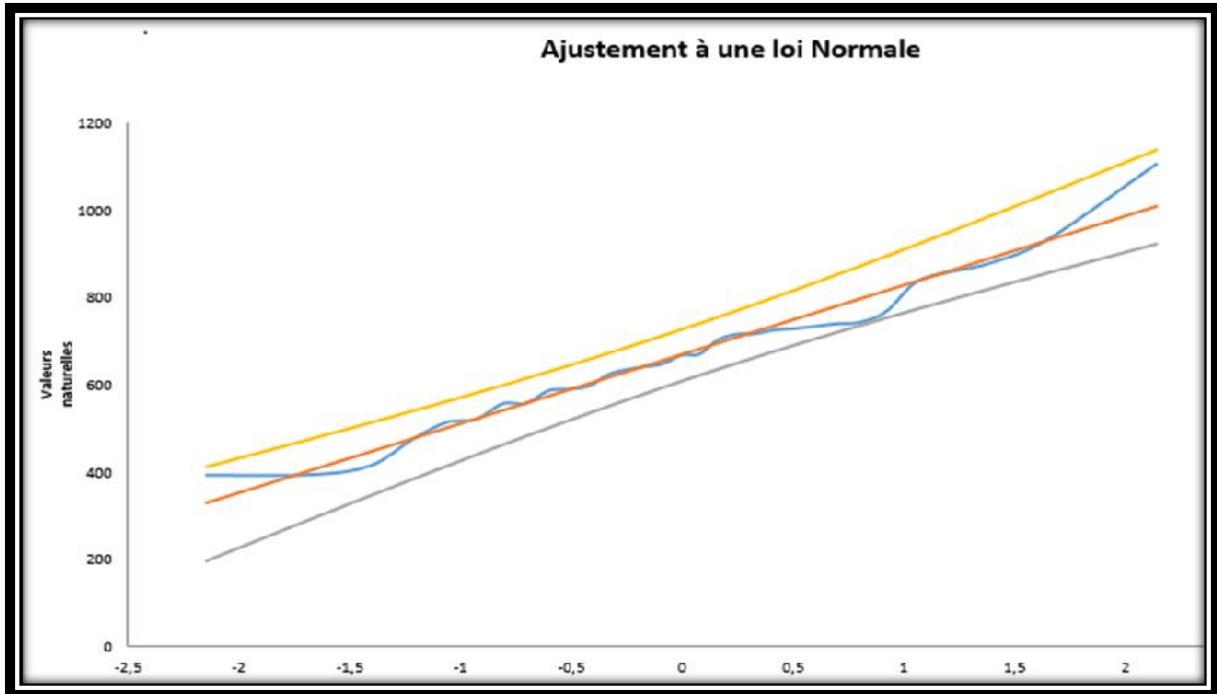


Figure III.1 :



III.2.2.2. Ajustement à une loi Log-normale

Tableau III.4: les résultats de calcul sont :

Ajustement à une loi Log-normale

Moy.log(x-xo)= 2,8121958

Taille n= 31

E.T. log(x-xo)= 0,105342

xo= 0

I.C. à (en%)= 95

UGauss=

1,96

Valeurs de départ	Valeurs Classées	Ordre de Classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
734	392,5	1	0,02	-2,142	392,5	386,0	316,2	440,0
635,1	394	2	0,05	-1,661	394,0	433,7	367,0	486,0
668,2	414,7	3	0,08	-1,401	414,7	462,0	397,4	513,5
556,5	475,6	4	0,11	-1,211	475,6	483,7	420,8	534,8
835,7	514,2	5	0,15	-1,057	514,2	502,1	440,6	553,1
715,8	520,9	6	0,18	-0,925	520,9	518,5	458,2	569,6
880,6	556,5	7	0,21	-0,807	556,5	533,5	474,2	584,9
520,9	557,8	8	0,24	-0,700	557,8	547,6	489,2	599,4
597,7	586,8	9	0,27	-0,600	586,8	561,1	503,4	613,5
475,6	590,2	10	0,31	-0,506	590,2	574,0	516,9	627,2
743,6	597,7	11	0,34	-0,416	597,7	586,7	530,0	640,8
729	624,2	12	0,37	-0,329	624,2	599,2	542,8	654,4
586,8	635,1	13	0,40	-0,245	635,1	611,5	555,4	668,1
514,2	641,9	14	0,44	-0,162	641,9	623,9	567,8	682,0
670,3	648,8	15	0,47	-0,081	648,8	636,3	580,1	696,2
702,2	668,2	16	0,50	0,000	668,2	648,9	592,5	710,8
394	670,3	17	0,53	0,081	670,3	661,8	604,9	725,9
936,6	702,2	18	0,57	0,162	702,2	675,0	617,4	741,7
557,8	715,8	19	0,60	0,245	715,8	688,6	630,3	758,2
414,7	716,9	20	0,63	0,329	716,9	702,8	643,5	775,8
624,2	725,7	21	0,66	0,416	725,7	717,7	657,1	794,5
392,5	729	22	0,69	0,506	729,0	733,6	671,4	814,6
1106,9	734	23	0,73	0,600	734,0	750,6	686,4	836,6
740,2	740,2	24	0,76	0,700	740,2	769,0	702,5	860,8
716,9	743,6	25	0,79	0,807	743,6	789,3	720,0	888,0
590,2	768,9	26	0,82	0,925	768,9	812,2	739,3	919,1
859,2	835,7	27	0,86	1,057	835,7	838,7	761,3	955,7
648,8	859,2	28	0,89	1,211	859,2	870,6	787,4	1000,7
641,9	880,6	29	0,92	1,401	880,6	911,5	820,1	1059,7
725,7	936,6	30	0,95	1,661	936,6	970,9	866,4	1147,5
768,9	1106,9	31	0,98	2,142	1106,9	1090,9	957,1	1331,9

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	529,1	469,6	580,4	529,1	0,2	1,3
0,5	0	648,9	592,5	710,8	648,9	0,5	2,0
0,8	0,841	795,9	725,6	896,8	795,9	0,8	5,0

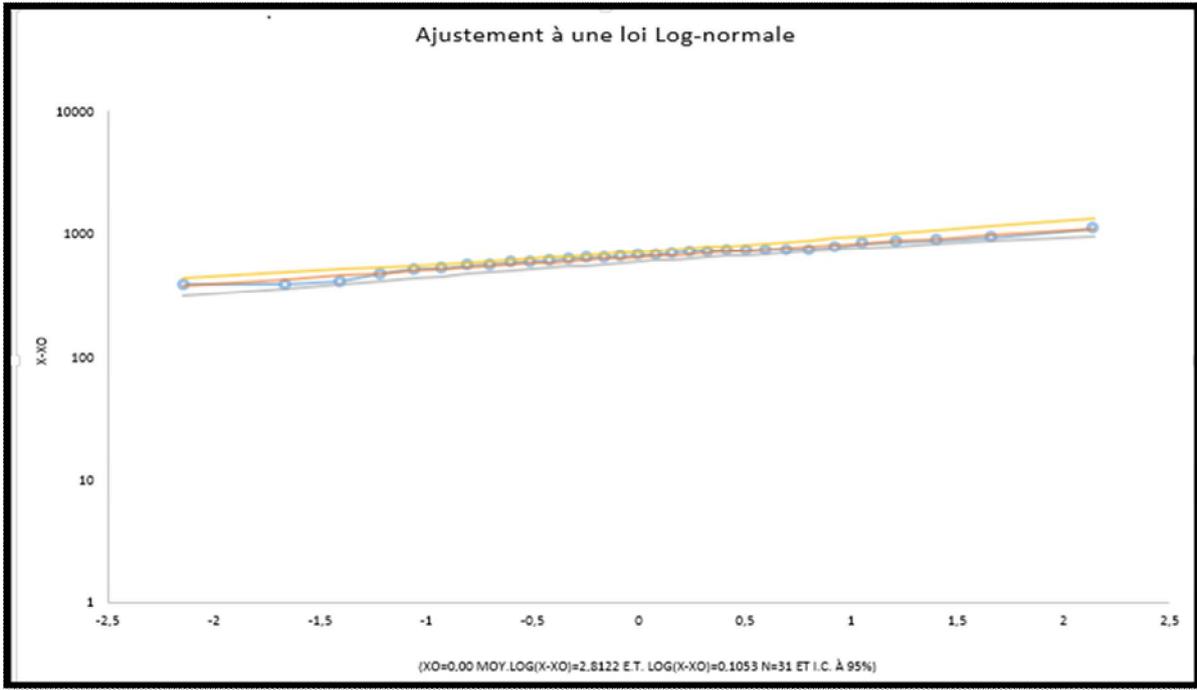


Figure III.2 :



III.3.détermination de l'année de calcul

Détermination de l'année de calcul à 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 :

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

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 533.61 \text{ mm} .$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 667.25 \text{ mm} .$$

P_{moy} De chaque mois sont données par le tableau suivant :

Tableau III.5. Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.

Mois	sept	Oct.	nov.	déc.	Jan	Fév.	Mar	Avar	Mai	juin	juil.	aout	Année
P(mm)	36,8	54,3	83,0	111,3	93,4	84,9	68,8	68,1	50,7	9,5	2,9	9,4	667.5

Nous avons :

$$P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = \frac{P_{\text{théorique}}}{P_{\text{moy annuelle}}} \cdot P_{\text{moy mensuelle}}$$

$$P_{\text{moy } 80\%} = \frac{533.61}{667.25} \cdot P_{\text{moy mensuelle}} = 0.799 \cdot P_{\text{moy mensuelle}}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III.6. L'Année de calcul.

Mois	sept	oct.	nov.	déc.	Jan	Fév.	Mar	Avar	Mai	juin	juil.	aout	Année
P(mm)	29,40	43,4	66,3	89	74,6	67,8	55	54,4	40,5	7,6	2.3	7.5	66,32



III.4. Calcul des Besoins en eau

Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol ; l'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration, ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

III.4.1. Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités on cite:

- L'évapotranspiromètre
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Formules empiriques

Il existe plusieurs formules empiriques parmi les quelles :

- Formule de BLANEY-CRIDDLE
- Formule de TURC
- Formule de PENMAN

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 8.0, Qui est base sur la méthode de M^r Penman et Montheit modifiée

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique: à savoir:

- Les températures moyennes en degré Celsius.
- L'humidité relative de l'air exprimé en (%)
- L'insolation journalière en heure
- La vitesse du vent en m /s

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 sont représentés dans le tableau III.7.



Tableau III.7. Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode De Penmann- Montheih, exprimée en mm/jour.

mois	Tmin °C	Tmax °C	Humidité %	vent m/s	insola heurs	Radiation MJ/m ² /jour	ETo mm/jour
JAN	6,2	15,3	76	1,3	4,9	8,6	1,2
FEV	6,5	16,5	73	1,4	6,1	11,9	1,76
mars	8,5	19,5	69	1,6	6,7	15,5	2,68
avril	10,3	21,5	69	1,7	7,8	19,6	3,55
May	14,1	26,3	67	1,8	8,1	21,6	4,55
juin	18,2	31,7	58	2,1	11,4	26,9	6,38
juill	21,2	35,5	56	2,2	11,1	26,1	6,93
aout	21,3	36,1	57	1,9	10,2	23,5	6,21
sept	18,7	31,1	61	1,6	8,2	18,3	4,33
octo	14,6	26,7	66	1,4	7,4	14,3	2,88
nove	10,8	20,2	72	1,3	6	10,1	1,62
decc	7,5	17,3	76	1,4	4,6	7,8	1,22
moyen	13,2	24,8	67	1,6	7,7	17	3,61

III.4.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle

- L'évapotranspiration réelle : s'obtienne en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural. Kc

$$ETR = ETo * Kc$$

III.4.3. 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...

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée .Pour l'appréciation de la pluie efficace

$$\text{Pluie efficace } (P_{\text{eff}}) = 80 \%$$



Tableau .III.8.Précipitation efficace dans la zone d'étude.

mois	pluie mm	pluie eff mm
jan	74,6	59,7
fév.	67,8	54,2
mars	55	44
avril	54,4	43,5
May	40,5	32,4
juin	7,6	6,1
juil.	2,3	1,8
aout	7,5	6
sept	29,4	23,5
oct.	43,4	34,7
nov.	66,3	53
déc.	89	71,2
Total	537,8	430,2

III.4.4.Calcul du bilan hydrique pour les différentes cultures :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETR - (Pe_{eff} + RFU)$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

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

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z$$

Y : degré de tarissement

Da : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

H_{cc} : humidité à la capacité au champ

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

Pe_{eff} : pluie efficace

L'irrigation est faite lorsque B>0 (bilan hydrique)

**Tableau III.9.** Calcul du bilan hydrique pour l'olivier :

Mois	K_c	ET_0 (mm/mois)	ET_0 (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P_{eff} (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B_{net} (mm/mois)	B_{net} (mm/mois)
J	0,81	1,2	37,2	30,13	59,7	228	-257,57	0
F	0,73	1,76	49,28	35,97	54,2	228	-246,23	0
M	0,5	2,68	83,08	41,54	44	228	-230,46	0
A	0,5	3,55	106,5	53,25	43,5	228	-218,25	0
M	0,5	4,55	141,05	70,53	32,4	228	-189,88	0
J	0,59	6,38	191,4	112,93	6,1	0	106,83	106,83
J	0,74	6,93	214,83	158,97	1,8	0	157,17	157,17
A	0,89	6,21	192,51	171,33	6	0	165,33	165,33
S	0,95	4,33	129,9	123,41	23,5	0	99,91	99,91
O	0,95	2,88	89,28	84,82	34,7	228	-177,88	0
N	0,95	1,62	48,6	46,17	53	228	-234,83	0
D	0,89	1,22	37,82	33,66	71,2	228	-265,54	0

On remarque que la période déficitaire s'étend sur 04mois (juin, juillet, août et septembre), donc on calcule le besoin pour cette période.



Tableau III.10. Calcul du bilan hydrique pour les pêchers :

Mois	K _C	ET ₀ (mm/jour)	ET ₀ (mm/mois)	ETM (mm/mois)	P _{eff} (mm/mois)	RFU (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)	B _{net} (mm/mois)
J	0,78	1,2	37,2	29,02	59,7	152	-182,68	0
F	0,72	1,76	49,28	35,48	54,2	152	-170,72	0
M	0,5	2,68	83,08	41,54	44	152	-154,46	0
A	0,5	3,55	106,5	53,25	43,5	152	-142,25	0
M	0,58	4,55	141,05	81,81	32,4	152	-102,59	0
J	0,73	6,38	191,4	139,72	6,1	0	133,62	133,62
J	0,89	6,93	214,83	191,20	1,8	0	189,40	189,40
A	0,95	6,21	192,51	182,88	6	0	176,88	176,88
S	0,95	4,33	129,9	123,41	23,5	0	99,91	99,91
O	0,95	2,88	89,28	84,82	34,7	152	-101,88	0
N	0,91	1,62	48,6	44,23	53	152	-160,77	0
D	0,85	1,22	37,82	32,15	71,2	152	-191,053	0

On remarque que la période déficitaire s'étend sur 04mois (juin, juillet, août et septembre), donc on calcule le besoin pour cette période.

III.5.Besoins en eau des cultures en irrigation localisée

III.5.1.Besoins mensuels nette des deux cultures

$$ETM_{loc} = ETM \cdot K_r ; (mm/j)$$

Avec :

K_r : coefficient de réduction

D'après Freeman et Garzoli $K_r = C_s + 0,5 \cdot (1 - C_s)$

C_s : taux de couverture de sol (80%)



Tableau III.11 paramètres des cultures envisagées

Paramètre	l'olivier	pêchers
Cs	0.8	0.7
Kr	0.9	0.85
Rp	0.85	0.85

Tableau III.12 tableau de la répartition des besoins nets des deux cultures

Besoins nets Mensuels (mm)													
Cultures	jan	fév.	mar.	avr	mai	juin	juil.	août	sep	oct.	nov.	déc.	Besoins annuelle
l'olivier.	-	-	-	-	-	101.6	143.1	154.2	111.2	-	-	-	510.1
pêchers	-	-	-	-	-	118.7	162.5	155.4	104.9	-	-	-	541.5
Besoins	-	-	-	-	-	220.3	205.6	309.6	216.1	-	-	-	1051.6

III.5.2. Besoins d'irrigation bruts des deux cultures

- Les besoins d'irrigation bruts, B_{brut} , est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique (y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).[7]

$$B_{brut} = B_{net} / R_p; (\text{mm/j})$$

Avec : R_p : rendement de l'irrigation à la parcelle ; $R_p = \frac{E \cdot C_u}{100}$

E : coefficient qui exprime l'efficacité de l'arrosage dépend de la texture du sol (limono argileux).

C_u : coefficient d'uniformité

Tableau III.13. paramètres des cultures envisagées

Paramètre	l'olivier et pêchers
E	1
C_u	0.85
R_p	0.85



Tableau III.14.Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois

Cultures	Besoins brutes Mensuels (mm)												Besoins annuelle
	jan	fév.	mar.	avr	mai	juin	juil.	août	sep	oct.	nov.	déc.	
l'olivier.	-	-	-	-	-	119.5	168.4	181.4	130.8	-	-	-	600.1
pêchers	-	-	-	-	-	139.6	191.2	182.8	123.4	-	-	-	637.2
Besoins	-	-	-	-	-	259.2	241.88	364.2	254.2	-	-	-	1237.3

IV- 5-Calcul des débits à transiter par le réseau.

Dans notre cas le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

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

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

S : la superficie totale à irriguer est égale à 100 ha

$$B_{nette} = 309.6 \text{ (mm/mois)}$$

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe)

qui se calcule par la formule suivante :

$$q_{spécifique} = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_h \cdot n_j \cdot 3600 \cdot E_i} \text{ (Exprimé en l/s/h)}$$

Le débit spécifique : **qs = 1,26l/s/h** est inférieure à 1,5

l/s/ha donc : la condition de calcul le débit spécifique est vérifié : $0,6 < q_{spécifique} < 1,5$

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois

Nh : nombre des heures d'irrigation=24h

nj: nombre de jours du mois de pointe = 31jours

Ei: Efficience d'irrigation ≈75%.

$$Q_{Car} = q_s \cdot S = 1,26 \cdot 100 = 126 \text{ l/s}$$

$$Q_{Car} = 126 \text{ l/s}$$



Conclusion:

Cette étude à pour but principal de déterminer les besoins en eau des cultures ainsi le volume nécessaire pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année est calcule.

Ces derniers sont importants a connaître, car ils peuvent nous indique si la quantité d'eau est suffisante ou pas .donc les calculs permettent de confirmer que le volume d'eau stocke au niveau de la retenue est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre

**Introduction :**

Le présent chapitre fera l'objet de dimensionnement du réseau d'irrigation des cultures proposées dans le périmètre étudié. Le problème qui se pose est comment répartir l'eau disponible, donc il faut dimensionner tous les diamètres ainsi que les longueurs et les débits qui passent par ces conduites de réseau d'irrigation.

IV-Projection du réseau d'irrigation localisée

Le besoin net de pointe en volume par arbre est égal au besoin net en mm/jour multiplié par l'écartement entre les rangs et l'espacement des arbres sur les rangs.

$$B_{net,p} = ETM_{loc} \cdot S_r \cdot S_a$$

Pour chaque poste, on doit déterminer les paramètres de calcul qui sont :

IV-1-La dose pratique

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

Tel que :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ ;

H_{pf} : humidité au point de flétrissement ;

Y : degré d'extraction de l'eau du sol ;

Z : profondeur d'enracinement ; (mm)

P : volume de sol humidifié.

Avec :

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

n : Nombre de point de distribution par arbre.

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

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

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

S_a : Espacement des arbres sur les rangs ;(m)

IV-2-dose réelle nette

$$D_{r,net} = 85\% D_p$$

IV-3- Fréquence d'arrosage

$$Fr = \frac{D_{r,net}}{ETM_{max}}$$

**Tableau IV-1:** calcul des paramètres

Paramètres	Unité	Poste N°1 (Olivier)	posteN°2 (Pêcher)
$B_{net.p}$	L / arbre / jour	188.28	98.72
Q_g	L / h	4	4
S_a	M	6	4
S_r	M	6	4
N	Unité	2	2
S_{pd}	M	1	1
S_h	M	2	2
P	%	11.11	25
D_p	Mm	25.33	38
$D_{r.net}$	Mm	21.53	32.3
Fr	Jours	4	5

IV-4-Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

IV-4-1- Généralités

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

Les calculs hydrauliques consistent à déterminer les paramètres suivants :

- Les débits au niveau de chaque tronçon et à la tête du réseau.
- Les diamètres des conduites.
- Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites.
- Les pertes de charges totales.

IV-4-2-le régime d'irrigation

Tableau IV-2: données générales

Culture	olivier	Pêcher
Espacement entre arbres	6m	4m
Espacement entre rangs	6m	4m
Caractéristique de goutteur	4 l/h	4l/h
Débit nominal	10 mce	10mce
Espacement des goutteurs	1 m	1m



IV-4-2-1 Besoins en eau journaliers max

$$B_{\max} = ETM_{\text{local}}$$

IV-4-2-2 Temps maximum de travail

Temps maximum journaliers de travail 18h/22h

IV-4-2-3- Dose fictive apportée

$$p(g) = \frac{q(g)}{E(r) * E(g)}$$

Avec :

Q (g) : Débit de goutteur, q (g) = 8l/h. (Olivier) et 8l/h (Pêcher)

E(r) : Espacement entre les rangs, E(r) = 6 m. (Olivier) et 4m (Pêcher)

E (g) : Espacement entre les goutteurs, E (g) = 1m. (Olivier) et 1m (Pêcher)

IV-4-2-4-Durée de l'arrosage

$$TF = \frac{B_{\max}}{p(g)}$$

Avec :

B_{max} : Besoins en eau journaliers en mm/jour.

P (g) : Dose fictive apportée en mm /h.

IV-4-2-5-Nombre de postes

$$N(p) = \frac{T_{\max}}{TF}$$

Avec :

T_{max} : Temps maximum de travail, en prend T_{max}= 18h/22h.

TF : Durée d'arrosage en h/jour.

IV-4-2-6-Surface d'un poste

$$S(p) = \frac{S(t)}{N(p)}$$

S (f) : Surface totale en ha. Avec S (f)= 100ha.

N (p) : Nombre de poste.



IV-4-2-7- Surface correspondante à une rampe

Al=longueur moyenne de la rampe × espacement entre les rampes

IV-4-2-8- Nombre de rampes par postes

$$N(r) = \frac{S(p)}{Al}$$

Avec :

S (p) : Surface du poste en m².

Al : Surface correspondant à une rampe en m².

Les résultats de calculs sont représentés dans le tableau IV-3

Tableau IV-3:les paramètres du régime d'irrigation

Paramètres Calculées	P (g) mm/h	TF h/jour	N (p)	S (p) Ha	Al m ²	N(r)
Olivier	1.33	4.4	5.00	12	1200	100
Pêcher	2	3.09	7.00	5.7	800	72

IV-5-Calcul hydraulique

IV-5-1- Le débit

$$Q_r = Q_g \cdot N_{g/r}$$

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

Avec : Q_r : Débit de 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

IV-5-2- Diamètre

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.5 m/s tel que :

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

Avec : Q : débit de la conduite considérée

V : vitesse d'écoulement.

**IV-5-3- Perte de charge**

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$J_{PEBD} = 0.478.D^{-4.75}.Q^{1.75}$$

Pour notre projet on a utilisé des canalisations en polyéthylène.

Dans une canalisation assurant un service en route

$$j = \frac{L}{2,75} J$$

Ou : L : la longueur de la conduite ; (m)

Q : débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

IV-5-4- Conditions hydrauliques

Variation maximale de débit entre goutteurs $\Delta q / q = 10\%$

Variation maximale de la pression $q = K \times H^x$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x \times \frac{\Delta H}{H_n}$$

H_n : Pression nominale

$$\Delta H = 2 \text{ mce}$$

La valeur de pertes de charges singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression.

$$h(\text{sin}) = 0.2 \text{ mce}$$

$$h(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce}$$

$$h(\text{linéaire}) = 1.8 \text{ mce}$$

NB :

h_l : perte de charge linéaire

h_s : Perte de charge singulière

h_t : Perte de charge totale

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur le porte-rampe

2/3 sur les rampes



IV-6- Dimensionnement des différentes parties du réseau

IV-6-1- Les rampes

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau IV-4

Tableau IV-4: calcul de D_{cal} de la rampe

Cultures	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	h _l (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	h _{lc} (m)
Olivier	200	67	268	1.2	15.92	20	0.41
Pêcher	200	100	400	1.2	18.46	20	0.82

La valeur de la perte de charge calculée est inférieure à 1.2 mce (la valeur maximale).

IV-6-2- Dimensionnement des porte-rampes (alimentation sur le côté)

Longueur de rampes L_r = 200m.

Nombre de goutteur Ng =67(Olivier) et 100(Pêcher)

Débit de rampes Q_r = 268 l/h. (Olivier) et 400 l/h. (Pêcher)

Nombre de porte rampes N_{pr}= 8(Olivier) et 6(Pêcher)

Nombre des rampes N_r = 100(Olivier) et 72(Pêcher)

Débit du porte rampe =Q_r×N_r

Tableau IV-5: calcul de D_{cal} du porte-rampe

Cultures	L _{pr} (m)	N _{pr}	Q _r (l/h)	Q _{pr} (l/s)	h _l (m)	D _{cal} (mm)	D _n (mm)	h _{lc} (m)
Olivier	75	8	268	0.97	0.6	38.58	40	0.51
Pêcher	48	6	400	1.33	0.6	39.53	40	0.57

La valeur de la perte de charge calculée est inférieure à 0.6 mce (la valeur maximale).

IV-6-3- Conduite d'approche

$$Q_{app}=Q_{pr} \times N_{pr}$$

Q_{app} : Débit de la conduite d'approche

Q_{pr} : Débit de la porte rampe

N_{pr} : Nombre de la porte rampes

Les résultats obtenus sont représentés dans les deux tableaux suivants (IV-6, IV-7)



Tableau IV-6: Caractéristiques hydrauliques des équipements goutte à goutte

	Olivier			Pêcher		
	rampe	Porte-rampe	Conduite secondaire	Rampe	Porte-rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	200	75	300	200	48	142
Diamètre (mm)	20	40	90	20	40	90
Débit (l/s)	0.07	0.97	7.76	0.11	1.33	7.98
Perte de charge(m)	0.41	0.51	0.53	0.82	0.57	0.55

Tableau IV-7 : caractéristiques de la conduite principale d'adduction

	Longueur M	Diamètre mm	Débit l/s	Perte charge M	V (m/s)
Conduite principale	974	315	94.66	0.56	1.43

IV-7- Dimensionnement de la station de pompage

Introduction

En se basant sur les données existantes, cette partie permet de faire le dimensionnement de la station de pompage: Le choix des pompes, la définition des ouvrages et des appareillages, choix du mode de fonctionnement et la protection de l'installation.

IV-7-1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage

Un projet d'alimentation en eau d'irrigation de la 1ère élévation est constitué d'une prise d'eau, une station de pompage et un bassin d'irrigation.

Ces constructions se font suivant des schémas types, de dispositions plus adéquates pour un tel type de conditions d'exploitation, la construction dépend aussi du relief, de l'environnement. Et pour ces raisons on prend en considération certains paramètres essentiels.

- Il ne faut jamais construire la station de pompage, dans les zones sismiques et les zones non stables
- Les lignes d'électricité doivent être placées le long de champ d'isolement des routes et des quartiers d'habitation



- Il faut prendre en considération la distance entre la station de pompage et les différents ouvrages urbains, une distance qui assure l'élimination des dangers provoqués par l'un au l'autre .
- Choisir le cheminement le plus court pour la conduite de refoulement pour réduire les pertes de charges ainsi que les travaux de terrassement.
- Construire la station de pompage en prenant en considération les normes internationales dans ce domaine.

La station de pompage doit être équipée de

- L'accès à tous les ouvrages
- Plateforme avec une très bonne qualité de béton
- Prévoir des moyens de dérivation des eaux pluviales, drainage par des caniveaux
- Faire un profil en long de l'emplacement de la prise d'eau et la conduite de refoulement.

IV-7- 2 Détermination de la hauteur d'élévation calculée

A partir du calcul les besoins en eau on peut tirer le débit caractéristique (mois de pointe)

Avec une surface de 220hectar (partie refoulement)

$$Q_{moy} = 94.7l / s = 0.0947 m^3 / s$$

$$Q_{moy} = 0.0947 m^3 / s$$

$$Q_{moyj} = 8182.1 m^3 / j$$

IV-7-3 Type de bâtiment de la station

Le bâtiment de la station de pompage se construira pour abriter l'ensemble des installations suivantes :

- équipements hydrauliques, hydromécaniques, principaux et auxiliaires.
- appareillage électrique.
- locaux de personnel, etc. ...

Le type de bâtiment choisi devra en premier lieu satisfaire aux facteurs suivants :

- mode de raccordement prise d'eau – Station de refoulement



- but de la station de pompage (AEP, Assainissement ou Irrigation)
- les matériaux de construction et leur disponibilité
- Conditions de (climat, relief, géologie, hydrogéologie...) de la région
- L'encombrement dû à la pompe et ses accessoires. On distingue donc les types bâtiments résultants de ces conditions, d'où on a :
 - Bâtiments type Bloc
 - Bâtiments type bâche sèche
 - Bâtiments type bâche mouillée – pompe submersible
 - Bâtiments type enterrée
 - Bâtiments type semi enterrée

Vu les conditions géologiques et topographiques du site de la station, on opte pour un bâtiment type Bâtiments type bâche sèche tel

Que la partie souterraine est constituée par :

- Bâche d'aspiration.
- Fosse des pompes.
- Chambre pour les vannes.

Avantage du bâtiment:

- Installation des pompes est verticale à sec.
- Le cout de réalisation n'est pas très élevé.
- Facilité de la réalisation et de la maintenance.

IV-7-3 -1 Dimensions de la bâche

a) volume de la bâche

Le volume du réservoir de stockage de la station est adopté égal au débit total qui arrivant en un temps déterminé.

$$V_t = Q * t$$

V_t : volume de la bâche en (m^3)

Q : débit total qui arrivées à la station de pompage

t : temps de stockage des eaux dans la bâche pendant l'arrêt des pompes, Pour notre projet on pose que la station de pompage il fonction 1h

Donc : on fixe $t = 1$ heure.



$$V_t = 0,0947 * 1 * 3600 = 340.9 \text{ m}^3$$

Le volume total de la bache sera $V = 340.9 \text{ m}^3$

b) surface de la bache

On a : $S = \frac{V}{H}$ (la forme de bache est rectangulaire).

S : surface de la bache en (m²) ; V : volume de la bache en (m³)

H : la hauteur de la bache en (m), on fixe cette hauteur à H = 4m

c) Longueur et largeur de la bache

On a : $S = B \cdot L$ (la forme de la bache est rectangulaire).

L : la longueur de la bache en (m)

B : la largeur de la bache

Tableau IV -8: Dimensions de la bache d'aspiration

Dimensions	la bache
Volume (m ³)	340.9
Hauteur (m)	4
Surface (m ²)	85.23
Longueur (m)	10
Largeur (m)	8.5

Données de base :

1. Cote PHE bache d'aspiration : 294.5NGA
2. Cote PBE bache d'aspiration 290.5NGA
3. Débit pompé 94.7 l/s
4. Longueur Conduite de refoulement 164 m
5. $\nabla_{\text{max}} = 355 \text{ m}$

La hauteur géométrique maximale est ainsi de $338.5 - 290.5 = 48 \text{ m}$



La hauteur géométrique minimale est de $338.5 - 294.5 = 44$ m

$$H_g^{moy} = (H_g^{max} + H_g^{min})/2$$

$$H_g^{moy} = 48 + 44/2 = 46\text{m}$$

La HMT est donnée par la formule suivante :

$$HMT = H_{géo} + \Sigma P_{dc} + P_{exh}$$

Où

$H_{géo}$ = Hauteur géométrique

Et ΣP_{dc} = somme des pertes de charge linéaires et singulières.

P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur)

$$= (1,0 \div 1,5) \text{ m} ; \text{ On prend } P_{exh} = 1 \text{ m}$$

$$\Sigma P_{dc} = (1,15 \div 1,3) \Sigma h_p(\text{ref})^{lin} \quad (\text{pour } Q < 3\text{m}^3/\text{s})$$

et :

$$\text{Pour } L_{ref} = 1000 \text{ m on a } \Sigma h_p(\text{ref})^{lin} = 4\text{m}$$

Notre conduite de refoulement à une longueur de 164 m.

D'où:

$$h_p(\text{ref})^{lin} = \frac{164}{1000} * 4 = 0.7 \text{ m}$$

$$\Sigma h_p(\text{ref})^{lin} = 0.7\text{m}$$

$$\Sigma P_{dc} = 1,15 * 0.7 = 0.8 \text{ m}$$

La somme des pertes de charge est donc de $\Sigma P_{dc} = 0.8$. mCE.

La Hmt maximale est $HMT = 46 + 0.8 + 1 = 47.8$ mCE.

IV-7-3 -2-Choix du nombre pompes à axe horizontal multicellulaires

-pour $n=1$

Pour une seule pompe on a :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{ista}}{n} = \frac{0.0947}{1} = 0,0947\text{m}^3/\text{s}$$



D'autre part on a $H_{cal} = 47.8\text{m}$

D'où d'après le logiciel capraripumptutorcaprari on trouve que cette pompe à comme caractéristiques :

Diamètre d'aspiration $D_a = 85\text{mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 100\text{ mm}$

Débit $Q = 341\text{ m}^3/\text{h}$

Hauteur manométrique totale $H = 59.8\text{ m}$

La vitesse de rotation $n = 2930\text{ tr}/\text{min}$

Puissance absorbée $P_a = 61.2\text{Kw}$.

$NPSH_r = 4.42\text{ m}$

Le rendement $\eta = 75.8\%$

- pour $n=2$:

Pour deux pompes on a :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{inst}}{n} = \frac{0.0947}{2} = 0.047\text{ m}^3/\text{s} = 169.2\text{m}^3/\text{h}$$

D'autre part on a $H_{cal} = 47.8\text{ m}$

D'où d'après le logiciel capraripumptutor on trouve que cette pompe à comme caractéristiques :

Diamètre d'aspiration $D_a = 85\text{ mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 100\text{ mm}$

Débit $Q = 169.2\text{m}^3/\text{h}$

Hauteur manométrique totale $H = 57\text{ m}$

La vitesse de rotation $n = 2910\text{ tr}/\text{min}$

Puissance absorbée $P_a = 28.5\text{Kw}$.

$NPSH_r = 5.79\text{ m}$

Le rendement $\eta = 78.6\%$

- pour $n=3$:

Pour le nombre de pompes principales égales à 3 on a

$$Q_{cal} = \frac{Q_f}{n} = \frac{0.0947}{3} = 0.032\text{ m}^3/\text{s} = 115.2\text{ m}^3/\text{h}$$



D'après le logiciel capraripumptutor, on trouve que cette pompe à comme caractéristiques

- Diamètre d'aspiration $D_a = 85 \text{ mm}$
- Diamètre de refoulement $D_r = 100 \text{ mm}$
- Débit $Q = 0.115.2\text{m}^3/\text{h}$
- Hauteur manométrique totale $H = 53 \text{ m}$
- La vitesse de rotation $n = 2959 \text{ tr/min}$
- Puissance absorbée $P_a = 19.1\text{Kw}$.
- $\text{NPSH}_r = 3.32\text{m}$
- Le rendement $\eta = 78.2\%$

Et les résultats sont représentés dans le tableau IV-9 suivant

Tableau IV-9: Choix de lavariante pour le nombre de pompes

N°	$Q_{cal} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$H_{cal} \text{ (mce)}$	Pompe choisie	$\eta \text{ (%)}$	$n \text{ (tr/min)}$	$P \text{ (Kw)}$	$(\text{NPSH})_r \text{ (m)}$
1	341	47.8	MEC-AZRBH-2/125E	75.8	2930	61.2	4.42
2	170.5	47.8	MEC-AZ2/80A	78.6	2910	28 .5	5.79
3	115.2	47.8	MEC-AZ2/80C	80.2	2959	19.1	3.32

On remarque qu'on a de bonnes caractéristiques pour la variante N° 3 donc on prend une installation de 3 pompes

IV-7-3 -3-choix du nombre de pompes de secours

D'après le choix de nombre de pompes. On déterminele nombre de pompes de secours.

Les intervalles des nombres de pompes sont :

Si :

$N_p \leq 4 \rightarrow 1 \text{ pompe de secours}$

$4 < N_p \leq 6 \rightarrow 2 \text{ pompes de secours}$

$N_p \geq 6 \rightarrow 3 \text{ pompes de secours}$

Pour notre projet, on a une seule pompe de secours.



Donc, la variante choisie est 3 pompes à axe horizontal monocellulaires, avec une pompe de secours ayant les caractéristiques suivantes

Diamètre d'aspiration $D_a = 90 \text{ mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 110 \text{ mm}$

Nombre de tours $n = 2959 \text{ tr/min}$

Rendement $\eta = 80.2\%$

Hauteur manométrique totale $H = 53 \text{ m}$

Puissance absorbée $P_{abs} = 19.2 \text{ KW}$

NPSH requis $(NPSH)_r = 3.32 \text{ m}$.

IV-7-3 -4 Choix du moteur électrique

D'après le catalogue des moteurs on trouve que notre moteur électrique a les caractéristiques suivantes :

Un moteur triphasé 50 Hz

Tension nominale 400V

Vitesse nominale 2950tr/min

Nombre de pôles 2

Puissance nominale P_2 30KW

Courant nominale -A

Degré de protection IP55

Classe d'isolation F

IV-8-Détermination de la hauteur admissible d'aspiration

Pour que la pompe soit bien calée vis-à-vis de la cavitation

Nous avons :

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + 0,5$$

$$(NPSH)_d = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp} \cdot V_{asp}}{2g} - h_{adm}^{asp} = (NPSH)_r + 0,5$$

$$\Rightarrow h_{adm}^{asp} = \frac{P_{at}}{\varpi} - \frac{P_v}{\varpi} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp} \cdot V_{asp}}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

Donc :

La longueur d'aspiration $L_{asp} = 3 \text{ m}$

$$\sum h_{asp}^{lin} = \frac{3}{1000} \cdot 4 = 0.012 \text{ m}$$



Et :

$$\sum h_p^{sing} = (0,10 \div 0,15) \cdot \sum h_p^{lin}$$

$$\sum h_p^{asp} = 0,012 + 0,0018 = 0,0138 \text{ m}$$

$$V_{asp} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_a^2} = \frac{4 \cdot 0,0315}{3,14 \cdot (0,1)^2} = 3,73 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_{asp} \cdot V_{asp}}{2g} = 0,71$$

$$\frac{P_v}{\omega} = 0,183 \quad \text{À } 25^\circ \text{ c}$$

$$h_{adm}^{asp} = 10,33 - 0,183 - 0,00138 - 0,71 - 3,11 - 0,5 = 4,56 \text{ m}$$

Notre pompe est loin de risque de cavitation.

La cote d'aspiration sera donc :

$$\begin{aligned} \nabla_{asp} &= \nabla_{min} + h_{asp}^{adm} - 0,1 \\ &= 290,5 + 4,56 - 0,1 = 285,84 \text{ m} \end{aligned}$$

IV- 9 Détermination du diamètre économique de refoulement

Il faut tout d'abord déterminer les pertes de charge engendrées dans les canalisations. Connaissant la hauteur géométrique, on peut déterminer les hauteurs manométriques totales (HMT) correspondantes à chaque diamètre

La hauteur géométrique $H_g = 45 \text{ m}$

IV-10 Calcul des pertes de charge

La formule de Darcy WEISBACH

$$\sum h_p = \frac{8 \lambda L Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

Où Q : est le débit moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : l'accélération de la pesanteur. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

L : longueur de la conduite (m)

D : diamètre intérieur de la conduite (m).

λ : Coefficient de frottement linéaire (coefficient de perte de charge).donné par la formule



$$\lambda = [1,14 - 0,86 \times \text{Ln} (\varepsilon / \Phi)]^2$$

Avec : L=910m

Où :

$$V = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \quad \text{et} \quad 0.8 \leq V \leq 1.5$$

ε : coefficient de rugosité équivalente de la paroi

Dans notre projet on prend $\varepsilon=0.001$

Φ : Diamètre de la conduite.

-On a $F_{exp} = E_a \cdot e$

F_{exp} : frais d'exploitation

E_a : énergie consommée annuellement par l'installation de pompage en (Kwh) donnée par :

$$E_a = P_t \cdot 1 \cdot 365 \quad ; \quad P_t = n \cdot p$$

n = nombre de pompes en fonctionnement $n = 3$

p = puissance absorbée par l'installation de pompage, donnée par

$$\text{La formule suivante : } P = \frac{9,81 \cdot Q \cdot HMT}{\eta p} \quad (\text{Kw})$$

Q : le débit à refouler.

HMT : la hauteur manométrique totale.

η_p : Le Rendement de pompage (80%).

e : le tarif de l'énergie électrique. e = 4.13Kw/h (SONELGAZ).

Les résultats de calcul sont représenté dans le tableau ci-dessous



Tableau IV -10 : les frais d'exploitation

D (mm)	ε	□hp□(m)	HMT(m)	Pt (kw)	Ea(kwh)	Fexp(DA)
50	0.049	14694.24	14741.24	5.31	5814.45	24246.26
100	0.038	355.31	402.31	0.145	158.775	662.09
150	0.0335	42.42	89.42	0.032	35.04	146.12
200	0.0308	7.92	54.92	0.02	21.9	91.32
250	0.0288	2.75	49.75	0.018	19.71	82.19
300	0.0272	2.09	49.09	0.018	19.71	84.35

D'après le tableau on a les frais d'exploitation minimal c'est qui un diamètre 200mm et

250mm et on a la vitesse pour le diamètre D=250mm → $V = \frac{4*Q}{3.14*D^2} = 0.6m/s < 0.8$

Et pour le diamètre D=200mm → $V = \frac{4*Q}{3.14*D^2} = 0.94$ donc $0.8 \leq V \leq 1.2$ on prendre le diamètre économique D=200mm

IV-11-Dimensionnement du réservoir de stockage

Pour assurer une irrigation en continue, et pour que le réseau de distribution soit alimenté par gravité, un réservoir de stockage s'avère inévitable,

Et pour le dimensionnement de ce dernier, on a les données suivantes :

Le besoin maximum journalier = 6.65mm/j

La fréquence d'arrosage = 6 j/mois

La durée d'arrosage = 3.15 h/j

La surface totale =100ha

Le réservoir de stockage serait de forme circulaire et ses dimensions sont mentionnées dans le tableau IV-11

**Tableau IV-11** : les dimensions du réservoir de stockage.

Le besoin (m ³ /h)	Volume journalier Nécessaire (m ³)	Hauteur du réservoir (m)	Le rayon du réservoir (m)
364.67	1148.7	5	12

Conclusion

Dans ce chapitre, on s'est intéressé au dimensionnement des différents organes du réseau d'irrigation, en passant par la station de pompage puis conduite de refoulement et réservoir de stockage, vers la conduite principale qui alimente les conduites secondaires, où ces dernières alimentent les porte-rampes et les rampes. Enfin, on arrive aux goutteurs qui alimentent les plantes.



Introduction

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

V.1. Devis de réseau d'irrigation localisée.

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

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

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube Ø20 PEBD	m/l	200800	16.22	3256976
Tube Ø40 PEBD	m/l	4995	66.99	334615.05
Tube Ø90 PEHD	m/l	4648	360.02	1673372.96
Tube Ø315 PEHD	m/l	974	4362.46	4249036.04
Vanne Ø20	U	1004	453.5	455314
Vanne Ø40	U	82	528.26	43317.32
Vanne Ø90	U	12	4500	36000
Vanne Ø315	U	6	5200	31200
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	13500
Manomètre glycérine 10bars	U	1	832.92	832.92
TE égal	U	13	769.28	10000.64
Bouchon Ø20	U	1004	20	20080
Bouchon Ø40	U	82	43.88	3598.36
Goutteur réglable	U	83734	6.13	513289.67
Total 01				10641131.2

V.2. Factures pro-forma destination de pompage, conduite principale et réservoir

V.2.1. Calcul du volume de terrassement

V.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée

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

$$B = d + (0.5-1.2)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

V.2.1.b. profondeur de la tranchée

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

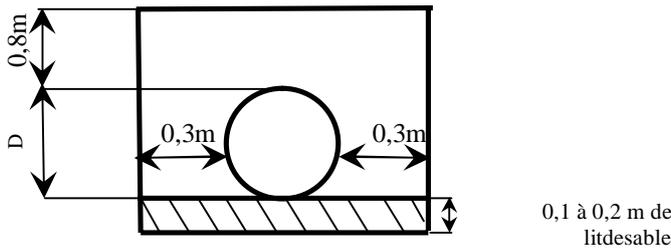


Figure V.1 : Schéma d'une tranchée

$$H = e + d + h \text{ (m)}$$

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.

V.2.2. la conduite principale

V.2.2.a. Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = B * H$$

$$B = d + (0.5 - 1.2)$$

$$\text{Donc : } B = 1 + \varnothing$$

$$H = 1 + \varnothing \text{ m}$$



Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau V-2

Tableau V.2: calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	largeur d'une tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m ³)
315	974	1	1.2	1168.8

V.2.2.b.Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranché, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante

$$V = e * b * L$$

Tableau V.3.calcul du volume de sable

Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m ³)
0.12	974	1	116.88

V.2.2.c.Calcul du volume de remblai

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

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

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Dont les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau V-4.

Tableau V.4 .Calcul du volume de remblai

Diamètre (mm)	Déblai (m ³)	Conduite (m ³)	Sable (m ³)	Remblai (m ³)
315	1168.8	75.85	116.88	976.07



V.2.3. Devis estimatif pour le terrassement, la station et le réservoir

Tableau V.5. Factures pro-forma terrassement, station de pompage et le réservoir.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m ³	1168.8	300	350640
2) lit de sable	m ³	116.88	800	93504
3) remblaiement de la tranchée	m ³	976.07	200	195214
station de pompage				
MEC-AZ2/80C	U	3	1450000	4500000
Accessoire		1	250 000	250000
Réservoir de 1150m ³		1	390000	3900000
TOTAL 02				5639358

V.2.4. Devis estimatif total

$D = \text{total 01} + \text{total 02} = 16280489 \text{ DA}$

Les prix unitaires sont fournis par la STPM-CHIALI en toute taxe.

Conclusion

D'après le coût de la projection des réseaux qu'on a obtenue, on remarque que l'estimation du réseau d'irrigation localisée est très élevée. Cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduite assez important, et a la filtration qui demande des équipements trop chers.



Chapitre VI : Organisation de chantier

Introduction

L'organisation de chantier a pour but de réaliser des projets dans des délais courts et à moindres coûts.

L'organisation de chantier consiste à rechercher constamment, la meilleure façon d'utiliser de façon économique la main d'œuvre et les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier.

Afin d'atteindre cet objectif, il est impératif de :

- ✚ Définir avec précision les méthodes d'exécution, les modes opératoires permettant la mise en pratique des techniques modernes de construction avec un haut rendement ;
- ✚ Arrêter en quantité et en qualité le personnel à employer, le coût de la main d'œuvre ayant une incidence importante sur le prix de revient;
- ✚ Répartir et coordonner les tâches par la concentration d'une main d'œuvre spécialisée;
- ✚ Structurer convenablement les postes de travail stabilisés pour les quels, on adoptera une mécanisation de plus en plus poussée.

VII. Les actions reçues par les conduites :

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

- ✓ La pression verticale due au remblai ;
- ✓ La pression résultant des charges roulantes ;
- ✓ La pression résultant des charges permanentes de surface ;
- ✓ La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique ;
- ✓ Le tassement différentiel du terrain ;
- ✓ Action des racines des arbres.



VI.2 Pose de canalisation

VI.2.1. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire :

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, on possède à un triage de conduite de façon à écarter celles qui ont subies des chocs, des fissures, ..., après cela on pratique la décente en lit soit manuellement soit mécaniquement d'une façon lente. Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butées de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée.

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints doit toujours avoir lieu avec remblaiement. L'essai consiste au remplissage de la conduite par l'eau sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 min environ, la diminution de la pression ne doit pas excéder 0,2 Bars.

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm exempts de pierre et bien pilonné et sera par la suite achevé avec des engins.

VI.2 .2. Pose de canalisation dans un mauvais terrain :

- ✓ Cas d'un terrain peu consistant :

Pour éviter tout mouvement de la canalisation ultérieurement, celle-ci doit être posée sur une semelle en béton armé ou non avec interposition d'un lit de sable. La semelle peut être continue ou non en fonction de la nature du sol. Dans le cas où la canalisation repose sur des tasseaux, ces derniers doivent être placés plus proches des joints et soutenus par des pieux enfoncés jusqu'au bon sol.

- ✓ Cas d'un terrain agressif :

La protection des conduites enterrées, contre les phénomènes de corrosion (voir chapitre précédent), est à réaliser par une manche en film de polyéthylène ; lorsque le terrain présente une résistivité inférieure à 1500 Ωcm ou lorsqu'il y a présence de sulfures, de sulfates ou de chlorures.

La manche en polyéthylène d'une certaine ampleur drapè la canalisation et doit la plaquer au maximum. La totalité du pli, dont l'extrémité est toujours dirigée vers le bas, se situe dans la partie supérieure de la canalisation. La manche est maintenue par des bandes adhésives ou des colliers souples à agrafage automatique à raison de 4 par tuyau. Les manches successives sont posées avec un recouvrement minimal de 0,30 m.

VI.2. 3. Pose de canalisation en galerie :

Dans certains cas le tracé de la canalisation peut rencontrer des obstacles qui nous oblige à placer la conduite dans une en galerie.

Les conduites de diamètre important (sauf aqueducs) doivent être placées sur des madriers (bois de chêne) et calées de part et d'autre pour éviter leur mouvement.

Les canalisations de petit diamètre peuvent être placées dans un fourreau de diamètre supérieur et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés dans des regards implantés de part et d'autre de la route.

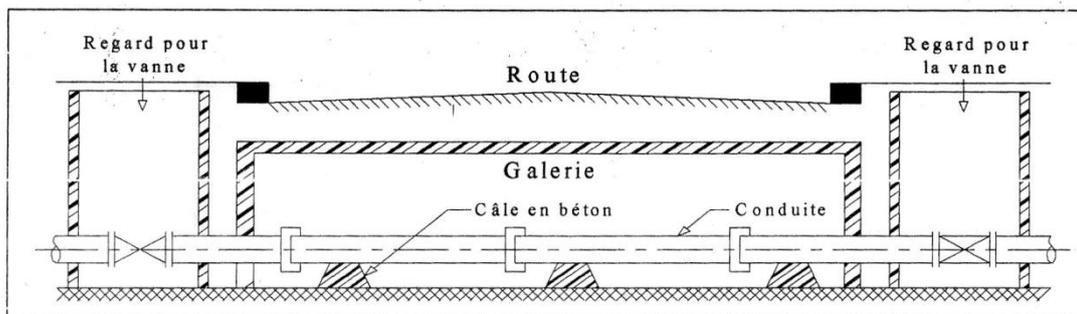


Figure VI.1: Pose de canalisation en galerie

VI.2.4.1 Traversée d'une rivière :

La pose de canalisation à la traversée d'une rivière demande certains travaux confortatifs en fonction de l'état de la traversée et de l'importance de l'adduction. L'existence d'un pont-route servira également de support pour la canalisation, ou celle-ci sera accrochée au tablier. Dans le cas où le pont-route n'existe pas la canalisation pourra suivre le lit de rivière, posée sur des ouvrages spéciaux (Tasseaux par exemple) et couverte de tout-venant pour être protégée contre les chocs (Dus à la navigation par exemple).

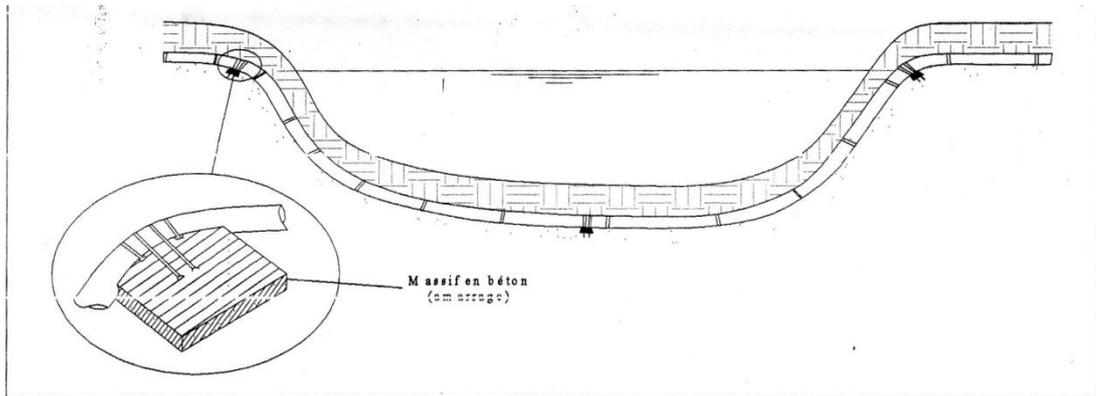


Figure: VI.2 traversée d'une rivière

VI.3 Exécution des travaux :

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

- ✚ Vérification, manutention des conduites;
- ✚ Emplacement des jalons des piquets ;
- ✚ Aménagement du lit de pose ;
- ✚ La mise en place des canalisations en tranchée ;
- ✚ Assemblage des tuyaux ;
- ✚ Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints ;
- ✚ Remblaiement des tranchées.

VI.3.1 Vérifications et manutentions des canalisations :

Les produits préfabriqués font l'objet sur chantier de vérification portant sur :

- ✓ Les quantités ;
- ✓ L'aspect et le contrôle de l'intégrité ;
- ✓ Le marquage en cas de défaut.

VI.4. Maintenance des ouvrages et équipements

VI.4.1 Maintenance des premiers niveaux

Pour les interventions courantes, les activités de maintenance de premiers niveaux sont généralement réalisés par les agents d'exploitation, proche des ouvrages dont ils ont la responsabilité, d'où une économie sensible en frais de personnel et déplacement, et une plus grande rapidité d'intervention.



VI.4.2.Maintenance spécialisée

Pour les interventions de niveau supérieur, par nature plus complexe, les moyens sont nécessairement plus spécifiques. La maintenance est alors structurée par spécialités techniques correspondant aux différents types d'équipements.

Les spécialités les plus courantes sont les suivantes :

- ✚ Génie civil
- ✚ Appareillages :
 - ✚ Mécaniques
 - ✚ Electriques
 - ✚ Electroniques

Précautions

Les conduites sont posées sans brutalité sur le sol où dans le fond des tranchées et ne doivent pas être roulées sur des pierres ou sur le sol rocheux, mais sur des chemins de roulement.



Conclusion générale

La question de l'optimisation de la ressource en eau affectée au secteur agricole est d'une importance capitale de nos jours.

En effet, nous avons pu au terme de cette étude dimensionner un réseau d'irrigation en goutte à goutte sur le périmètre de Draa El-Mizane secteur Ouest, et ce à partir de du barrage Oued Ksari N°04 sur une superficie totale de 100 ha.

A travers cette étude nous avons conclu :

- l'ajustement par la loi de **log normale** ($P80\%=533.61\text{mm}$, $P50\%=667.25\text{mm}$) de la série des pluies journalières maximales, adoptée dans notre projet, présente une bonne adéquation.

- les besoins totaux d'irrigation pour nos cultures :

- ✓ Olivier: 75 l/s
- ✓ Pécher: 50 l/s

- Après le dimensionnement du réseau, on remarque que :

Tous les vitesses dans les conduites et les pressions dans les bornes sont admissibles (1m/s et 2m/s et 10 mce).

Enfin on doit soulever une question importante dans ce genre de projet qui est le volet entretien du réseau une fois que celui-ci est réalisé. L'entretien requiert une attention particulière surtout en tenant compte du fait que la source est superficielle (c'est-à-dire à partir du barrage de Oued Ksari N°04) où souvent la qualité de celle-ci est variable selon les saisons ;

Donc la longévité et la fiabilité de ce réseau sera conditionnée par la qualité des interventions en termes d'entretien, ce qui est très souvent négligeable.



BIBLIOGRAPHIE

[1] **BULLTIN DE FAO N° 36**, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33

[2] **BENHACENE GUESROUAOU**, Irrigation agricole notions générales Régime d'irrigation (1986). p 16

[3]-**TIERCELIN, J.R.** Traité d'irrigation, France, technique et documentation .France. 1998 P320

[4] **Jean_Robert Tiercelin**, Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).p19

[5] **MESSAHEL.MEKKI**, L'irrigation au goutte à goutte, Régime d'irrigation (O.P.U. ALGER 1986).p59



ANNEXE 1

Série de pluie de la station de Draa

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
	Code station : 021902												
	Nom station : DRAA												
	X : 600.95												
	Y : 359.2												
	Z : 530												
1980	2,5	53,4	118,8	221,5	45,9	77	70,2	74,3	36,6	2,9	0	30,9	734
1981	2,2	41,9	32,5	70,5	180,8	145,9	41,7	29,3	78,5	9,3	0	2,5	635,1
1982	62	155,5	161,6	143,4	0	41,3	27,9	52,5	4,4	0	11	8,6	668,2
1983	0	13,3	70,4	-999	112,3	149,1	47,7	47,6	90,4	17	8,7	0	
1984	32,9	123	30,2	149,9	94,5	37,3	270,9	14	81,5	0	1,5	0	835,7
1985	43,7	53,2	63,8	56,9	66,1	120,3	217,8	52	4,5	32	0,5	5	715,8
1986	27,8	67,5	97,8	216,7	121,2	231,3	60,6	18,4	15,5	17,8	0	6	880,6
1987	10,7	47,1	92,1	49,2	55,4	56,6	66,4	77,1	50,2	16,1	0	0	520,9
1988	27,3	5,2	42	232,1	49,7	25,8	45,8	112,8	10,7	12	2,5	31,8	597,7
1989	18,5	38	40,9	36	82,6	0	64,5	52,9	107	8,5	26,7	0	475,6
1990	19,8	31,6	59,6	188,8	112,5	132	92	34,8	62,8	2,2	0,9	6,6	743,6
1991	44,1	97,5	35,7	18	113,8	35,6	94,1	182,4	72,4	27,8	7,6	0	729
1992	11,9	48	127,3	129,9	38,5	77	18,3	87,7	42,7	0	0	5,5	586,8
1993	74,2	38,4	80	130,1	65,4	61,1	2,5	51	1,5	0	0	10	514,2
1994	75,3	75	34,5	76,3	213,8	29,7	107,3	23,9	0,8	23,2	0	10,5	670,3
1995	13,9	28,9	24,7	38,2	128,1	199,2	57,4	104,6	56,8	38,3	4,4	7,7	702,2
1996	22,5	24,2	39,5	58	37,6	20,5	43,3	75,9	25,5	2,3	2,5	42,2	394
1997	120	82,6	164,5	92,1	47,9	110,1	47,7	83,2	185,7	2	0	0,7	936,6
1998	20,5	78,8	123,4	72,1	83,9	90,9	44,3	11,3	26,3	1,2	0	5,1	557,8
1999	43,3	16,9	71,1	191	10,6	3,3	7,7	32,3	38,5	0	0	0	414,7
2000	3,1	58,3	61,6	61	263,8	74,6	4,7	49,9	42,4	0	0	4,8	624,2
2001	37,1	2,2	34,5	44,4	78,4	27,1	40,1	58,8	30,5	9,5	5,9	24	392,5
2002	22,8	31,7	214,8	253,1	237,7	135,9	27,5	133	26,7	2,1	0	21,6	1106,9
2003	39	115,6	68,7	122,7	92,2	37,4	44,7	91,7	119,7	0	0	8,5	740,2
2004	25,3	48	100,1	177	172,2	138,1	23,7	30,6	1,9	0	0	0	716,9
2005	27,9	40,3	78	105	90	124,3	65,5	7,2	52	0	0	0	590,2
2006	72,7	19,9	13,2	176,2	2,7	52,7	248,1	180,5	57,4	2,8	19,1	13,9	859,2
2007	53,7	128,7	149,8	89,6	13,6	28,2	78,8	25,4	64,9	16,1	0	0	648,8
2008	65	37,9	97,8	77,4	155,5	28,8	21,8	91,3	59,6	3,7	0	3,1	641,9
2009	154	15,4	87,4	131,9	83,6	69,2	72,8	32,6	48,5	14,2	0	16,2	725,7
2010	0,1	72	120,1	67,2	67,6	119,7	74,8	109	97	41,4	0	0	768,9
2011	3,1	46,7	119,5	86,7	69,7	238,1	71	152	30,3	0	0	36	853,1



ANNEXE 2

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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

ANNEXE 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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