

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et Drainage

THEME :

**CONCEPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION DU
PERIMETRE DE DRAA EL MIZAN –SECTEUR EST-
(W.TIZI OUZOU) SUR UNE SUPERFICIE DE 220ha
A PARTIR DU BARRAGE OUED KSARI N°04**

Présenté par :

M^r : BOUZERD Omar

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

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

JUIN 2013

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et Drainage

THEME :

**CONCEPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION DU
PERIMETRE DE DRAA EL MIZAN –SECTEUR EST-
(W.TIZI OUZOU) SUR UNE SUPERFICIE DE 220ha
A PARTIR DU BARRAGE OUED KSARI N°04**

Présenté par :

M^r : BOUZERD Omar

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

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

JUIN 2013

Dédicace



A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.

- *A mes chers parents pour les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard*
- *A mon frère **Mouh** et ma sœur **Soussou***
- *A toute ma famille*
- *A ma future femme **Sihem***
- *A tous mes enseignants et amis sans exception*



**BOUZERD
OMAR**



Remerciement



Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans son élaboration, ainsi que ceux qui ont bien voulu l'évaluer :

- Mon Promoteur Mr YAHIAOUI SAMIR. Pour avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse. Je lui exprime mes vifs remerciements.

- Mr: T.KHETTAL qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

-Madame O.AZIEZ. de m'avoir enseigné et honorer le jury.

-Monsieur KOLAI de m'avoir enseigné et honorer le jury.

- Madame S.LEULMI de m'avoir enseigné et honorer le jury.

Je remercie tous les enseignants de l'ENSH pour le savoir qu'ils m'ont transmis.

Je remercie encore tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de cette étude.

Merci à tous



BOUZERD OMAR



ملخص

من خلال الدراسة التي قدمناها قمنا بعملية استغلال مياه الحاجز المائي المسمى واد قصارى رقم 4 والمتواجد ببلدية ذراع الميزان من اجل سقي المساحة الزراعية المجاورة له وذلك باستخدام طريقة السقي بالتقطير. لذا وجب علينا التطرق الى حساب مختلف القنوات والتجهيزات اللازمة، كما قمنا ايضا بحساب حجامها، كمياتها وتكاليفها.

Résumé :

A travers cette étude que nous avons présentée, nous avons procédé à l'exploitation des eaux du barrage «OUED KSARI N°04» de la commune de DRAA EL MIZAN pour l'irrigation du périmètre voisinant, en utilisant la méthode « goutte à goutte ».

Cela nous a obligé de passer par le dimensionnement des conduites et de tous les ouvrages nécessaires, on a aussi calculé leurs quantités et leurs coûts.

Abstract:

Through this study we will examin the exploitation of water of the stopping “Oued KSARI N°04” of the commune of Draâ El Mizan for the irrigation of the being neighbour perimeter using the method of drop by drop. For this we should reveal the dimension of the conduits and of all the necessary works; then the calculation of their quantities and their costs

SOMMAIRE

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

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I .Description de la zone d'étude.....	2
I.1 Situation du périmètre d'irrigation.....	2
I- 2-Analyse des conditions climatiques	3
I- 2- a- Les précipitations	3
I- 2- b- Les températures	3
I- 2- c -Le vent	4
I- 2-d- L'évaporation	4
I- 2- e- L'humidité relative de l'air	5
I- 2- f- Insolation	5
I- 2- g- Le sirocco	6
I-2-h- La gelée	6
I-2-i- La gelée blanche.....	6
I-2-j- Les Orages.....	7
I-2-k- La grêle.....	7
I-3. Les indices climatiques	7
I-3-a. Indice d'aridité de Martonne	7
I-3-b. Quotient pluviométrique d'EMBERGER	8
I-3-c Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	10
I-4 - Conclusion	10
I-5- Géologie	11
I-6- Pédologie	11
I-6-a- Les sols minéraux bruts	11
I-6-b- Les sols peu évolués	14
I-7- L'aptitude culturale des sols	18
I-8- La perméabilité en surface	18
I-9- Réseau hydrographique	19
I-10- Les ressources en eaux	19
I-11- composition chimique de l'eau d'irrigation	20
I-12- Classification des eaux d'irrigation.....	20
I-12-a Classification mondiale (F.A.O)	20
I-12-b Classification américaine	21
I-12-b-1 Pour la conductivité électrique C.E	21
I-12-b-2- Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R.....	21
I-13- CONCLUSION	23

Chapitre II :

II- Introduction	24
II-1- Les procédés d'irrigation.....	24
II-1-a- L'irrigation gravitaire	24
II-1-a-1- l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant)	24
II-1-a-2- l'arrosage par infiltration (à la raie)	25
II-1-b- L'irrigation sous pression.....	25
II-1-b-1- Irrigation par aspersion.....	25
i) – Equipement classique : Rampes rigides déplaçables	26

ii) – Equipement Semi –Mobile avec rampes souples et asperseurs sur traîneaux.....	26
iii) – Equipement semi –fixe avec rampe souples et asperseurs sur traîneaux.....	26
II-1-b-2– Irrigation par apports localisés.....	27
II-2- Les contraintes intervenant dans le choix de la technique d’irrigation	27
II-2-1- Contraintes naturelles	27
a)- L’évaporation	27
b) – le vent	28
c) – La topographie (le relief)	28
d) – Qualité physico-chimique de l’eau d’irrigation	28
II-2-2-Contraintes agronomiques	28
a) – les risques sanitaires	28
b) – Risque d’asphyxie des plantes en cas de stagnation prolongée de l’eau en surface.....	29
c) – la taille des cultures agricoles	29
II-2-3-Contraintes techniques et Socio – Economiques.....	29
II-3-Comparaison des deux modes d’irrigations	29
II-3-1– l’irrigation par aspersion.....	29
II-3-2– l’irrigation par goutte à goutte	30
II-3-3–Evaluation de l’efficacité des différentes techniques d’arrosage Par rapport aux conditions du périmètre.....	31
II-4-Conclusion.....	32
II-5- Problématique	32

Chapitre III :

III-Introduction	33
III-1-Etude statistique des précipitations	33
III-1-1-Homogeneisation de la série pluviométrique	33
III-1-2-Test de WILCOXON	34
III-1-3-Ajustement à la loi de Gauss	36
III-2-Determination L’année De Calcul	41
III-3-Conclusion	42
III-4-Calcul de l'évapotranspiration.....	42
III-5-Calcul de l'Évapotranspiration réelle	43
III-6-La pluie efficace	44
III-7- Calcul du bilan hydrique pour les différentes cultures.....	45
III-8-Besoins en eau des cultures en irrigation localisée.....	46
III-9: Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois.....	47
III-10-Conclusion	47

Chapitre IV :

IV-Projection du réseau d’irrigation localisée.....	48
IV-1-La dose pratique	48
IV-2-dose réelle nette	48
IV-3- Fréquence d’arrosage	48

IV-4-Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	49
IV-4-1- Généralités	49
IV-4-2-le régime d'irrigation.....	49
IV-4-2-1 Besoins en eau journaliers max	50
IV-4-2-2 Temps maximum de travail	50
IV-4-2-3- Dose fictive apportée.....	50
IV-4-2-4-Durée de l'arrosage.....	50
IV-4-2-5-Nombre de postes.....	50
IV-4-2-6-Surface d'un poste.....	50
IV-4-2-7- Surface correspondante à une rampe.....	50
IV-4-2-8- Nombre de rampes par postes.....	51
IV-5-Calcul hydraulique	51
IV-5-1- Le débit	51
IV-5-2- Diamètre	51
IV-5-3- Perte de charge.....	52
IV-5-4- Conditions hydrauliques.....	52
IV-6- Dimensionnement des différentes parties du réseau.....	53
IV-6-1- Les rampes.....	53
IV-6-2- Dimensionnement des porte-rampes (alimentation sur le côté).....	53
IV-6-3- Conduite d'approche	53
IV-7- Conclusion.....	54
IV-8-Introduction	55
IV-9- Exigences principales soumises à la station de pompage.....	55
IV-10- Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station	55
IV-10-1- Données de base initiales	56
IV-10-2-Type de bâtiment de la station	56
IV-10-3-Dimensionnement de la bache de stockage	57
IV-10- 3-1- Les dimensions de la bache	58
a) volume de la bache.....	58
b) surface de la bache	58
c) Longueur et largeur de la bache.....	58
IV-11- Détermination de la hauteur d'élévation calculée.....	59
IV-12-Choix de nombre et de type de pompes.....	60
IV-12-1- Critères du choix du nombre de pompes sont suivants.....	60
IV-12-2-Choix du nombre de pompes à axe horizontal multicellulaires.....	61
IV-12-3-choix du nombre de pompes de secours.....	63
IV-12-4-Choix du moteur électrique	63
IV-12-5- Détermination de la hauteur admissible d'aspiration.....	64
IV-13-Détermination du diamètre économique de refoulement	64
IV-13-1-Calcul des pertes de charge.....	65
IV-13-2- Calcul des frais d'exploitations.....	65
IV-14-Dimensionnement du réservoir de stockage	66
IV-15-Conclusion.....	67

Chapitre V :

V- Généralités	68
V- 1-Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation	68

V- 2-Factures pro-forma station de pompage, conduite principale et réservoir.....	69
V- 2-1-Calcul du volume de terrassement.....	69
V- 2-1-a- Largeur du fond de la tranchée	69
V- 2-1-b- profondeur de la tranchée.....	69
V- 2-2- la conduite principale.....	70
V- 2-2-a-Calcul du volume de déblai.....	70
V- 2-2-b-Calcul du volume de lit de sable	70
V- 2-2-c-Calcul du volume de remblai.....	70
V- 2-3- Devis estimatif pour le terrassement, la station et le réservoir.....	72
V- 2-4- Devis estimatif total.....	72
V-3 conclusion.....	73

Chapitre VI :

VI-Organisation de chantier et exploitation du système d'irrigation.....	74
VI-1-Exécution des travaux.....	74
VI-1-a-Exécution de la tranchée	74
VI-1-b-Assise de la conduite	74
VI-1-c-Pose de la canalisation dans la tranchée	74
VI-1-d-Epreuve d'essai de pression.....	74
VI-1-e- Engins nécessaires pour l'exécution des travaux	74
VI-2-Exploitation du système d'irrigation.....	74
VI-2-1-Objectif de l'exploitation.....	75
VI-2-2-Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées.....	75
VI-2-2- a-Mesures d'amélioration technique.....	75
VI-2-2-b-Mesures d'exploitation.....	75
VI-2-3-Exploitation des ouvrages hydrauliques.....	75
VI-2-4-Maintenance des ouvrages et équipements.....	76
VI-2-4-a-Maintenance des premiers niveaux.....	76
VI-2-4-b-Maintenance spécialisée.....	76
VI-3-Conclusion.....	76
 Conclusion générale.....	 77

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I :

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelle (1980-2011).....	3
Tableau I-2 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles.....	3
Tableau I-3 : Les moyennes mensuelles des vitesses de vent (1989-2010).....	4
Tableau I-4 : L'évaporation moyenne mensuelle (1989-2011).....	5
Tableau I-5 : Humidités relatives moyennes mensuelles.....	5
Tableau I-6 : Insolations moyennes mensuelles	6
Tableau I-7 : Fréquence du sirocco.	6
Tableau I-8 : le nombre de jours d'orage par mois.....	7
Tableau I-9 : le nombre de jours de grêle par mois.....	7
Tableau I-10 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	8
Tableau I-11 : Les caractéristiques physico-chimiques du profil 23.....	13
Tableau I-12 : Les caractéristiques physico-chimiques de profil 194.....	15
Tableau I-13 : Les caractéristiques physico-chimiques de profil 037.....	17
Tableau I-14 : les différents types de sol constituant la région de DRAA EL MIZAN.....	18
Tableau I-15 : Caractéristiques physiques des sol s(selon Israesen-Hansen,1962).....	19
Tableau I-16 : composition chimique des eaux superficielles	20
Tableau I-17 : Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	21

Chapitre II :

Tableau II-1 : Comparaison entre l'aspersion et le goutte à goutte.....	31
---	----

Chapitre III :

Tableau III-1: Test de Wilcoxon pour la station de Draa el mizan (021902).....	36
Tableau III-2: Ajustement à la loi de gauss.....	37
Tableau III-3 : Ajustement à la loi log-normale.....	39
Tableau III-4 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	41
Tableau III-5: L'année de calcul.....	41
Tableau III-6 : Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penmann- Montheih, exprimée en mm/jour.....	43
Tableau III-7: Résultats de calcul de la précipitation efficace (CROPWAT 8.0).....	44
Tableau III-8 : Calcul du bilan hydrique pour le raisin de table.....	45
Tableau III-9 : Calcul du bilan hydrique pour les agrumes.....	46
Tableau III-10: Paramètres des cultures envisagées.....	47
Tableau III-11: Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois.....	47

Chapitre IV :

Tableau IV-1: calcul des paramètres.....	49
Tableau IV-2: données générales.....	49
Tableau IV-3: les paramètres du régime d'irrigation	51
Tableau IV-4: calcul de D_{cal} de la rampe	53
Tableau IV-5: calcul de D_{cal} du porte-rampe	53
Tableau IV-6: Caractéristiques hydrauliques des équipements goutte à goutte	54
Tableau IV-7 : caractéristique de la conduite principale.....	54
Tableau IV-8: Dimensions de la bêche d'aspiration.....	58
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.....	66

Chapitre V :

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.....	71
Tableau V-5 : Volumes des travaux de terrassement.....	71
Tableau V-6: Factures pro-forma terrassement, station de pompage et le réservoir.....	72
Tableau V-7 : devis estimatif total.....	72

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I-1 : carte d'état-major de DRAA EL MIZAN.....	2
Figure. I-2 : graphes des températures.....	4
Figure I-3 : climogramme pluviométrique D'EMERGER.....	9
Figure I-4 : diagramme de GAUSSEN.....	10
Figure I-5 : diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	23

Chapitre II :

Figure II-1 : arrosage à la raie.....	25
FigureII-2 : irrigation par aspersion.....	25
FigureII-3 : irrigation par aspersion.....	27

Chapitre III :

Figure III-1 : ajustement à la loi de Gauss (loi normal)	38
Figure III-2 : ajustement à la loi log-normale.....	40

Chapitre IV :

Figure IV-1 : Groupe Motopompe à Anneau.....	55
---	----

Chapitre V :

FigureV-1 : Schéma d'une tranchée.....	69
---	----

LISTE DES PLANCHES

Planche 01/04: Situation générale (situation générale)

Planche 02/04: plan du périmètre type

Planche 03/04: plan du réseau projeté

Planche 04/04: profil en long de la conduite principale

*INTRODUCTION
GENERALE*

INTRODUCTION GENERALE

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

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

Le périmètre de DRAA EL MIZAN dans la wilaya de Tizi-Ouzou n'est pas épargné par ce problème qui nécessite 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 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 six chapitres qui sont

- Analyse des conditions naturelles
- Problématique et choix de la technique d'arrosage
- Calcul des besoins en eau des cultures
- Dimensionnement du réseau et ouvrages nécessaires.
- Calcul technico-économique.
- Organisation de chantier

CHAPITRE I

ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

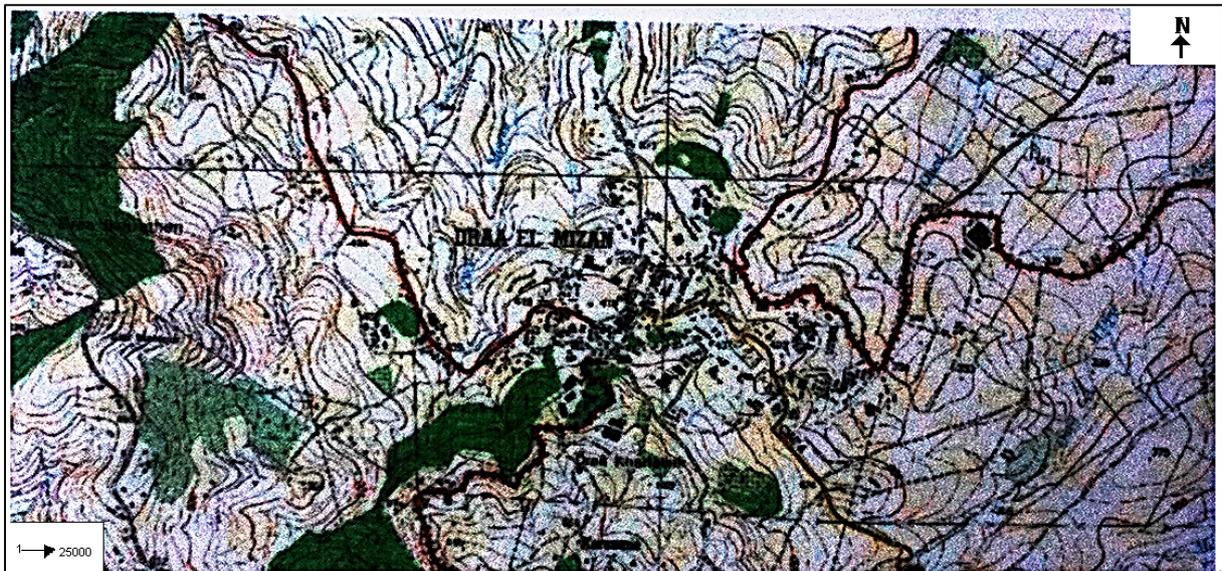
I. Description de la zone d'étude

I.1 Situation du périmètre d'irrigation

La commune de DRAA EL MIZAN 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'altitude varie de 220m dans la dépression à 800m dans la partie sud-est de la commune

- La commune de DRAA EL MIZAN est limitée comme suit :
- A L'EST, par les communes d'AIN ZAOUIA et FRIKAT ;
 - Au SUD et SUD –OUEST par la wilaya de BOUIRA ;
 - A L'OUEST par la commune de TIZI GHENIF ;
 - AU NORD par la commune AIT YAHIA MOUSSA (OUED KSARI).



figureI-1 : Carte d'état-major de Draa el Mizan

La ville principale est située dans la partie sud de la commune, Elle est située à 100Km au Sud-est d'ALGER et à 40Km au Sud-ouest du 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 par la RN25 reliant la gare AOMAR (W.BOUIRA) à la ville de DELLYS(W.BOUMERDES) via OUED KSARI – DRA BEN KHEDDA.

Elle est également reliée par la RN30, en direction d'Est au Chef-lieu de la wilaya (TIZI OUZOU) via BOGHNI, LES OUDHIAS.

La RN68 relie DRAA EL MIZAN à CAP DJINET (W.BOUWERDES) via les ISSERS.

I- 2-Analyse des conditions climatiques

Le climat de la région est caractérisé par un été sec et un hiver relativement humide.

I- 2- a- Les précipitations

La précipitation est un facteur climatique très important, elle nous permet de connaître les périodes où les cultures ont besoin d'être irriguées ou pas.

Tableau I-1 : Précipitations moyennes mensuelles (1980-2011)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Précipitation (mm)	36.8	54.3	83	111.3	93.4	84.9	68.8	68.1	50.7	9.5	2.9	9.4

Source : ANRH (Blida)

La moyenne annuelle des précipitations sur une série de 32 ans est de 673.1mm. La période la plus sèche correspond à Juin, Juillet et Août. La saison la mieux arrosée est l'Automne.

I- 2- b- Les températures

Les températures extrêmes et moyennes sur une période d'observation de 22 ans (1989 à 2011) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I-2 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct	Nov	Déc.
T_{moy}	10,6	10,3	13,4	17,5	19,7	23,1	27,5	28,5	24,7	19,7	15,7	13
T_{min}	6,9	6,3	8,7	12,1	14,8	17,8	21,9	21,9	18,9	14,6	12,2	8,7
T_{max}	15,8	15,7	19,5	23,5	26	29,6	34,9	37,2	32,54	27,1	21,5	19,6

Source : ONM (Tizi ousou)

La période chaude est plus longue (Juin, Juillet, Août et Septembre) où la température maximale moyenne est de 37.2°C.

La saison hivernale dure trois mois (Décembre, Janvier et Février) où la température minimale moyenne est de 6.3°C.

La température moyenne annuelle sur cette série de 22 ans est : 17.35°C.

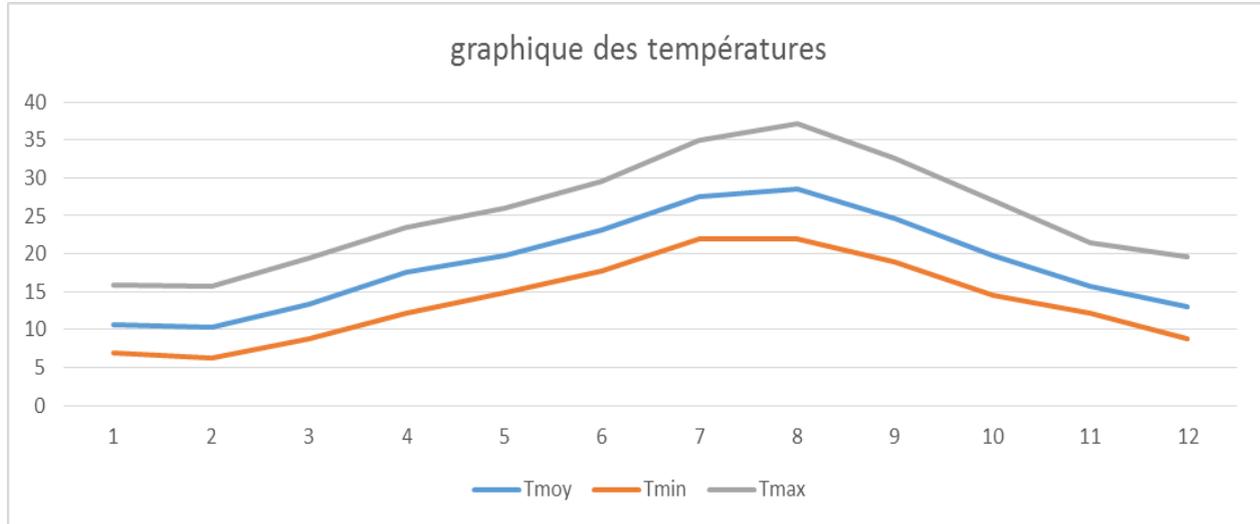


Figure. I.2 : Graphes des températures moyenne et extrême sur une série de 22ans

I- 2- c -Le vent

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

La variation de vitesse de vent au cours de l'année est représentée dans le tableau I-3.

Tableau I-3 : Les moyennes mensuelles des vitesses de vent (1989-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse de vent (m/s)	2,1	1,5	1,1	0,8	1,0	1,3	1,8	1,3	1,4	1,0	0,9	1,3

Source : ONM (Tizi ousou)

Le vent a été caractérisé seulement par ses vitesses dont la valeur moyenne est de 1.3 m/s, le vent atteint sa valeur maximale en mois de janvier à 2.1m/s. c'est un vent faible et modéré.

I- 2-d- L'évaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui permet une appréciation des conditions climatiques d'une région, elle résulte de la superposition des échanges entre l'eau et le pouvoir

absorbant de l'atmosphère. Elle peut aussi être définie comme étant le passage de l'état liquide à l'état gazeux.

Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau I-4 : L'évaporation moyenne mensuelle (1989-2011)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evaporation (mm)	59	54	72	88	104	135	157	154	118	97	77	63

Source : ONM (Tizi ousou)

On remarque d'après le tableau I-4 ; que l'évaporation atteint le maximum dans le mois de Juillet, elle atteint 157 mm

I- 2- e- L'humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal.

Les résultats d'observation sont représentés dans le tableau I-5.

Tableau I-5 : Humidités relatives moyennes mensuelles (1989 à 2011)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité relative (%)	84	88	81	76	71	61	60	49	65	70	79	81

Source : ONM (Tizi ousou)

L'humidité relative de l'air varie entre un maximum de 88 % en février et un minimum de 49% en Août,

I- 2- f- L'insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

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

Tableau I-6 : Insolations moyennes mensuelles (1989 à 2011)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h /mois)	182	187	221	262	193	294	300	315	172	101	182	139

Source : ONM (Tizi ousou)

L'insolation moyenne mensuelle enregistrée varie de 315 h/mois en Aout à 139 h/mois en Décembre.

I- 2- g- Le sirocco

Le sirocco, vent chaud et sec est observé pendant 37.3 jours/an, étalé sur 11 mois avec une fréquence plus élevée de 17.3 jours durant les deux mois de juillet et août.

Tableau I-7 : Fréquence du sirocco. (1989 à 2011)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Jour/mois	0.0	0.3	1.3	1.5	2.4	4.0	8.5	8.8	5.2	3.5	1.6	0.2

Source : ONM (Tizi ousou)

I -2-h- La gelée

Les gelées en air et sur le sol sont très nuisibles pour les plantes pendant la période de croissance et floraison. Donc, il faut tenir compte des gelées de fin de printemps et de début d'automne, afin d'éviter leur action négative sur les végétaux.

Dans la région, d'étude les premières gelées d'automne s'observent en Novembre, et les dernières de printemps en Avril. Pendant ces périodes, il est nécessaire de prendre les mesures pour diminuer leurs effets.

I-2-i- La gelée blanche

D'après les données de la station pluviométrique de TIZI OUZOU, les gelées blanches n'ont que 03jours dans l'année (mois de Novembre et Mars).

I-2-j- Les Orages

Tableau suivant représente le nombre de jours d'orage par mois

Tableau I-8 : le nombre de jours d'orage par mois (1989 à 2011)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre de jours d'orages	1.6	1.8	2.5	2.1	3.6	3.1	1.8	2.0	3.9	2.6	1.8	1.8	28.6

Source : ONM (Tizi ousou)

I -2-k- La grêle

Dans la zone d'étude, la grêle peut tomber dans n'importe quel mois de l'année, ce qu'on voit dans le tableau suivant :

Tableau I-9 : le nombre de jours de grêle par mois (1989 à 2011)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nombre de jours de Grêle	1.9	1.7	1.2	0.9	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.4	1.5	8.3

Source : ONM (Tizi ousou)

I-3.Les indices climatiques

I-3-a. Indice d'aridité de Martonne

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

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

$$I_A = \frac{673.1}{17.35+10} = 24.61$$

$$I_A = 24.61$$

Tableau I.10 : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

Valeur de I_A	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

$$I_A = 24.61 \text{ donc } 20 < I_A \leq 30$$

•D'où notre climat est relativement humide, donc l'irrigation est parfois utile.

I-3-b. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant le rapport entre la pluie et la température.

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales(Kelvin).

m : moyenne des températures minimales(Kelvin). .

$$M = 37.2 + 273 = 310.2K$$

$$m = 6.3 + 273 = 279.3K$$

$$P = 673.1mm.$$

$$\text{A.N: } Q = 73.9$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir Figure (I.3)), on peut dire que le climat de notre région est un climat semi-aride

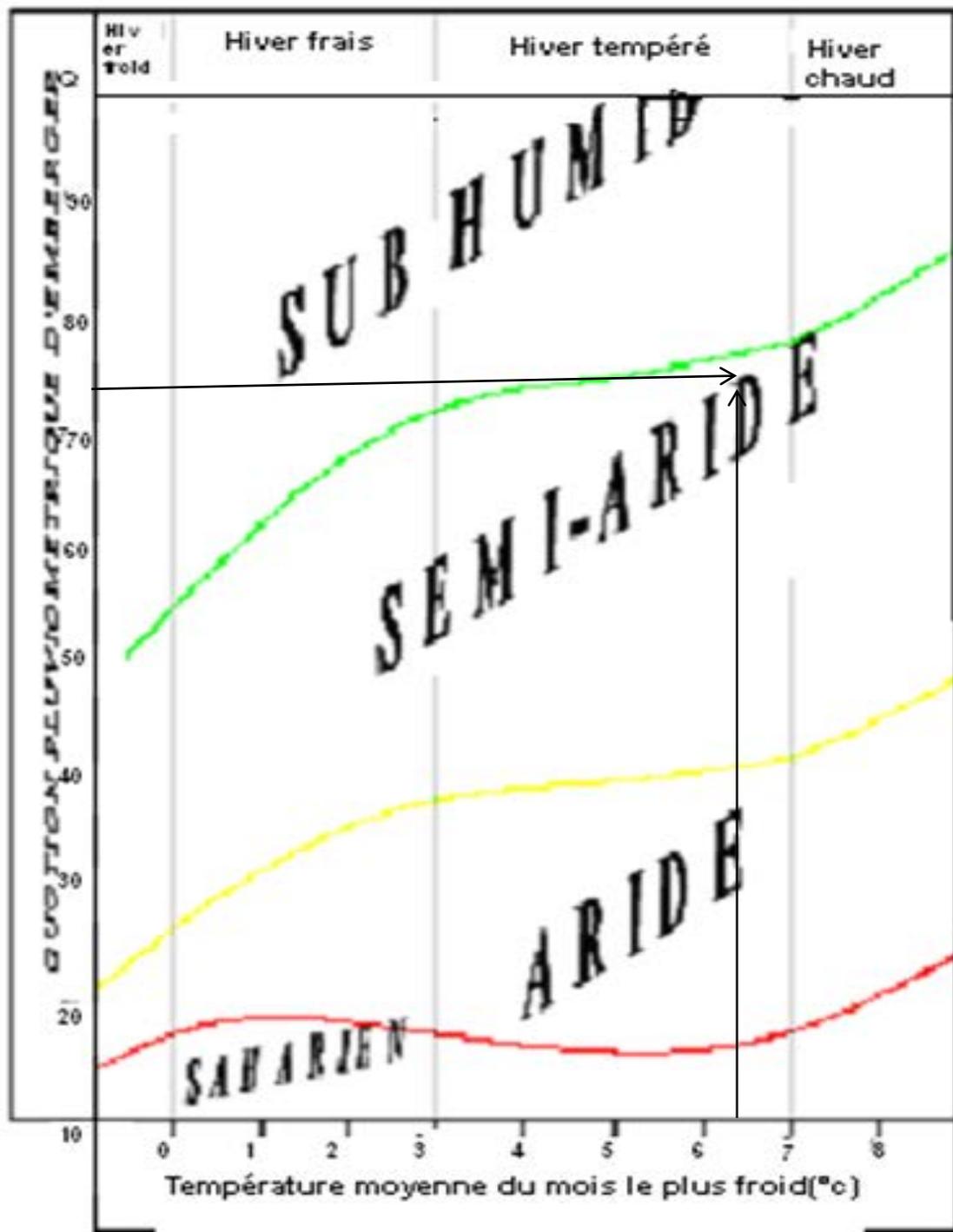


figure I-3 : Climogramme pluviométrique d'EMBERGER

I-3-c Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonnée les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies, dont l'échelle des températures est égale à la moitié de celle des précipitations. (Voir Fig. : I.4)

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

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

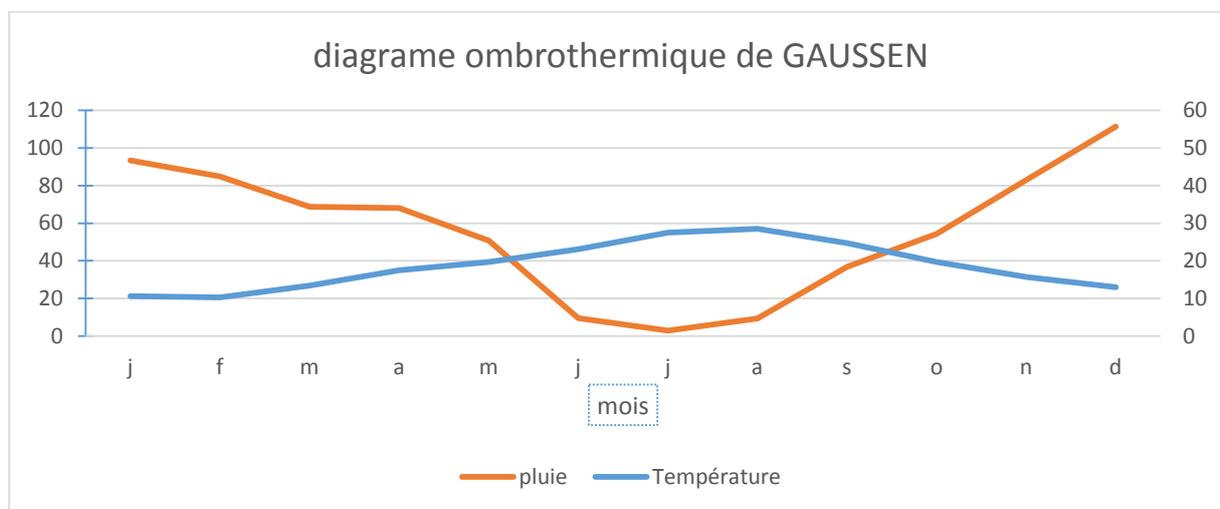


Figure I-4 : Diagramme ombrothermique de Gaussen

I-4 - Conclusion

-On peut conclure que les caractéristiques de notre région est comme suit :

La pluviométrie moyenne annuelle est de 673.1 mm/an.

Une période peu pluvieuse commence au mois de septembre jusqu'à Avril, les mois les plus secs sont juillet et août.

-Pendant l'hiver la température arrive jusqu'à 6.3°C, et en été elle peut atteindre 37.3°C.

- Finalement, on peut dire que le climat de notre région est de type semi-aride où l'irrigation est parfois utile surtout dans la période sèche qui débute en fin Mai et termine en fin septembre.

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 étages.

-le pliocène et la miocène composés de grés et d'argiles carbonatées avec de rare nummulites.

-le long des lits majeurs des oueds, on a constaté la présence des terrasses formées d'alluvions caillouteux et limoneux (quaternaire).

I-6-Pédologie

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle d'un réservoir. Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement sont nécessaires dans un périmètre d'irrigation pour le dimensionnement du réseau de distribution.

Pour bien mener l'étude pédologique, les services de la DSA ont procédé à l'implantation de plusieurs points d'échantillonnage suivant l'ensemble de la zone d'étude. Puis, des profils pédologiques ont été établis à la base de l'analyse de ces échantillons récoltés. Nous représentons quelques-uns de ces profils (les plus représentatifs) qui ont servi au final, à définir la pédologie de la région.

I-6-a-Les sols minéraux bruts

Description du profil N° 23 :

Classe : minéraux bruts

S /classe : non climatique

Groupe : d'érosion

s/groupe : régosols

Famille : sur argile numidienne

Topographie : plat

Géomorphologie : colline glacis

Cultures : fourragères

Microrelief : ± 10 cm

Surface : 10-20% blocs et cailloux

0-17 cm : Sec, LA (limono-argileuse), structure motteuse, sous structure polyédrique très fine et poussiéreuse, rarement sous structure à tendance prismatique, poreux faible, peu friable, cohérent, racines et radicelle moyennes, lambeau de roches, cailloux et rare bloc, effervescence avec acide HCL fort

17-25 cm : roche, argiles, peu altérée, effervescence HCL, petite strate de quartz.

Tableau I.11 : Les caractéristiques physico-chimiques du profil 23

	N° PROFIL 23		
	Profondeur (cm)	H1	H2
		0-17	17-25
Granulométrie	Argile %	29	30
	Limon fin %	47	49
	Limon grossier %	9	8
	Sable fin %	7	6
	Sable grossier %	3	2
Matières organiques	Matière organique %	0,83	0,39
	Carbone% ₀	4.9	2.3
	Azote % ₀	0,87	0,53
	C/N	5	4
Réserves minérales	P ₂ O ₅ Total % ₀	-	-
	P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	-	-
	Ca CO ₃ total %	27.60	27.20
	Ca CO ₃ actif %	11.61	9.68
	K ₂ O total % ₀	-	-
	Gypse total %	-	-
	PH	7.64	7.56

I-6-b-Les sols peu évolués

Description du profil N° 194 :

Classe : peu évolué

S /classe : non climatique

Groupe : d'érosion

s/groupe : régosolique

Famille : sur grés numidien

Coordonnées métrique : X : 605, Y : 359, Z : 500, carte : 66.

Topographie : plat

Géomorphologie : glacis

Cultures : céréalières

Microrelief : couvert de motte.

De 0 à 21 cm : sec, brun foncé, 10 YR 3-4/3, texture argileuse, structure polyédrique fine et moyenne, friable, poreux, racines, 5% squelette, effervescence très faible.

21- 35 cm : frais, brun foncé, 10YR 4/2, texture argileuse, structure polyédrique fine et prismatique en motte, porosité faible, peu de racine, consistant, cohérent, débris de pierre, effervescence très faible.

35- 70 cm : frais, couleur olive, argiles très altérées contenant un grand taux de sable et grés, litages en profondeur, effervescence avec HCL.

Tableau I-12- : Les caractéristiques physico-chimiques de profil 194

	PROFIL N°194				
	Profondeur (cm)	H1	H2	H3	H4
		0-21	21-35	35-70	70-100
Granulométrie	Argile %	58	44	14	13
	Limon fin %	22	28	26	29
	Limon grossier %	4	2	15	24
	Sable fin %	8	11	35	27
	Sable grossier %	4	5	5	3
Matières organiques	Matière organique %	1.42	1.3	0.32	0.28
	Carbone% ₀	8.4	7.7	1.9	1.7
	Azote % ₀	1.13	0.84	0.1	-
	C/N	7	9	19	-
	Ca CO ₃ total %	6.4	9.20	33.2	17.6
	Ca CO ₃ actif %	-	7.32	12.72	9.36
	PH	7.6	7.58	8.10	8.22
	CE (mmhos/cm)	0.48	0.45	0.45	0.40

Description du profil N° 37 :

Classe : peu évolué

S /classe : non climatique

Groupe : d'apport colluvial

s/groupe : modaux

Famille : sur argile et grés numidien.

Carte : zone du barrage

Topographie : pente faible NNE

Géomorphologie : collines glacis

Cultures : figuier, poirier...etc.

Microrelief : $\pm 5\%$

De 0 à 25 cm : frais à sec, 10 YR 3/3, A (argile), motteuse, prismatique moyennement développée, poreux, peu friable, peu cohérent, nombreuses racines et radicelles, quelques cailloux et graviers, effervescence très faible.

25- 40 cm : frais, 7.5 YR 3/2, A, pseudo-prismatique moyenne avec sous-structure polyédrique argileuse, peu poreux, peu friable, cohérent, racines et radicelle moyennes, quelques nodules Ca, quelques graviers, effervescence très faible HCL.

40-70 cm : même que pour le précédent

70-120 cm : roche mère, argile, couleur 5YR 4/3.

Tableau I-13 : Les caractéristiques physico-chimiques de profil 037.

	N° PROFIL 037					
	Profondeur (cm)	H1	H2	H3	H4	H5
		0-25	25-40	40-70	70-90	90-110
Granulométrie	Argile %	60	62	62	55	47
	Limon fin %	23	22	22	28	33
	Limon grossier %	3	3	3	3	4
	Sable fin %	6	5	5	5	6
	Sable grossier %	4	5	3	4	4
Matières organiques	Matière organique %	2.58	1.37	1.02	0.68	-
	Carbone% ₀	15.2	8.1	6.0	4.0	-
	Azote % ₀	-	-	-	-	-
	C/N	-	-	-	-	-
Réserves minérales	P2O5 Total % ₀	0.96	0.54	0.46	0.48	0.53
	Ca CO ₃ total %	6.8	4.0	2.8	3.2	4.0
	PH	7.32	7.58	7.56	7.56	7.64
	CE (mmhos/cm)	0.55	0.50	0.60	0.75	0.90
Caractéristiques physiques	pF4.2	25.4	24.6	24.4	20.5	17.3
	pF3	35.4	33.2	33.0	28.6	24.8
	pF2.5	43.3	40.6	39.3	35.0	29.6
	I.S	0.9	0.5	0.7	0.9	0.9
	K-HENIN	3.7	3.7	0.9	4.4	3.7
	Densité apparente	1.7	1.8	2	2	1.8
	Densité réelle	2.4	2.3	2.3	2.4	2.4

Au terme de cette étude, et à la lumière des profils décrits précédemment, il ressort que la région est constituée par des sols répartis comme suit :

Tableau I-14 : les différents types de sol constituant la région de DRAA EL MIZAN

TYPE DE SOLS	SUPERFICIE (ha)	Le pourcentage (%)
Sol minéraux bruts	780	3.8
Sols peu évolués	4320	49.3
Sols vertisols	2017	22.5
Sol isohumiques	1620	18
Sols hydromorphes	123	1.4
Total	8860	100

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 (≤ 0.8 mmhos/cm²), et que sa texture est fine avec 25 à 30% 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 concernant 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 on a :

Perméabilité=0.8cm/h

Porosité=49%

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.

I-10-Les ressources en eaux

La région de Draa el MIZAN compte 03 retenues collinaires et un petit barrage duquel sera irrigué notre périmètre, ce barrage est caractérisé par :

Nom : barrage d'oued Ksari N° 04

Coordonnée : X : 635.10 / Y : 386.60

La capacité : 1.5 Mm³.

Hauteur 16.3m

Année de réalisation : 1974 mis en service en 1975.

Superficie du bassin versant : 360 ha.

Les caractéristiques de l'eau de ce barrage sont comme suit :

I-11-composition chimique de l'eau d'irrigation

Les analyses faites au laboratoire de l'ANRH sur la composition chimique moyenne de l'eau donnent les résultats suivants :

Tableau I-16 : composition chimique des eaux superficielles

Elément	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	NO3 mgN/l	SO4 mg/l	CE mmhos/cm	Alcalinité Totale mg parCaCO3	PH
barrage	70	26	17	0.3	167	0.740	130	7.9

A partir de ces résultats on peut conclure que cette eau n'est pas salée .

I-12- Classification des eaux d'irrigation

I-12-a- Classification mondiale (F.A.O)

La classification donnée en fonction de la concentration des sels.

-1 g/l	bonne à l'irrigation.
-1-3 g/l	faiblement salée.
-3-5 g/l	moyennement salée
-5-10 g/l	fortement salée.
->10g/l	extrêmement salée.

I-12-b Classification américaine

La classification américaine est basée sur deux paramètres (CE à 25°C et S.A.R)

I-12-b-1 Pour la conductivité électrique C.E

•C1 : C.E<0,250	mmhos/cm	l'eau de faible salinité
•C2 : 0,250<C.E<2,750	mmhos/cm	l'eau de salinité moyenne
•C3 : 2.750<C.E<2,250	mmhos/cm	l'eau à forte salinité
•C4 : C.E>2,250	mmhos/cm	l'eau à très forte salinité

I-12-b-2- Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

S.A.R est calculé par la formule suivante :

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

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺ en meq/l.

Tableau I-17 : Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S ₁	SAR ≤ 10	Risque faible
S ₂	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S ₃	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S ₄	SAR > 26	Risque très élevé

•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 : $10 < \text{S.A.R} < 18$

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 : $18 < \text{S.A.R} < 26$

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 matières 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 : $\text{S.A.R} > 26$ 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-5].

-dans notre cas, le calcul du SAR donne la valeur suivante

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

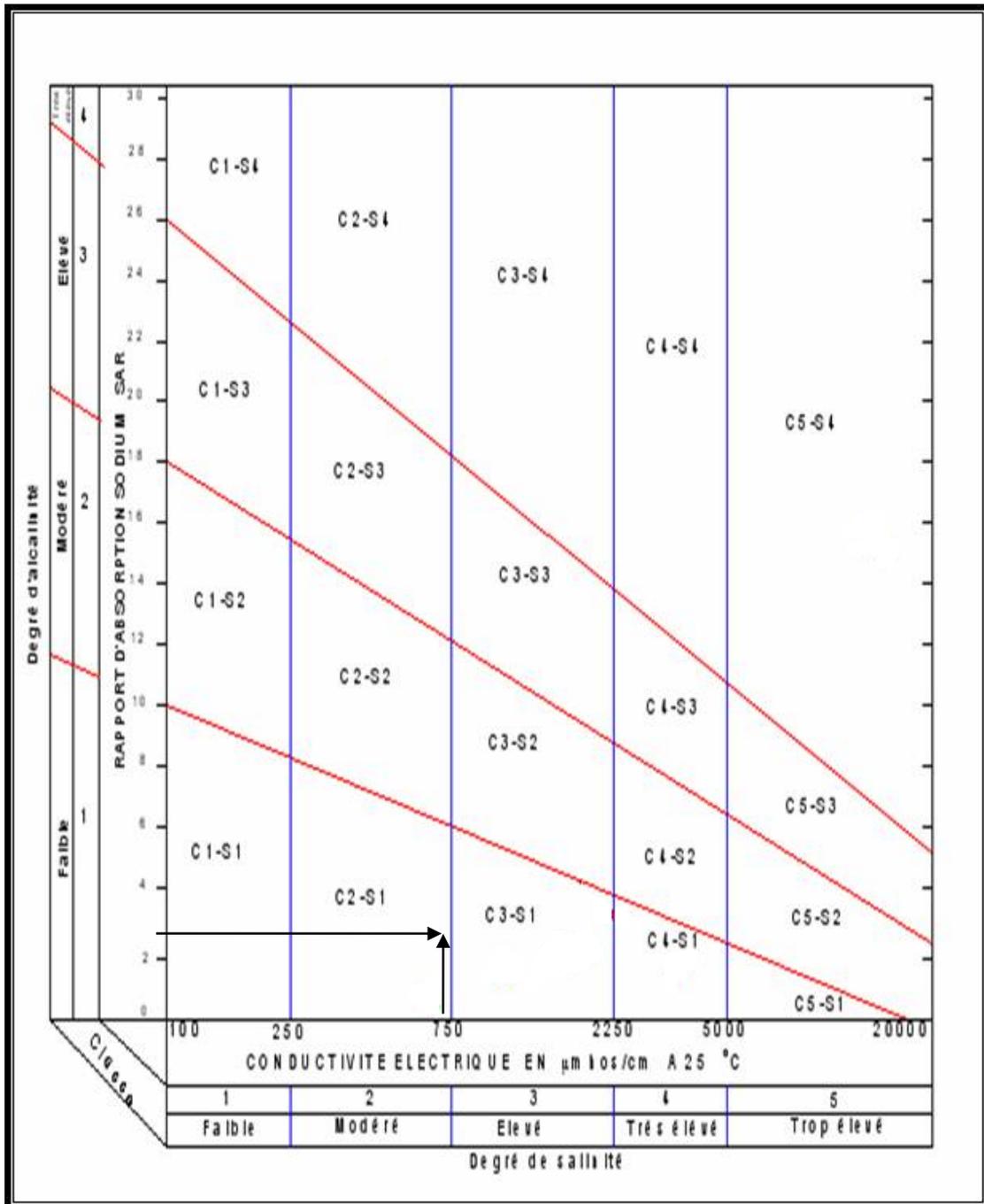


Figure I-5: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

I-13-CONCLUSION

La conductivité étant de 0,74 mmho/cm tenue en compte 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 C_2S_1 . En effet, cette eau peut être utilisée pour l'irrigation de notre périmètre.

CHAPITRE II

Problématique et choix de
la technique d'irrigation

II- Introduction

Le choix du mode d'irrigation dépend de certains facteurs techniques et sociologiques. Les facteurs techniques englobent le type de culture, le type de sol, la structure parcellaire, la topographie et la qualité d'eau.

Les facteurs sociologiques incluent la structure des exploitations, les coûts d'investissements, les frais de fonctionnement et d'entretien et les besoins en main d'œuvre. La disponibilité en matériel sur marché national est un autre facteur important en ce qui concerne le choix de la méthode d'irrigation.

II-1- Les procédés d'irrigation

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à :

II-1-a-L'irrigation gravitaire

Le ruissellement de l'eau créé par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant, l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue

II-1-a-1- l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant)

L'irrigation par planches ou par calant sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

II-1-a-2- l'arrosage par infiltration (à la raie)



Figure II-1 : arrosage à la raie (Wikipédia)

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

II-1-a-3- l'irrigation par submersion

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire par la qu'elle s'infiltré à la profondeur utile .Cette profondeur est fonction des besoins nécessaire pour la croissance des plantes. Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméable et de pente Inférieur à 2%.

a) Les avantages

- Destruction des adventices
- Protégé contre le gel

b) Les inconvénients

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité
- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération

II-1-b-L'irrigation sous pression

II-1-b-1– Irrigation par aspersion



FigureII-2 irrigation par aspersion (Wikipédia)

Dans cette méthode, l'eau parvient aux cultures sous forme de pluie artificielle grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés asperseurs.

Plusieurs dispositifs peuvent être envisagés. Parmi ces dispositifs, les plus répandus et qui conviennent le mieux pour le périmètre de Draa el Mizan sont

i) – **Equipement classique : Rampes rigides déplaçables**

Les rampes sont constituées principalement par des tuyaux métalliques en alliage léger, disposés sur le sol et équipés de raccords rapides et déboitables. Ces rampes portent des asperseurs montés sur des rallonges hauteurs adaptées aux cultures à irriguer.

ii) – **Equipement Semi –Mobile avec rampes souples et asperseurs sur traineaux**

Les rampes sont identiques à celles utilisées dans l'équipement classique mais alimentant des batteries de traineaux porte –asperseurs par l'intermédiaire de tuyaux souples en matière plastique .La partie mobile est constituée par des traineaux. Les rampes

n'interviennent en déplacement qu'après avoir balayé toute la superficie irrigable par l'ensemble des asperseurs.

iii) – **Équipement semi –fixe avec rampe souples et asperseurs sur traineaux**

C'est un équipement identique au précédent, sauf que la seule intervention consiste à déplacer les traineaux porte – asperseurs en les tractant par l'intermédiaire de tuyaux souples.

II-1-b-2– Irrigation par apports localisés



FigureII-3 : irrigation par aspersion (Wikipédia)

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

II-2- Les contraintes intervenant dans le choix de la technique d'irrigation

Le choix de la technique d'irrigation parmi celles citées précédemment se fait sur la base de l'analyse des différents modes d'irrigation et leur adaptation à certaines contraintes naturelles, agronomiques, techniques et socio- économiques.

II-2-1- Contraintes naturelles

a)- L'évaporation

Durant la période sèche de l'année, l'évaporation devient considérable sur les eaux diffusées sous forme de pluies artificielles dans le cas de notre périmètre durant les mois estivaux (juin, Juillet et Août).

b) – le vent

Dans le cas du périmètre de Draa el mizan, 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) – La topographie (le relief)

La topographie est un facteur limitant dans le choix de la technique d'arrosage, dans notre cas, le terrain est plus au moins plat avec une pente qui ne dépasse pas 3%.

d) – Qualité physico-chimique de l'eau d'irrigation

L'irrigation par aspersion qui utilise de l'eau salée peut causer des dégâts aux cultures en cas d'absorption de sels par les feuilles.

Les dégâts aux cultures sont causés par l'absorption soit de sodium, soit de chlorure, le problème devient plus grave encore dans des conditions d'évaporation élevée, de hautes températures.

II-2-2-Contraintes agronomiques

Parmi les facteurs agronomiques qui interviennent dans le choix de la technique d'arrosage on retient :

a) – les risques sanitaires

Exemple : Brûlure des feuilles lorsque l'eau est concentrée en chlore en cas d'aspersion

Cette contrainte ne s'oppose pas au choix du mode d'irrigation dans le périmètre de Draa el mizan (eau non salée).

b) – Risque d'asphyxie des plantes en cas de stagnation prolongée de l'eau en surface

Le sol est peu perméable ; l'irrigation de surface peut se faire mais avec précautions.

c) – la taille des cultures agricoles

Dépend du type de la culture et s'il s'agissait des cultures pérennes ou non pérennes, pour notre cas, les cultures sont pérennes (agrumes et vignes) : le mode d'irrigation le plus adéquat est le goutte à goutte, surtout puisque le sol est nu entre les lignes d'arbres.

II-2-3-Contraintes techniques et Socio – Economiques

Parmi ces facteurs, on cite les contraintes les plus importantes qui sont :

- La connaissance de la technique par le paysan (Fellah).
- Economie d'eau.
- Contrôle de la salinité.

II-3-Comparaison des deux modes d'irrigation

Après l'analyse multicritère des différents modes d'irrigation, il ressort que :

II-3-1– l'irrigation par aspersion

- Elle présente des avantages à savoir :
 - Adaptation aux cultures (céréales et fourrages).
 - Economie d'eau importante. (pas de perte par ruissellement).
 - Elle met à la disposition des agriculteurs des conditions d'arrosage très souples.
 - Nécessite moins de main d'œuvre.
 - Possibilité d'automatisation du système.

- Assure une forte oxygénation de l'eau.
 - Mais cette méthode présente aussi des inconvénients :
- Coûts des investissements très élevés.
- Favorise le développement des mauvaises herbes.
- Nécessite d'équipement supplémentaire.
- Mauvaise adaptation pour les eaux salées.

II-3-2– l'irrigation par goutte à goutte

- Elle présente des avantages à savoir :
 - Economie d'eau très importante.
 - Economie de mains d'œuvres (système fixe).
 - La non sensibilité aux vents forts.
 - Elle permet un dosage régulier en engrais.
 - L'humidité au voisinage des racines reste élevée.
 - Mais cette méthode présente aussi des inconvénients :
 - Risque d'obstruction des goutteurs.
 - Risque de salinisation.
 - Nécessite une main d'œuvre qualifiée.
 - Coût élevé.

II-3-3–Evaluation de l'efficacité des différentes techniques d'arrosage par rapport aux conditions du périmètre

Tableau II-1: comparaison entre l'aspersion et le goutte à goutte

Technique d'arrosage Efficacité par rapport à :	Aspersion	localisée	Observations
Pente moyenne de 3%.	++	++	++
Sol à texture moyenne fine à lourde.	++	++	++
Uniformité d'arrosage	++	++	++
Economie d'eau.	++	++	++
Sensibilité au vent.	-	++	++
Moins de perte d'eau pendant l'arrosage	+	++	++
Lessivage.	-	-	-
Eaux salées.	-	+	++
Grandes mains d'œuvre.	-	-	+
Possibilité d'automatisation.	+	++	++
Frais d'investissement	-	-	-
Total ++	04	07	08
Total +	02	01	01
Total-	05	03	02

(+ +) : Bien adapté aux paramètres données.

(+) : Adapté en améliorant quelques paramètres.

(-) : Non adapté aux paramètres données.

II-4- Conclusion

Le choix du mode d'irrigation peut être également influencée par le mode de livraison de l'eau au niveau de l'exploitation, en particulier la distribution d'eau aux prises d'irrigation sous haute pression et à la demande facilitera et encouragera l'utilisation de l'irrigation localisée (goutte à goutte).

L'irrigation par goutte à goutte va être utilisée au niveau de notre périmètre du moment que les cultures (vigne et agrumes) s'adaptent bien avec ce genre de système d'irrigation qui offre un bon rendement et une bonne gestion de l'eau.

II-5- Problématique

D'après tout ce qu'on vient d'énoncer, plusieurs techniques d'irrigation sont susceptibles d'être employées, mais seulement quelques-unes d'entre-elles sont rentables et réalisables en tenant compte du fait que la ressource en eau s'amointrit de plus en plus.

En effet, comme nous l'avons cité dans le chapitre précédent, notre région d'étude a longtemps souffert du manque d'eau surtout les fractions allouées à l'irrigation. Ceci est dû d'une part, à la sécheresse et aux changements climatiques ; et d'autre part à une gestion de la ressource en eau mal menée par les services concernés.

Le sujet de notre étude est axé dans ce contexte, il vise en effet à améliorer la gestion de la ressource en eau destinée à l'agriculture dans la région de Draa El Mizan en optant au dimensionnement et à la conception d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte vu que cette technique s'avère très rentable de par son taux d'efficacité très élevé d'après ce qu'on vient de citer.

Cette étude comportera le dimensionnement du réseau d'irrigation en question ainsi que les ouvrages de stockage et de distribution qui vont avec.

CHAPITRE III

Calcul des besoins en eau des cultures

III-Introduction

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent le calcul de nos besoins puis le dimensionnement du réseau, l'étude porte sur la détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques, L'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques et puis la détermination des besoins en eau des cultures.

III-1-Etude statistique des précipitations

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses ; on utilise pour notre projet, celles qui garantissent le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

*Loi de Gauss ou loi Normale.

*Loi de Galton ou loi log-Normale.

Mais avant cela on doit procéder à un test d'homogénéité.

III-1-1-Homogénéisation de la série pluviométrique

En générale, l'homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement à toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas menées souvent avec soin. En effet, outre la possibilité de données défectueuses ou sujette à caution, il arrive fréquemment qu'une station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile son utilisation

Il convient dans ce cas de procéder à une vérification de l'homogénéité des données recueillies, afin d'éliminer, puis de combler les lacunes des relevés défectueux. Dans une première étape on décèlera les anomalies flagrantes des séries pluviométriques en les comparant aux données homogènes d'une autre station avoisinante. La deuxième étape consistera à vérifier la constance de la relation liant les données de la station étudiée à celle prise comme référence. La méthode des doubles masses est la plus utilisée. Les erreurs sont détectées en comparant la série de données avec une autre station pluviométrique voisine homogène. Cette méthode présente l'avantage d'établissement de coefficients correcteurs au cas où la distorsion est trop importante.

L'homogénéisation des séries de données pluviométriques sur une période d'observation unique, n'aura pas lieu, dans la plupart des cas. C'est le cas de la série pluviométrique de notre projet. Pour cela, une méthode peut porter sur les données prélevées à savoir le test de WILCOXON.

III-1-2-Test de WILCOXON

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique d'enregistrement complet, par le test de Mr Wilcoxon, repose sur le procédé ci-dessous :

*On divise la série complète des pluies moyennes annuelles de référence en deux sous-séries : x et y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous-séries, considérant généralement N_2 supérieure à N_1 .

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

*M^r Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée

Avec :

$$W_{MIN} < W_X < W_{MAX}$$

$$W_X = |Rang|_X$$

W_X : Somme des rangs de sous-série x.

Et :

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

$$W_{Max} = [(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - W_{MIN}]$$

Le test de WILCOXON pour la station de Draa el mizan, code (021902)

Le tableau n° III-1, détaille le procédé de test d'homogénéité proposé par de M^r Wilcoxon pour la station de Draa el mizan code (021902).

On a donc

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

$$\Leftrightarrow 210 < 234 < 285$$

\Rightarrow La condition de M^r Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Draa el mizan code (021902) est homogène.

Tableau III-1: Test de Wilcoxon pour la station de Draa el mizan (021902).

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

III-1-3-Ajustement à la loi de Gauss

La méthode de Gauss consiste à :

*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 :

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

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

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

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

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYDROLAB

Tableau III-2-: ajustement à la loi de Gauss

**Ajustement
à une loi de
Gauss**

Taille n= 31

Moyenne= 667,248387

Ecart-type= 158,815467

I.C. à (en%)= 95

U Gauss= 1,9604

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
734	392,5	1	0,0161	-2,142	392,5	327,122625	196,462317	412,830234
635,1	394	2	0,0484	-1,661	394	403,44623	294,054416	477,97265
668,2	414,7	3	0,0806	-1,401	414,7	444,748966	346,132232	513,959079
556,5	475,6	4	0,1129	-1,211	475,6	474,865344	383,658791	540,645605
835,7	514,2	5	0,1452	-1,057	514,2	499,312291	413,779133	562,650185
715,8	520,9	6	0,1774	-0,925	520,9	520,32013	439,374159	581,847339
880,6	556,5	7	0,2097	-0,807	556,5	539,02907	461,912025	599,200018
520,9	557,8	8	0,2419	-0,700	557,8	556,107844	482,250222	615,276583
597,7	586,8	9	0,2742	-0,600	586,8	571,986876	500,93755	630,445972
475,6	590,2	10	0,3065	-0,506	590,2	586,96306	518,34967	644,965546
743,6	597,7	11	0,3387	-0,416	597,7	601,252888	534,757753	659,025733
729	624,2	12	0,3710	-0,329	624,2	615,021946	550,366487	672,774901
586,8	635,1	13	0,4032	-0,245	635,1	628,402523	565,336689	686,334297
514,2	641,9	14	0,4355	-0,162	641,9	641,50482	579,79957	699,807673
670,3	648,8	15	0,4677	-0,081	648,8	654,424541	593,866284	713,287934
702,2	668,2	16	0,5000	0,000	668,2	667,248403	607,634671	726,862137
394	670,3	17	0,5323	0,081	670,3	680,072234	621,20884	740,63049
936,6	702,2	18	0,5645	0,162	702,2	692,991954	634,689102	754,697204
557,8	715,8	19	0,5968	0,245	715,8	706,094251	648,162477	769,160086
414,7	716,9	20	0,6290	0,329	716,9	719,474828	661,721874	784,130287
624,2	725,7	21	0,6613	0,416	725,7	733,243886	675,471042	799,739021
392,5	729	22	0,6935	0,506	729	747,533714	689,531229	816,147104
1106,9	734	23	0,7258	0,600	734	762,509898	704,050802	833,559225
740,2	740,2	24	0,7581	0,700	740,2	778,38893	719,220191	852,246552
716,9	743,6	25	0,7903	0,807	743,6	795,467704	735,296757	872,584749
590,2	768,9	26	0,8226	0,925	768,9	814,176644	752,649435	895,122616
859,2	835,7	27	0,8548	1,057	835,7	835,184483	771,846589	920,717641
648,8	859,2	28	0,8871	1,211	859,2	859,63143	793,851169	950,837983
641,9	880,6	29	0,9194	1,401	880,6	889,747808	820,537695	988,364542
725,7	936,6	30	0,9516	1,661	936,6	931,050544	856,524124	1040,44236
768,9	1106,9	31	0,9839	2,142	1106,9	1007,37415	921,66654	1138,03446

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	533,612046	455,412956	594,149096	533,61	0,200	1,3
0,5	0,000	667,248403	607,634671	726,862137	667,25	0,500	2,0
0,8	0,841	800,884729	740,347678	879,083818	800,88	0,800	5,0

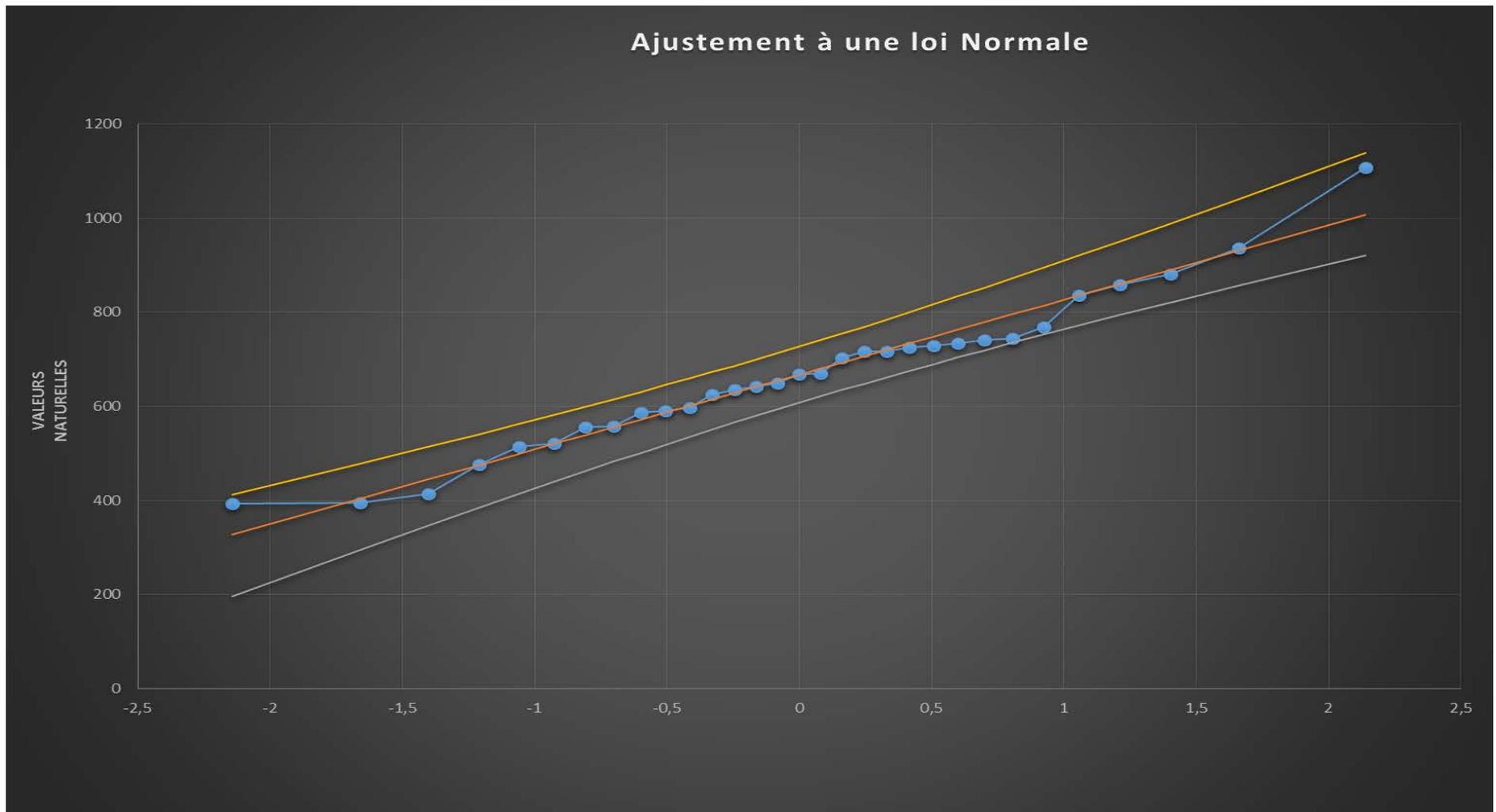


Figure III-1- : ajustement à la loi de Gauss (loi normal)

Tableau III-3 : ajustement à la loi log-normale

Ajustement à une loi Log-normale

Moy.log(x-

Taille n= 31

xo)= 2,812195815

xo= 0

E.T. log(x-xo)= 0,105341995

I.C. à (en%)= 95

U Gauss= 1,960

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	-2,142	392,5	386,003	316,173	439,98791
635,1	394	2	0,048	-1,661	394	433,727	366,992	486,0149
668,2	414,7	3	0,081	-1,401	414,7	461,969	397,375	513,47501
556,5	475,6	4	0,113	-1,211	475,6	483,714	420,815	534,83575
835,7	514,2	5	0,145	-1,057	514,2	502,116	440,626	553,11575
715,8	520,9	6	0,177	-0,925	520,9	518,488	458,192	569,57309
880,6	556,5	7	0,210	-0,807	556,5	533,517	474,238	584,87016
520,9	557,8	8	0,242	-0,700	557,8	547,616	489,2	599,40866
597,7	586,8	9	0,274	-0,600	586,8	561,06	503,364	613,45801
475,6	590,2	10	0,306	-0,506	590,2	574,041	516,93	627,21386
743,6	597,7	11	0,339	-0,416	597,7	586,707	530,048	640,82839
729	624,2	12	0,371	-0,329	624,2	599,176	542,836	654,4275
586,8	635,1	13	0,403	-0,245	635,1	611,546	555,39	668,12152
514,2	641,9	14	0,435	-0,162	641,9	623,907	567,795	682,01249
670,3	648,8	15	0,468	-0,081	648,8	636,341	580,125	696,19958
702,2	668,2	16	0,500	0,000	668,2	648,927	592,453	710,78377
394	670,3	17	0,532	0,081	670,3	661,762	604,864	725,88868
936,6	702,2	18	0,565	0,162	702,2	674,95	617,446	741,65247
557,8	715,8	19	0,597	0,245	715,8	688,592	630,284	758,21723
414,7	716,9	20	0,629	0,329	716,9	702,809	643,473	775,75281
624,2	725,7	21	0,661	0,416	725,7	717,746	657,128	794,46835
392,5	729	22	0,694	0,506	729	733,582	671,392	814,62934
1106,9	734	23	0,726	0,600	734	750,555	686,447	836,58385
740,2	740,2	24	0,758	0,700	740,2	768,98	702,536	860,80492
716,9	743,6	25	0,790	0,807	743,6	789,302	719,999	887,96333
590,2	768,9	26	0,823	0,925	768,9	812,181	739,337	919,06103
859,2	835,7	27	0,855	1,057	835,7	838,663	761,335	955,69978
648,8	859,2	28	0,887	1,211	859,2	870,569	787,356	1000,6916
641,9	880,6	29	0,919	1,401	880,6	911,547	820,11	1059,721
725,7	936,6	30	0,952	1,661	936,6	970,902	866,447	1147,4524
768,9	1106,9	31	0,984	2,142	1106,9	1090,94	957,086	1331,8868

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	529,1211056	469,5543	580,3756659	529,12	0,200	1,3
0,5	0,000	648,9269714	592,4533	710,783767	648,93	0,500	2,0
0,8	0,841	795,8597552	725,5752	896,8211671	795,86	0,800	5,0

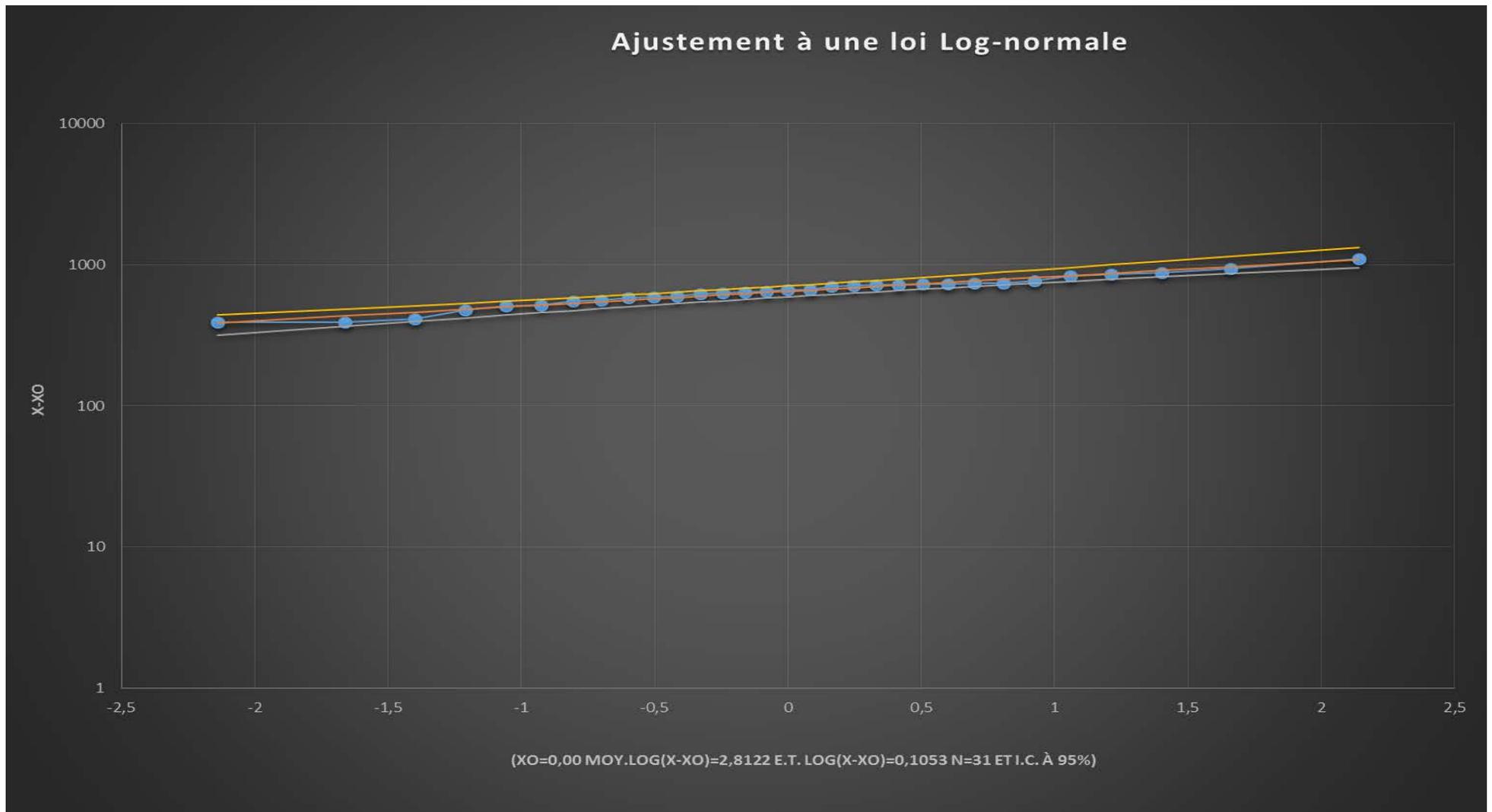


Figure III-2 : ajustement à la loi log-normale

Nous avons opté pour la loi normale vue les bons résultats obtenus avec

III-2-Détermination de l'année de calcul

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

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

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

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

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

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

Tableau III-4 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm

Mois	sept	oct.	nov.	dec	Jan	Fev	Mar	Avr	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-5: L'année de calcul.

Mois	sept	oct	nov	dec	Jan	Fev	Mar	Avr	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-3-Conclusion

Cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement, on est sûr d'avoir ces données de pluies 8 année sur 10

III-4-Calcul de l'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 lesquelles :

- 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 basé 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 ETo sont représentés dans le tableau suivant **Tableau III-6** : Valeur de l'évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penmann- Montheih, exprimée en mm/jour.

Mois	T _{Min}	T _{Max}	Humidité	V _{vent}	insolation	Radiation	ETo
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
Janvier	6.9	15.8	84	2.1	6.1	9.7	1.28
Fevrier	6.3	15.7	88	1.5	6.2	11.6	1.48
Mars	8.7	19.5	81	1.1	7.4	16.3	2.43
Avril	12.1	23.5	76	0.8	8.7	20.9	3.51
Mai	14.8	26	71	1.0	6.4	19.2	2.82
Juin	17.8	29.6	61	1.3	9.8	24.6	5.27
Juillet	21.9	34.9	60	1.8	10	24.5	6.23
Aout	21.9	37.2	49	1.3	10.5	23.9	5.94
Septembre	18.9	32.54	65	1.4	5.7	15.1	3.85
Octobre	14.6	27.1	70	1.0	3.4	9.9	2.23
Novembre	12.2	21.5	79	0.9	6.1	10.2	1.44
Decembre	8.7	19.6	81	1.3	4.6	7.8	1.21
moyenne	13.7	25.2	72	1.12	7.1	16.2	3.23

III-5-Calcul de l'évapotranspiration réelle

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

Les données climatiques (moyennes mensuelles) à fournir pour déterminer

L'Évapotranspiration sont reprises ci-dessous :

$$ETR = ET_o * K_c$$

III-6-La pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme CROPWAT, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

On a :

$$P_{eff} = P_{P\%} \times 0.8$$

Avec :

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

$P_{P\%}$: pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

Tableau III-7: Résultats de calcul de la précipitation efficace (CROPWAT 8.0)

mois	Pluie (mm)	Pluie eff. (mm)
Janvier	74.6	59,68
Fevrier	67.8	54,24
Mars	55	44
Avril	54.4	43,52
Mai	40.5	32,4
Juin	7.6	6,08
Juillet	2.3	1,84
Aout	7.5	6
Septembre	29.4	23,52
Octobre	43.4	34,72
Novembre	66.3	53,04
Decembere	88.9	71,12
Total	537.8	430,24

III-7- Calcul du bilan hydrique pour les différentes cultures

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

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

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

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

RFU : réserve facilement utilisable

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

Y : degré de tarissement

Da : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

Hcc : humidité à la capacité au champ

Hpf : humidité au point de flétrissement

Peff : pluie efficace

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

Tableau III-8- Calcul du bilan hydrique pour les vignes

Mois	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
ET ₀ mm/j	1.28	1.48	2.43	3.51	2.82	5.27	6.2 3	5.94	3.85	2.23	1.44	1.21
P _{eff} mm	35.7	30.7	23.0	22.6	14.3	0	0	0	7.6	16.0	29.8	47.2
Kc	0.11	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.17	0.17	0.13
ETM mm/mois	4,34	4,2	7,2	10,8 5	16,8	48,9 8	74, 7	36,8 9	23,1	11,78	7,2	4,96
RFU (mm)	107.4	107.4	107. 4	107. 4	107. 4	0	0	0	107. 4	107.4	107.4	107.4
B=ETM- (PEFF+RFU)	- 138,8	- 133,9	- 123, 2	- 119, 2	- 104, 9	+ 49,0	+ 74, 7	+ 36,9	- 91,9	- 111,6	- 130,0	- 149,6

Tableau III-9- Calcul du bilan hydrique pour les agrumes

Mois	j	f	m	A	m	j	j	a	s	o	n	d
ET ₀ mm/j	1.28	1.48	2.43	3.51	2.82	5.27	6.23	5.94	3.85	2.23	1.44	1.21
P _{efficace} mm	35.7	30.7	23.0	22.6	14.3	0	0	0	7.6	16.0	29.8	47.2
Kc	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,68	0,67	0,66
ETM mm/mois	25,73	26,88	48,98	73,8	61,07	110,7	135,16	124,8	81	47,12	28,8	24,8
RFU (mm)	143,2	143,2	143,2	143,2	143,2	0,0	0,0	0,0	143,2	143,2	143,2	143,2
B=ETM- (PEFF+RFU)	- 153,2	- 147,0	- 117,2	-92,0	-96,4	+ 110,7	+ 135,2	+ 124,8	-69,8	- 112,1	- 144,2	- 165,6

On remarque que la période déficitaire s'étend sur 03mois (juin, juillet et aout), donc on calcule le besoin pour cette période.

III-8-Besoins en eau des cultures en irrigation localisée

$$ETM_{loc} = ETM. Kr ; (mm/j)$$

Avec :

Kr : coefficient de réduction

D'après Freeman et Garzoli $Kr = Cs + 0,5. (1 - Cs)$

Cs : taux de couverture de sol (%)

-Les besoins d'irrigation nets, B_{net}, est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théorique nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

- 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).

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

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

Cu : coefficient d'uniformité

Tableau III-10: paramètres des cultures envisagées

Paramètre	Raisin de table	agrumes
Cs	0.6	0.7
Kr	0.7	0.85
Rp	0.85	0.85

III-9: Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois

Tableau III-11 : Besoins brutes en eau des cultures en mm/mois

Cultures	Besoins Mensuels												Besoins total
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	
Raisin de table.	-	-	-	-	-	39,0	61,5	30,4	-	-	-	-	130,9
Agrume	-	-	-	-	-	110,7	135,2	124,8	-	-	-	-	370,7
Besoins	-	-	-	-	-	149,7	196,7	155,2	-	-	-	-	501,6

III-10 Calcul des débits à transiter par le réseau.

➤ Les besoins en eau du mois de pointe seront donc :

$$B_p = 1967 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

➤ Débit de l'installation est calculé par la formule suivante

$$Q_{inst} = \frac{B_p \cdot 10^4}{T * t * 3600 * k} \text{ En l/s/ha.}$$

Avec :

B_p : Besoins de mois de pointe, en m^3/ha .

T : Temps d'irrigation qui correspond à une irrigation de 26 jours par mois,

Avec $t=20$ heures d'arrosage par jour.

$$Q_{sp}=10.3 \text{ l/s/ha}$$

III-11-Conclusion

Après l'homogénéisation et l'ajustement on a calculé le besoin, le mois de pointe est juillet avec 196.7 mm/mois de déficit, on va dimensionner pour ce mois.

CHAPITRE IV

Dimensionnement du réseau
d'irrigation et des ouvrages de
stockage et de distribution

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.

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

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

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

IV-3- Fréquence d'arrosage

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

Tableau IV-1: calcul des paramètres

Paramètres	Unité	Poste N°1 (agrumes)	posteN°2 (raisin)
$B_{net,p}$	L / arbre / jour	72.1	12.3
Q_g	L / h	4	4
S_a	M	4	2
S_r	M	4	3
N	Unité	2	1
S_{pd}	M	1	1
S_h	M	1.5	1
P	%	23	17
D_p	Mm	32.94	18.26
$D_{r.net}$	Mm	28	15.52
Fr	Jours	6	7

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	agrumes	Raisin de table
Espacement entre arbres	4m	2m
Espacement entre rangs	4m	3m
Caractéristique de goutteur	4 l/h	4l/h
Débit nominal	10 mce	10mce
Espacement des goutteurs	1 m	2m

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

$$B_{\max} = \text{ETM}_{\text{local}}$$

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. (agrumes) et 4l/h (raisin)

E(r) : Espacement entre les rangs, E(r) = 4 m. (agrumes) et 3m (raisin)

E (g) : Espacement entre les goutteurs, E (g) = 1m. (Agrumes) et 2m (raisin)

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

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

S (f) : Surface totale en ha. Avec S (f)= 216ha.

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)
agrumes	2	2.26	8.00	13	800	163
raisin	0.67	3.06	6.00	19	600	317

IV-5-Calcul hydraulique

IV-5-1- Le débit

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

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

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)
agrumes	200	100	400	1.2	18.2	20	0.82
raisin	200	100	400	1.2	18.2	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 = 100

Débit de rampes Q_r = 400 l/h.

Longueur du porte rampes L_{pr}

Nombre de la porte rampes N_{pr}=6 (agrumes) et 10 (raisin)

Nombre des rampes N_r = 28. (Agrumes) et 32 (raisin)

Débit de rampes Q_r = 400 l/h.

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)
agrumes	110	6	400	3.11	0.6	39.74	40	0.57
raisin	96	10	400	3.5	0.6	38.21	40	0.56

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

	Raisin de table			agrumes		
	rampe	Porte-rampe	Conduite secondaire	Rampe	Porte-rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	200	96	480	200	110	330
Diamètre (mm)	20	40	200	20	40	160
Débit (l/s)	0.11	3.5	35	0.11	3.11	18.66
Perte de charge(m)	0.82	0.56	0.5	0.82	0.57	0.55

Tableau IV-7 : caractéristiques de la conduite principale

	Longueur m	Diamètre mm	Débit l/s	Perte charge m	V (m/s)
Conduite principale	450	400	164.4	0.51	1.31

IV-7- Conclusion

Dans cette partie, on a pu dimensionner les différentes parties du réseau (goutteur, rampe, porte-rampe, conduite secondaire et conduite principale), et on va passer au dimensionnement des ouvrages de tête.

IV-8-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-9- Exigences principales soumises à la station de pompage

- Tous projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :
- Diminution possible du coût de génie civil.
- Organisation de l'exécution des travaux en phases.
- utilisation des matériaux de conception récents.
- normalisation des solutions techniques.
- utilisation des projets-types.
- il faut éviter les zones inondables.



Figure IV-1: Groupe Motopompe à Anneau

IV-10- Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station

Un projet d'alimentation en eau d'irrigation de la première 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 du 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
- Plate-forme 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-10-1- Données de base initiales

Les données nécessaires à l'élaboration de notre station de pompage sont les suivantes :

- le plan topographique : ce plan permet de faire le choix de l'emplacement de la station et du tracé de la conduite de refoulement avec les différentes côtes topographiques.

- la source d'énergie électrique : elle permet de faire le choix technico-économique de certains équipements (il existe une ligne de Haute tension qui traverse la région).

- la nature du sol : permet de faire le choix du bâtiment de la station et du type de matériau

IV-10-2-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 la région (climat, relief, géologie, hydrogéologie...)
- 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 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-10- 3-Dimensionnement de la bâche de stockage

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

Avec une surface de 216 hectares

$$Q_{\text{moy}} = 164 \text{ l/s} = 0,164 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{moy}} = 0,164 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{moyj}} = 14183.42 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV-10- 3-1- Les dimensions de la bête

a) volume de la bête

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

$$Vt = Q * t$$

Vt : volume de la bête en (m³)

Q : débit total qui arrive à la station de pompage

t : temps de stockage des eaux dans la bête pendant l'arrêt des pompes, pour notre projet on pose que la station de pompage fonctionne 1h

Donc : on fixe t = 1heure.

$$Vt = 0,164 * 1 * 3600 = 590.4m^3$$

Le volume total de la bête sera $V = 590.4m^3$

b) surface de la bête

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

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

H : la hauteur de la bête en (m), on fixe cette hauteur à H = 5m

c) Longueur et largeur de la bête

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

L : la longueur de la bête en (m)

B : la largeur de la bête

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

Dimensions	la bête
Volume (m ³)	590.4
Hauteur (m)	5
Surface (m ²)	118.08
Longueur (m)	13
Largeur (m)	9

IV-11- Détermination de la hauteur d'élévation calculée

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = h_a + h_r + \sum h_p (asp) + \sum h_p (ref) + P_{exh}$$

Avec :

- h_a : Hauteur d'aspiration (m) ;
- h_r : Hauteur de refoulement (m) ;
- $\sum h_p (asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- $\sum h_p (ref)$: Pertes de charges au refoulement (m) ;
- P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur)
- $P_{exh} = (1,0 \div 1,5) \text{ m}$; On prend $P_{exh} = 1 \text{ m}$

Pour notre cas :

$$H_g = h_a + h_r \text{ (hauteur géométrique)}$$

D'où :

$$H_g^{max} = \nabla_{max} - \nabla_{PBE}$$

$$H_g^{min} = \nabla_{max} - \nabla_{PHE}$$

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

On a donc :

$$\nabla_{max} = 400 \text{ m}$$

$$\nabla_{PBE} = 293 \text{ m}$$

$$\nabla_{PHE} = 310 \text{ m}$$

D'où

$$H_g^{max} = 107 \text{ m}$$

$$H_g^{min} = 90 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_g^{moy} = 98.7 \text{ m}$$

$$\sum h_p = \sum h_p (asp) + \sum h_p (ref)$$

Pour calculer $H_{cal max}$ et $H_{cal min}$ on va estimer des pertes de charge pour l'aspiration et le refoulement

4m de pdc → 1Km

Notre conduite de refoulement à une longueur de 875m.

D'où:

$$hp(ref) = \frac{875}{1000} * 4 = 3.5 m$$

$$\Sigma hp (ref) = 3.5 m$$

$$\Sigma hp(asp) = \frac{3}{1000} * 4 = 0.012 m$$

$$\text{Donc : } \Sigma hp = 3.5 + 0.012 = 3.6 m$$

$$H_{cal}^{max} = 107 + 3.6 + 1 = 110.6 m;$$

$$H_{cal}^{min} = 90 + 3.6 + 1 = 94.6 m;$$

$$H_{cal}^{moy} = (110.6 + 94.6) / 2 = 102.6 m$$

Donc la hauteur d'élévation

$$H_{cal} = 102.6 m$$

IV-12-Choix de nombre et de type de pompes

La station de pompage doit être équipée d'un nombre suffisant de pompes assurant le débit

demandé tel que $N_{ins} = N + N_{ps}$

Où : N: nombre de pompes de fonctionnement.

IV-12-1- Critères du choix du nombre de pompes sont suivants

- nombre minimale de pompes.
- puissance absorbée minimal.
- $(NPSH)_r$ minimal.
- meilleur rendement.
- la vitesse de rotation élevée.
- assurer H_{MT} et Q (débit total).
- doit être facile à l'entretien et anti-cavitationnelle.
- vitesse de rotation élevée
- encombrement faible et un poids faible.
- doivent répondre à la construction la plus économique de bâtiment.
- meilleur rendement et la puissance absorbée minimale.

Pour le choix du type de pompe dans notre projet, on utilise l'abaque de SCHNEIDER

IV-12-2-Choix du nombre pompes à axe horizontal multicellulaires

-pour n=1

Pour une seule pompe on a :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{ista}}{n} = \frac{0.164}{1} = 0,164 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'autre part on a $H_{cal} = 102.6 \text{ m}$

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

Diamètre d'aspiration $D_a = 200 \text{ mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 300 \text{ mm}$

Débit $Q = 0.164 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur manométrique totale $H = 102.6 \text{ m}$

La vitesse de rotation $n = 2900 \text{ tr/min}$

Puissance absorbée $P_a = 225 \text{ Kw}$.

$NPSH_r = 8.07 \text{ m}$

Le rendement $\eta = 75 \%$

- pour n=2 :

Pour deux pompes on a :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{inst}}{n} = \frac{0.164}{2} = 0.082 \text{ m}^3/\text{s} = 295.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'autre part on a $H_{cal} = 102.6 \text{ m}$

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

Diamètre d'aspiration $D_a = 175 \text{ mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 280 \text{ mm}$

Débit $Q = 0.082 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur manométrique totale $H = 102.6 \text{ m}$

La vitesse de rotation $n = 2940 \text{ tr/min}$

Puissance absorbée $P_a = 107 \text{ Kw}$.

$NPSH_r = 3.7 \text{ m}$

Le rendement $\eta = 77.6\%$

- pour $n=3$:

Pour le nombre de pompes principales égales à 3 on a

$$Q_{cal} = \frac{Q_f}{n} = \frac{0.164}{3} = 0.055 \text{ m}^3/\text{s} = 196.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

Diamètre d'aspiration $D_a = 175 \text{ mm}$

Diamètre de refoulement $D_r = 225 \text{ mm}$

Débit $Q = 0.0292 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur manométrique totale $H = 102.6 \text{ m}$

La vitesse de rotation $n = 2950 \text{ tr}/\text{min}$

Puissance absorbée $P_a = 97.5 \text{ Kw}$.

$NPSH_r = 4 \text{ m}$

Le rendement $\eta = 55\%$

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

Tableau IV-9: Choix de la variante pour le nombre de pompes

N°	Q_{cal} (m^3/s)	H_{cal} (mce)	Pompe choisie	η (%)	n (tr/min)	P (Kw)	(NPSH) _r (m)
1	0.164	128.4	MPE200N1	75	2900	225	8.07
2	0.082	128.4	MPE175N2	77.6	2940	107	3.6
3	0.055	128.4	MPE175N1	55	2950	97.5	4

On remarque qu'on a de bonnes caractéristiques pour la variante N° 2 donc on prend une installation de 2 pompes

IV-12-3-choix du nombre de pompes de secours

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

Les intervalles des nombres de pompes sont :

Si :

$N_p \leq 4 \rightarrow 1$ pompe de secours

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

$N_p \geq 6 \rightarrow 3$ pompes de secours

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

Donc, la variante choisie est 2 pompes à axe horizontal multicellulaires, avec une pompe de secours ayant les caractéristiques suivantes

Diamètre d'aspiration $D_a = 175$ mm

Diamètre de refoulement $D_r = 280$ mm

Nombre de tours $n = 2940$ tr/min

Rendement $\eta = 77.6$ %

Hauteur manométrique totale $H = 102.6$ m

Puissance absorbée $P_{abs} = 107$ KW

NPSH requis $(NPSH)_r = 3.6$ m.

IV-12-4-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 2740tr/min

Nombre de pôles 4

Puissance nominale P_2 275KW

Courant nominale –A

Degré de protection IP55

IV-12-5- Détermination de la hauteur admissible d'aspiration

Pour que la pompe soit bien calée vis-à-vis de la cavitation, il faut vérifier :

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

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

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

Donc :

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

$$\sum h_{asp}^{lin} = \frac{3}{1000} \cdot 4 = 0,012 \text{ m}$$

Et :

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

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

$$V_{asp} = \frac{4Q}{\pi \cdot D_a^2} = \frac{4 \cdot 0,082}{3,14 \cdot (0,175)^2} = 3,41 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_{asp}^2}{2g} = 0,6$$

$$\frac{P_v}{\varpi} = 0,183 \quad \text{À } 18^\circ \text{ c}$$

$$h_{adm}^{asp} = 10,33 - 0,183 - 0,0138 - 0,6 - 3,6 - 0,5 = 5,43 \text{ m}$$

Notre pompe est lointe du risque de cavitation.

La cote d'aspiration sera donc :

$$\begin{aligned} \nabla_{asp} &= \nabla_{min} + h_{asp}^{adm} - 0,1 \\ &= 293 + 5,43 - 0,1 = 298,33 \text{ m} \end{aligned}$$

IV-13-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 $H_g = 107$ m

IV-13-1-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 (m³/s).

g : l'accélération de la pesanteur. (g = 9,81m²/s)

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

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

Avec : L=875m

Où :

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

ε : coefficient de rugosité équivalente de la paroi

Dans notre projet on prend $\varepsilon=0.001$

Φ : diamètre de la conduite.

IV-13-2- calcul des frais d'exploitations

-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 :

$$E_a = P_t \cdot 1 \cdot 365 \quad \text{avec} \quad P_t = n \cdot p$$

n = nombre de pompes en fonctionnement $n = 2$

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

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

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 = 4.17Kwh (SONELGAZ).

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

Tableau IV-10: les frais d'exploitation

D (mm)	ϵ	$\sum hp$ (m)	HMT(m)	Pt (kw)	Ea (kwh)	Fexp (DA)
65	0.049	32037.69	32144.69	17.96	6554.24	27331.19
100	0.038	3338.49	3445.49	1.92	702.53	2929.54
125	0.036	1036.98	1143.98	0.63	233.26	972.68
160	0.0335	399.34	506.34	0.28	103.24	430.51
200	0.0308	314.44	421.44	0.24	85.93	358.33
250	0.0288	98.07	205.07	0.11	41.81	174.36
315	0.0272	29.38	136.38	0.07	27.80	115.95
400	0.0256	2.39	109.39	0.06	22.30	93.01

D'après le tableau IV-10, les frais d'exploitation minimaux sont donnés pour les diamètres

315mm et 400mm et on a la vitesse pour le diamètre $D=315\text{mm} \rightarrow V = \frac{4 \cdot Q}{3.14 \cdot D^2} = 2.11 \text{m/s} > 2 \text{m/s}$

Et pour le diamètre $D=400\text{mm} \rightarrow V = \frac{4 \cdot Q}{3.14 \cdot D^2} = 1.31 \text{m/s}$ donc $1.2 < V < 2$ on prend le diamètre économique $D=400\text{mm}$

IV-14-Dimensionnement du réservoir de stockage

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

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

Le besoin maximum journalier = 6.56mm/j

La fréquence d'arrosage = 7j/mois

La durée d'arrosage = 3.06 h/j

La surface totale = 216ha

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)
590.4	1806.624	6	10

IV-15-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.

CHAPITRE V

Calcul technico- économique

V- Généralités

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

Réseau d'irrigation.

Station de pompage et réservoir

Conduite d'adduction.

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

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

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ20 PEBD	m/l	641200	16.22	10464384
TubeØ40 PEBD	m/l	11040	66.99	739569.6
TubeØ160 PEHD	m/l	1980	1124.46	2226430.8
TubeØ200 PEHD	m/l	2304	1763.72	4063610.88
TubeØ400 PEHD	m/l	1400	7181.65	10054310
Vanne Ø20	U	3206	453.5	1453921
Vanne Ø40	U	108	528.26	57052.08
Vanne Ø160	U	8	4500	36000
Vanne Ø200	U	6	5200	31200
Vanne Ø400	U	2	6000	12000
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	13500
Manomètre glycérine 10bars	U	1	832.92	832.92
Coude 90° Ø50	U	2	250	500
TE égal	U	15	769.28	11539.2
Bouchon Ø20	U	3206	20	64120
Bouchon Ø40	U	108	43.88	4739.04
Goutteur réglable	U	320600	6.13	1965278
Total 01				24095213

V- 2-Factures pro-forma de station 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 :

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

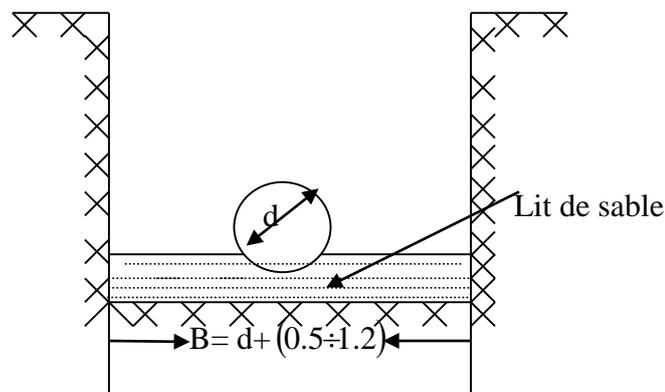
Avec :

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.



FigureV-1 : Schéma d'une tranchée

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

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

$$S=B*H$$

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

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

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

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)	largueur d'une tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m ³)
400	875	1,4	1.4	1715

Donc le volume total de déblai : $V_{\text{déblai}}=1715\text{m}^3$

V- 2-2-b-Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 10cm 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)
0.1	875	1.4	122.5

Donc le volume total du lit de sable : $V_{\text{sable}}=122.5\text{m}^3$

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

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)
400	1715	109.9	122.5	1482.6

Donc le volume total du remblai : $V_{\text{remblai}}=1482.6\text{m}^3$

Les volumes de chaque opération sont représentés dans le tableau V-5

Tableau V-5 : Volumes des travaux de terrassement

N°	Désignation de travaux	Unité	Quantité
1	Déblai	m ³	1715
2	Lit de sable	m ³	122.5
3	Remblai	m ³	1482.6

V- 2-3- Devis estimatif pour le terrassement, la station et le réservoir**Tableau V-6:** 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	1715	300	514500
2) lit de sable	m ³	122.5	800	98000
3) remblaiement de la tranchée	m ³	1482.6	200	296520
Station de pompage				
Groupe de pompage 72,5 l/s à 120 mce	U	3	2 000 000	6000000
Dispositif de protection Anti-bélier : Ballons d'anti-bélier de 2570 Litres	U	1	2 000 000	2000000
Accessoire		1	250 000	250000
riovrésér m0081 ed ³		1	5600000	5600000
TOTAL 02				14759020

V- 2-4- Devis estimatif total**Tableau V-7 :** devis estimatif total

Total 01	24095213
Total 02	14759020
Somme	38854233

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

Les prix d'équipements déterminés d'après des marchés en Algérie.

V-3 conclusion

D'après ce chapitre, on a pu déterminer le volume des travaux ainsi que leurs coûts.

Le calcul de ces volumes nous permettra de faire une bonne organisation des différentes tâches.

CHAPITRE VI

Organisation du chantier

VI-Organisation de chantier et exploitation du système d'irrigation

VI-1-Exécution des travaux

VI-1-a-Exécution de la tranchée

L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes :

- Implantation du tracé de la conduite.
- Exécution de la tranchée.
- Aménagement du lot de pose des conduites.

La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0.5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise, et d'effectuer sans gêne les différentes opérations de raccordements des tuyaux.

VI-1-b-Assise de la conduite

Lorsque l'exécution des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10-20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au-dessus de la conduite.

VI-1-c-Pose de la canalisation dans la tranchée

Les tuyaux seront posés dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage.

L'assemblage des conduites se fait à l'aide des manchons.

VI-1-d- Epreuve d'essai de pression

Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soin de remblayer au fur et à mesure que l'on pose les tuyaux.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adoptons une pression de 10 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars).

VI-1-e- Engins nécessaires pour l'exécution des travaux

- pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.
- Bulldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer les tronçons des conduites.

VI-2-Exploitation du système d'irrigation

L'exploitation d'un système d'irrigation consiste à faire fonctionner le service de l'eau : assurer sa mobilisation, son transport, sa distribution dans le cadre contractuel défini avec tous les partenaires du projet. Elle est effectuée selon quatre aspects :

- Planification de l'utilisation de l'eau d'irrigation.

- Mesure d'exploitation et de répartition du système d'irrigation.
- Modernisation et amélioration du système en fonction de l'apparition de nouvelles techniques.
- Contrôle de l'état des terres irriguées.

VI-2-1-Objectif de l'exploitation

L'exploitation d'un système d'irrigation doit :

- Assurer le bon fonctionnement des conduites et des ouvrages.
- Utiliser de façon complète et rationnelle des ressources hydrauliques.
- Assurer la réalisation des plans envisagés.
- Protéger les terres agricoles contre la submersion, la formation des marées, la salinisation, et la dégradation des sols par les eaux et les vents.

VI-2-2-Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées

Le phénomène de formation des sols humides et sols salés est dû à la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation.

La lutte contre ce phénomène, se présente sous deux aspects :

VI-2-2- a-Mesures d'amélioration technique

- Réalisation d'un drainage pour les sols humides.
- Réalisation d'un drainage et lessivage pour les sols salés.

VI-2-2-b-Mesures d'exploitation

Ils consistent à faire un inventaire détaillé des surfaces susceptibles d'être touchées par ces phénomènes et une surveillance permanente qui se résume dans :

- Mesure de la variation du niveau de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels dans le sol.
- Une bonne utilisation de l'eau d'irrigation.

VI-2-3-Exploitation des ouvrages hydrauliques

Les mesures à prendre, pour l'entretien des installations des systèmes d'irrigation sont :

- Gardiennage
- Mesures contre l'incendie.
- Les visites périodiques.
- Surveillance et maintenance des travaux.

VI-2-4-Maintenance des ouvrages et équipements

VI-2-4-a-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-2-4-b-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

VI-3-Conclusion

Une bonne organisation permettra de gagner le temps sur la durée de réalisation du projet, et aussi pour respecter les durées d'exécutions, et joue un rôle pour combiner les différentes opérations toutes en respectant l'ordre logique des choses.

*CONCLUSION
GENERALE*

Conclusion générale

Au terme de ce travail, il vient de conclure que le recours à l'usage de l'irrigation localisée pour subvenir aux besoins des cultures s'avère très rentable du point de vue efficacité. Ce qui est d'influence directe sur l'optimisation de la ressource en eau d'une part et l'accroissement et le développement des rendements agricoles d'autre part.

En effet, après cette étude, on a pu arriver à un taux de couverture du réseau très élevé sans parler des autres avantages qu'offre le goutte à goutte comparé à d'autres techniques,

Le réseau dimensionné assure les besoins en eau de 104 ha d'agrumes et 112 ha de raisin de table.

Vu la situation du périmètre par rapport au barrage on a acheminé l'eau par pompage avec un débit forcé de 164 l/s et une hauteur totale 128 mce.

Enfin, pour assurer la longévité et le bon fonctionnement d'un tel projet, une bonne gestion et un entretien périodique des équipements s'imposent, car le recours à l'usage des eaux superficielles en goutte à goutte s'avère parfois compromettant à cause de la variation de la charge de ces eaux à travers les saisons.

On propose d'agir en amont du réseau, tout en mettant en place des filtres métalliques afin de le protéger contre le colmatage.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **BENHACENE GUESROUAOU**, Irrigation agricole notions générales Régime d'irrigation (1986). p 16
- [2] **BULLTIN DE FAO N° 36**, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33
- [3] **CLEMENT.R et GALAND.A**, Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pressions (ED.EYROLLES, paris, 1979).p62
- [4] **Dénis Baize**, Guide des analyses en pédologie, 2eme édition (Édition INRA 2000).p10
- [5] **Tiercelin Jean_Robert**, Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).p19
- [6] **POUNIS.P, BENHAFID.MM, KHODJET**, Catalogue des pompes centrifuges (1986.p53
- [7] **MESSAHEL.MEKKI**, L'irrigation au goutte à goutte, Régime d'irrigation (O.P.U. ALGER 1986).p59

ANNEXE

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

D.E.M.R.H. **BORDEREAU DE DONNÉES** LABORATOIRE DES SOLS

<p>1.94</p>					<p>N° PROFIL REGION</p>				
<p>0.24, 0.135, 3.570, 7.0100</p>					<p>NOM DU SOL</p>				
<p>PROFONDEUR EN cm</p>					<p>CLASSE DE PROFOND.</p>				
<p>Couleur HZ 1, 2, 3</p>					<p>Couleur HZ 4, 5</p>				
<p>GRANULOMETRIE</p>					<p>A %</p>				
<p>LF %</p>					<p>LG %</p>				
<p>SF %</p>					<p>SG %</p>				
<p>REF. > 2 mm %</p>					<p>MATIERES ORGANIQUES</p>				
<p>MO %</p>					<p>C %</p>				
<p>N %</p>					<p>C/N</p>				
<p>MH T %</p>					<p>AF %</p>				
<p>AH %</p>					<p>RESERVES MINERALES</p>				
<p>CaCO3 TOTAL %</p>					<p>CaCO3 ACTIF %</p>				
<p>P205 TOTAL à P %</p>					<p>P205 ASSIMIL (PPM)</p>				
<p>K2O %</p>					<p>GYPSE TOTAL %</p>				
<p>COMPLEXE ABSORBANT</p>					<p>Ca ++ en méq/100 g</p>				
<p>Mg ++ en méq/100 g</p>					<p>K + en méq/100 g</p>				
<p>Na + en méq/100 g</p>					<p>S</p>				
<p>T en méq/100 g</p>					<p>Na/T en %</p>				
<p>SOLUTION DU SOL</p>					<p>% SATURATION</p>				
<p>pH</p>					<p>CONDUCTIVITE</p>				
<p>CO3H — méq/l</p>					<p>SO4 — — méq/l</p>				
<p>Cl — méq/l</p>					<p>Ca ++ méq/l</p>				
<p>Mg ++ méq/l</p>					<p>Na + méq/l</p>				
<p>K + méq/l</p>					<p>FER</p>				
<p>FER TOTAL %</p>					<p>FER LIBRE %</p>				
<p>FER LIBRE/FER TOTAL</p>					<p>CARACTERISTIQUES PHYSIQUES</p>				
<p>DENSITE REELLE</p>					<p>DENSITE APPARENTE</p>				
<p>pF 4.2</p>					<p>pF 3</p>				
<p>pF 2.5</p>					<p>pF 2.0</p>				
<p>K-HENIN</p>					<p>1.5</p>				

D.E.M.R.H. **BORDEREAU DE DONNÉES** LABORATOIRE DES SOLS

03			
017		1725	

N° PROFIL REGION
 NOM DU SOL
 PROFONDEUR EN cm
 CLASSE DE PROFOND.
 Couleur HZ 1, 2, 3
 Couleur HZ 4, 5

210	300						
47	49						
9	8						
7	6						
3	2						

GRANULOMETRIE

A %
 LF %
 LG %
 SF %
 SG %
 REF. > 2 mm %

0.83	0.37						
4.9	2.3						
0.87	0.73						
7	4						

MATIERES ORGANIQUES

MO %
 C %
 N %
 C/N
 MH T %
 AF %
 AH %

27.60	27.20						
11.61	9.68						

RESERVES MINERALES

CaCO3 TOTAL %
 CaCO3 ACTIF %
 P205 TOTAL a P %
 P205 ASSIML (PPM)
 K2O %
 GYPSE TOTAL %

COMPLEXE ABSORBANT

Ca + + en még/100 g
 Mg + + en még/100 g
 K + en még/100 g
 Na + en még/100 g
 S
 T en még/100 g
 Na/T en %

7.54	7.56						
------	------	--	--	--	--	--	--

SOLUTION DU SOL

% SATURATION
 pH
 CONDUCTIVITE
 CO3H -- még/l
 SO4 -- -- még/l
 Cl -- még/l
 Ca + + még/l
 Mg + + még/l
 Na + még/l
 K + még/l

--	--	--	--	--	--	--	--

FER

FER TOTAL %
 FER LIBRE %
 FER LIBRE/FER TOTAL

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

DENSITE REELLE
 DENSITE APPARENTE
 pF 4,2
 pF 3
 pF 2,5
 pF 2,0
 K-HENIN
 I.S.

D.E.M.R.H. BORDEREAU DE DONNÉES LABORATOIRE DES SOLS

[Handwritten profile diagram]					N° PROFIL REGION
[Handwritten profile diagram]					NOM DU SOL
[Handwritten profile diagram]					PROFONDEUR EN cm
[Handwritten profile diagram]					CLASSE DE PROFOND.
[Handwritten profile diagram]					Couleur HZ 1, 2, 3
[Handwritten profile diagram]					Couleur HZ 4, 5
[Handwritten profile diagram]					GRANULOMETRIE
[Handwritten data]					A %
[Handwritten data]					LF %
[Handwritten data]					LG %
[Handwritten data]					SF %
[Handwritten data]					SG %
[Handwritten data]					REF. > 2 mm %
[Handwritten data]					MATIERES ORGANIQUES
[Handwritten data]					MO %
[Handwritten data]					C %
[Handwritten data]					N %
[Handwritten data]					C/N
[Handwritten data]					MH T %
[Handwritten data]					AF %
[Handwritten data]					AH %
[Handwritten data]					RESERVES MINERALES
[Handwritten data]					CaCO3 TOTAL %
[Handwritten data]					CaCO3 ACTIF %
[Handwritten data]					P205 TOTAL à P %
[Handwritten data]					P205 ASSIML. (PPM)
[Handwritten data]					K20 %
[Handwritten data]					GYPSE TOTAL %
[Handwritten data]					COMPLEXE ABSORBANT
[Handwritten data]					Ca + + en méq/100 g
[Handwritten data]					Mg + + en méq/100 g
[Handwritten data]					K + en méq/100 g
[Handwritten data]					Na + en méq/100 g
[Handwritten data]					S
[Handwritten data]					T en méq/100 g
[Handwritten data]					Na/T en %
[Handwritten data]					SOLUTION DU SOL
[Handwritten data]					% SATURATION
[Handwritten data]					pH
[Handwritten data]					CONDUCTIVITE
[Handwritten data]					CO3H — méq/l
[Handwritten data]					SO4 — — méq/l
[Handwritten data]					Cl — méq/l
[Handwritten data]					Ca + + méq/l
[Handwritten data]					Mg + + méq/l
[Handwritten data]					Na + méq/l
[Handwritten data]					K + méq/l
[Handwritten data]					FER
[Handwritten data]					FER TOTAL %
[Handwritten data]					FER LIBRE %
[Handwritten data]					FER LIBRE/FER TOTAL
[Handwritten data]					CARACTERISTIQUES PHYSIQUES
[Handwritten data]					DENSITE REELLE
[Handwritten data]					DENSITE APPARENTE
[Handwritten data]					pF 4.2
[Handwritten data]					pF 3
[Handwritten data]					pF 2.5
[Handwritten data]					pF 2.0
[Handwritten data]					K-MENIN
[Handwritten data]					I.S.

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	0	112,3	149,1	47,7	47,6	90,4	17	8,7	0		556,5
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:4

GUIDE D'ESTIMATION DE P

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

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