

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALESUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdallah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**IRRIGATION D'UN PERIMETRE AGRICOLE DE
35HA A PARTIR DE LA STATION D'EPURATION
D'ELATTEUF (W.GHARDAIA)**

Présenté par :

M^r RIGHI Mohamed

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r M. MESSAHEL	M.C	Président
M^{me} L.S.BAHBOUH	MA.A	Examinatrice
M^{me} H.BOUCAMA	MA.A	Examinatrice
M^{me} S.HARKAT	MA.B	Examinatrice
M^r Y.BOUNAH	M.A.B	Examineur
M^r D. KOLIAI	Ing en chef	Promoteur

Septembre 2013

∞ Dédicace ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect à:

✚ *ma mère*

✚ *mon père*

✚ *mes frères et soeurs*

✚ *toute ma famille*

✚ *Mes amis à Metlili et Ghardaïa en particulier toufik, hakim, hammouda et tous mes amis de l'ENSH en particulier selem, abd ellah, hamidatou e, lehdjiri.....*

...RIGHI Mohamed...

∞ Remerciements ∞

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement mon promoteur Mr. Djaffar. KOLIAI de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie Mme BAHBOUH pour répondre a nos questions.

Je tiens à remercier aussi :

- + Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*
- + Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH*
- + Tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de mon mémoire..*

...RIGHI Mohamed...

ملخص

إن الهدف من هذه الدراسة هو تزويد الأراضي الزراعية المكونة لمحيط 35 هكتار بالمياه الصالحة للسقي. انطلاقا من محطة تصفية المياه المستعملة الواقعة بمنطقة كاف الدخان ببلدية العطف ولاية غرداية. الشيء الذي تطلب منا البحث عن نوعية المياه المعالجة وذلك بغرض مقارنتها مع نوعية الماء المستعمل للسقي بعد أن قمنا بدراسة دقيقة لنوعية المناخ لهذه المنطقة هذه الدراسة خلصت إلى انه يمكن إعادة استعمال هذه المياه في المجال الزراعي

Résumé

Le but de cette étude est l'approvisionnement d'un réseau d'irrigation de 35 Ha par les eaux d'irrigations à partir de la station d'épuration des eaux usées de KEF DOUKHANE EL ATTEUF (W. Ghardaïa). Nous avons été amènes à déterminer la qualité de l'eau épurée afin de la comparer avec les eaux utilisées dans l'agriculture après une étude précise de la qualité du climat de cette zone

Nos résultats nous ont permis de constater que l'eau épurée peut être réutilisée surtout dans le secteur agricole

Abstract

The purpose of this study is the provisioning of an irrigation network about 35Ha by water that comes from the cleaning station situated at KEF DOUKHANE EL ATTEUF (W. Ghardaïa). We were asked to determine the quality of purified water in order to compare with the water used in agriculture after a detailed study of the quality of the climate of this area. The results found proof that the treated water can be reused, especially in the agricultural sector

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

I.1 Introduction.....	1
I.2 Situation géographique.....	1
I.2.1 La Wilaya de Ghardaïa.....	1
I.2.2 La commune d'el Atteuf.....	1
I.3 Climatologie.....	3
I.3.1 Caractéristiques climatiques.....	3
I.3.2 Précipitations:.....	3
I.3.3 Température :.....	4
I.3.4 L'humidité :.....	5
I.3.5 Le vent :.....	5
I.3.6 L'évaporation :.....	6
I.3.7 Nébulosité.....	7
I.3.8 Insolation.....	7
I.3.9 Régime climatique :.....	8
I.4 Géologie.....	11
I.5 Hydrologie.....	12
I.6 Hydrogéologie.....	12
I.7 Conclusion.....	14

CHAPITRE II : Description de la STEP et systèmes d'épuration

II.1 Introduction.....	15
II.2 Localisation et superficie disponible.....	15
II.3 Evolution démographique.....	17
II.4 Caractéristiques de l'eau brute.....	18
II.5 Performances des rejets.....	19
II.6 Mesures et analyses au niveau de la lagune.....	20

II.6.1 Analyse sur le site.....	20
II.6.1.1 Analyseur hors ligne.....	20
II.6.1.2 Sonde.....	20
II.6.1.3 Kits colorimétriques.....	20
II.6.2 Analyse de laboratoires.....	20
II.7 Filière de traitement.....	22
II.7.1 Prétraitement.....	22
II.7.2 Traitement primaires (BASSINS PRIMAIRES).....	23
II.7.3 Traitement secondaires (BASSINS SECONDAIRES):.....	24
II.7.4 Lit de séchages et plate forme de stockage :.....	26
II.8 Comparaison entre les paramètres de sortie et celles d'entrée.....	27
II.8.1 Paramètres en amont.....	27
II.8.2 Paramètres en avale:.....	28
II.9 Interprétation des résultats.....	28
II.10 Classification de l'eau d'irrigation.....	29
II.10.1 Classification d'Ayers.....	29
II.10.2 Classification mondiale (F.A.O).....	30
II.10.3 Classification Russe.....	30
II.11 Classification des cultures.....	32
II.11.1 Degré de protection sanitaire requis :.....	32
II.11.2 La potentiel de transmission en microorganismes pathogènes:.....	33
II.12 Conclusion.....	34

CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eau des cultures

III.1 Introduction.....	35
III.2 Etude hydrologique.....	35
III.2.1 Homogénéité de la série pluviométrique.....	35
III.2.2 Ajustement :.....	38

III.2.3 Détermination de l'année de calcul :	42
III.3 Pédologie du sol.....	43
III.3.1 Les sols de Sahara.....	43
III.3.2 Les sols d'oasis.....	44
III.3.3Relation Sol -Nappe - Salinité.....	44
III.3.4 Relation plante – sol – eau :	44
III.4 Choix des cultures:.....	44
III.4.1 Les palmiers.....	45
III.4.2 Les abricotiers.....	45
III.5 L'évapotranspiration :	46
III.5.1 Type d'évapotranspiration.....	46
III.5.2 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration.....	46
III.5.3 Calcul de l'évapotranspiration :	49
III.6 Calcul de la pluie efficace.....	51
III.7 Calcul des besoins en eau :	51
III.8 Calcul des débits :	54
III.8.1 Débits spécifiques :	54
III.8.2 Débits caractéristiques :	54
III.9 Conclusion:.....	55

CHAPITRE IV : Dimensionnement et irrigation à la parcelle choix

IV.1 Introduction :	56
IV.2 Les techniques d'arrosage des cultures:.....	56
IV.2.1 L'irrigation gravitaire :	56
IV.2.2 L'irrigation par aspersion:.....	57
IV.2.3 L'irrigation souterraine.....	58
IV.2.4 L'irrigation localisée :	59
IV.3 Choix de technique d'arrosage convenable :	59

IV.4 Description d'un réseau d'irrigation à la goutte à goutte :.....	60
IV.4.1 Groupe de pompage :.....	60
IV.4.2 Filtre à sable :.....	61
IV.4.3 Filtre à tamis :.....	61
IV.4.4 Vannes :.....	61
IV.4.5 Vanne de sectionnement :.....	62
IV.4.6 Cheminée d'équilibre ou d'entrée d'air :.....	62
IV.4.7 Clapet de non retour :.....	62
IV.4.8 Dispositif anti-bélier :.....	62
IV.4.9 Régulateur de pression :.....	62
IV.4.10 Les conduites :.....	62
IV.4.11 Les distributeurs :.....	64
IV.5 L'obstruction des goutteurs:.....	65
IV.5.1 Colmatage physique :.....	65
IV.5.2 Colmatage biologique :.....	66
IV.5.3 Colmatage chimique :.....	66
IV.5.4 Accumulation des sels :.....	66
IV.6 Données générales de la parcelle :.....	66
IV.7 Calcul des caractéristiques du réseau.....	67
IV.7.1 Les besoins journaliers.....	67
IV.7.2 La dose pratique.....	67
IV.7.3 La dose nette pratique réelle :.....	68
IV.7.4 Dose brute :.....	68
IV.7.5 Fréquence d'arrosage :.....	68
IV.7.6 Dose fictive à apportée :.....	68
IV.7.7 Durée d'arrosage :.....	69
IV.7.8 Durée d'arrosage journalier :.....	69

IV.7.9 Nombre de poste :.....	69
IV.7.10 Surface d'un poste :.....	69
IV.7.11 Surface correspondant à une rampe :.....	69
IV.7.12 Nombre de rampes par postes :.....	70
IV.7.13 Nombre de goutteur par rampe :.....	70
IV.8 Calcul hydraulique:.....	71
IV.8.1 Calcul de la rampe :.....	71
IV.8.1.1 Débit d'une rampe:.....	71
IV.8.1.2 Diamètre de la rampe :.....	71
IV.8.2 Calcul de la porte rampe:.....	72
IV.8.3 Calcul de la perte de charge (Règle de Christiansen) :.....	72
IV.8.4 Calcul de la canalisation principale :.....	73
IV.9 bassin d'irrigation :.....	75
IV.10 Adduction :.....	76
IV.10.1 Types d'adduction : En général on distingue trois types d'adduction :.....	76
IV.10.2 Choix du tracé :.....	76
IV.10.3 Choix du matériau :.....	76
IV.10.4 Calcul Du diamètre:.....	77
IV.11 Conclusion :.....	78

CHAPITRE V : Etude économique

V.1 Introduction :.....	79
V.2 Estimation du matériel utilisée :.....	79
V.3 Estimation des cultures projetée :.....	80
V.4 Estimation des travaux :.....	80
V.4 .1 Calcul déblai et remblai :.....	80
V.4 .2 Estimation des différents travaux:.....	81

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I-0 1 : coordonnées de la station météorologique de la région de GHARDAIA.....	3
Tableau I-0 2: Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de GHARDAIA ...	4
Tableau I-0 3: Variation des températures à la station de GHARDAIA.....	4
Tableau I-0 4 : Humidités relatives moyennes mensuelles.....	5
Tableau I-0 5 : Les vitesses moyennes mensuelles de vent.....	6
Tableau I-0 6 :L'évaporation moyenne mensuelle.....	6
Tableau I-0 7 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité.....	7
Tableau I-0 8 : Insolations moyennes journalières.....	7
Tableau I-0 9: Données de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle.....	8
Tableau I-0 10 : Classification de climat selon MARTON.....	9

CHAPITRE II : Description de la STEP et systèmes d'épuration

Tableau II- 1 : Evolution démographique.....	18
Tableau II- 2 : caractéristiques de l'eau brute.....	18
Tableau II- 3 : Pollution organique.....	18
Tableau II- 4 : Paramètres physico-chimiques.....	19
Tableau II- 5 : Micropolluants minéraux.....	19
Tableau II- 6 : Micropolluants organiques et minéraux.....	19
Tableau II- 7 : Paramètres d'eau brute.....	27
Tableau II- 8 : Minéralisation d'eau brute.....	27
Tableau II- 9 : Paramètres d'eau épurée.....	28
Tableau II- 10 : Rendement de paramètres de sortie.....	28
Tableau II- 11 : Valeurs indicatives pour l'appréciation d'une eau d'irrigation.....	29
Tableau II- 12 : Tolérance des plantes aux sels (FAO 2005).....	30

CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eau des cultures

Tableau III. 1 : Test de WILCOXON pour la station de GHARDAIA.....	37
Tableau III. 2: Ajustement à la loi log-Normale (loi de Galton).....	41
Tableau III. 3: table du Pearson III.....	42
Tableau III. 4 : Les valeurs mensuelles de P80%.....	43
Tableau III. 5 : Evapotranspiration de référence de la zone du projet selon Pen-Mont.....	49
Tableau III. 6: L'évapotranspiration maximale des cultures.....	50
Tableau III. 7: L'évapotranspiration maximale des abricotiers.....	50
Tableau III. 8 : Précipitations efficaces dans la zone d'étude.....	51
Tableau III. 9: besoins en eau d'irrigation pour les dattiers.....	52
Tableau III. 10: besoins en eau d'irrigation pour les abricotiers.....	53
Tableau III. 11: Les besoin en eau d'irrigation totaux des cultures.....	53
Tableau III. 12: Les besoin totales.....	53

CHAPITRE IV : Dimensionnement et irrigation à la parcelle choix

Tableau IV. 1: Les paramètres des cultures.....	70
Tableau IV. 2: Diamètres calculés pour différents tronçons de canal principal.....	74
Tableau IV. 3: Les caractéristiques de la pompe.....	75
Tableau IV. 4: Coefficients K' , m , \square pour différents types de tuyaux.....	78

CHAPITRE V : Etude économique

Tableau V- 1:Liste des pièces de réseau d'irrigation localisée.....	79
Tableau V- 2: Liste des pièces d'adduction, pompage et le bassin.....	80
Tableau V- 3: Estimation des cultures projetée	80
Tableau V- 4: Calcul de terrassement	81
Tableau V- 2: Estimation des déférents travaux.....	81

Liste des figures

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Situation géographique.....	2
Figure I. 2: Climagramme de Gausse.....	8
Figure I.3 : Climagramme d'EMBERGER.....	10
Figure I.4 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab.....	11
Figure I.5 : Bassin versant de la région du M'Zab.....	12
Figure I.6: Carte des ressources en eau souterraines.....	13

CHAPITRE II : Description de la STEP et systèmes d'épuration

Figure II. 1 Implantation de la lagune d'El Atteuf.....	15
Figure II. 2 Vue en dessus de la lagune d'El Atteuf.....	16
Figure II. 3:l'ensemble du projet.....	17
Figure II. 4 : Sonde YSI 600 XL.....	20
Figure II. 5 : kit colorimétrique.....	20
Figure II. 6 : dégrilleur.....	23
Figure II. 7 : répartiteur principal de traitement primaire.....	23
Figure II. 8 : Répartiteur secondaire de traitement secondaire.....	24
Figure II. 10 Principe de fonctionnement des bassins secondaires.....	25
Figure II. 9 Principe de fonctionnement des bassins primaires.....	25
Figure II. 11 : le plan de masse.....	26
Figure II. 12 : plan de masse.....	26

CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eau des cultures

Figure III. 1: Graphique d'ajustement annuel des pluies moyennes (1982-2012) à la loi normale.....	39
Figure III. 2: Graphique d'ajustement annuel des pluies moyennes (1982-2012) à la loi log-normale.....	40
Figure III. 3: photo de la parcelle des palmiers.....	45
Figure III. 4: photo de la parcelle des abricotiers.....	45

CHAPITRE IV : Dimensionnement et irrigation à la parcelle choix

Figure IV. 1 : l'irrigation à la raie automatisée (transirrigation).....	56
Figure IV. 2: Filtre à tamis.....	61
Figure IV. 3: Irrigation localisée par Distributeur.....	65



Liste des planches

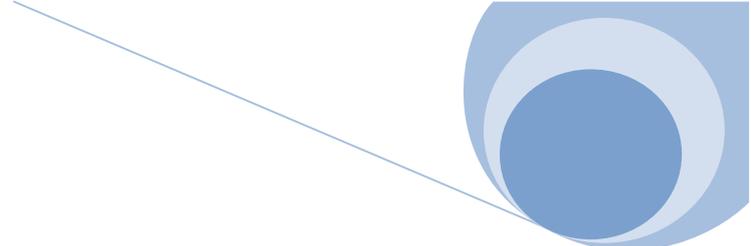
PLANCHE N°1 : levée topographique de la zone d'étude et schéma d'adduction de KEF DOUKHAN (W.GHARDAIA)

PLANCHE N°2 : réseau d'irrigation par goutte a goutte de KEF DOUKHAN (W.GHARDAIA)

PLANCHE N°3 : schéma de la pompe de refoulement bassin-parcelle de KEF DOUKHAN (W.GHARDAIA)

PLANCHE N°4 : profil en long de la conduite principale de KEF DOUKHAN (W.GHARDAIA)

PLANCHE N°5 : profil en long de la conduite gravitaire de KEF DOUKHAN (W.GHARDAIA)



INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

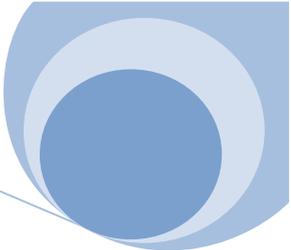
Ghardaia est l'une des villes d'Algérie qui connaît une situation d'assainissement assez grave. Une majeure partie des eaux usées de la ville est rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable et les conséquences sont déjà visible (pollution et dégradation de la qualité des eaux, pollution de l'environnement, apparition des maladies à transmission hydrique, etc.....)

La réutilisation des eaux usées est essentielle au développement des politiques de gestion durable de l'eau et de l'environnement, dans les régions arides et semi-arides, elle est aussi un élément essentiel au développement, car elle assure une ressource alternative durable en eau et la protection de la santé publique.

Donc, cette procédure, à savoir, la réutilisation des eaux, est un domaine en pleine expansion, principalement associé à l'agriculture. C'est la seule alternative significative peu coûteuse permettant des réutilisations agricoles, industrielles et urbaines ne nécessitant pas une eau de qualité potable

Dans ce cadre, on a mené cette étude sur un périmètre d'une superficie de 35 Ha, localisé dans la région de KEF DOUKHANE ELATTEUF au niveau de la wilaya de GHARDAIA ; Il s'agit de concevoir un réseau d'irrigation sur ce périmètre afin d'éviter toute évolution négative sur le milieu récepteur. En effet, les eaux de la station d'épuration seront mobilisées dans ce domaine pour cela, il est envisagé des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux pour une éventuelle utilisation dans l'irrigation.

Dans notre études nous allons faire une analyse des conditions naturel et une étude sur la qualité des eaux épurées dans la lagune ainsi que le dimensionnement d'un système d'irrigation agricole adéquat et ce en commençant par une étude des techniques d'irrigation après l'évaluation des besoins en eau des cultures, et on achève ce travail par une étude économique afin d'évaluer les coûts et faisabilité de ce projet.



CHAPITRE I

Analyse des conditions naturelles



I.1 Introduction

Le périmètre à irriguer (Kef doukhane) se trouve au sud-est de la commune d'El Atteuf la wilaya de Ghardaïa, tel que la superficie de ce périmètre est de 35 hectares

I.2 Situation géographique

I.2.1 La Wilaya de Ghardaïa

Se situe au centre de la partie d'ALGERIE à 600 Km au sud d'Alger. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. Elle est caractérisée par des plaines dans le Continental Terminal des régions ensablées, la Chebka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km.

Selon les données des services agricoles La superficie totale de la Wilaya s'étend sur 8.656.000 hectares et se répartit comme suit :

- Surface Agricole totale :..... 1.370.911 ha
- Terres improductives non affectées à l'agriculture :7.285.089 ha

Ses coordonnées géographiques sont de la région ou de la zone d'étude:

- Altitude 434 m.
- Latitude 32° 23' Nord.
- Longitude 3° 48' Est.

La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.560 km², elle est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat200 Km
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa300 Km
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla..... 200 Km
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset..... 1.470Km;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar..... 400 Km
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad350 Km.

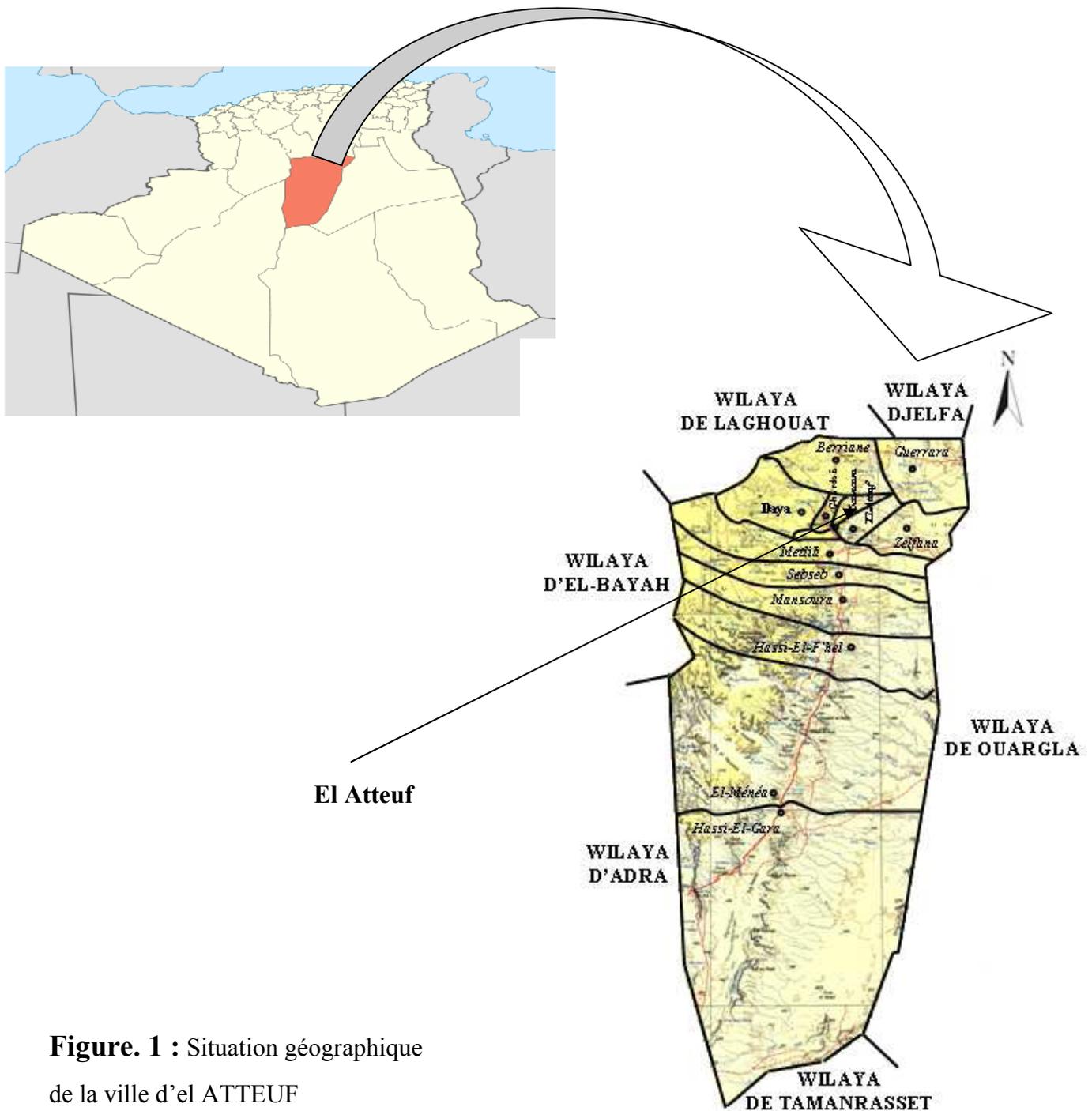
La wilaya comporte actuellement 14 communes regroupées en 9 daïras pour une population de 396.452 habitants, soit une densité de 4,68 habitants/ km².

I.2.2 La commune d'el Atteuf

El Atteuf (région de notre étude) l'une des quatorze communes de la wilaya, représente un pourcentage moyen de la surface agricole totale avec absence total d'un réseau d'irrigation pour couvrir cette surface -le système utilisé à ce jour est le forage individuel-, cet handicap a engendré un laisser aller dans le domaine de l'agriculture au niveau de la région.

La commune d'El Atteuf est située à 9 km à l'Est de Ghardaïa, ses coordonnées géographiques sont:

- Altitude 450 m.
- Latitude 32° 25 ' Nord.
- Longitude 3° 47 ' Est.



I.3 Climatologie

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, humidité relative, nébulosité et évaporation influent sur les cultures envisagées dans leurs cycles végétatifs et sur leurs besoins en eau.

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver(1)

La présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique de 30 ans entre 1981-2011 ; à partir des données de l'Office Nationale de Météorologie.

I.3.1 Caractéristiques climatiques

Tableau I-0 1 : coordonnées de la station météorologique de la région de GHARDAIA(2)

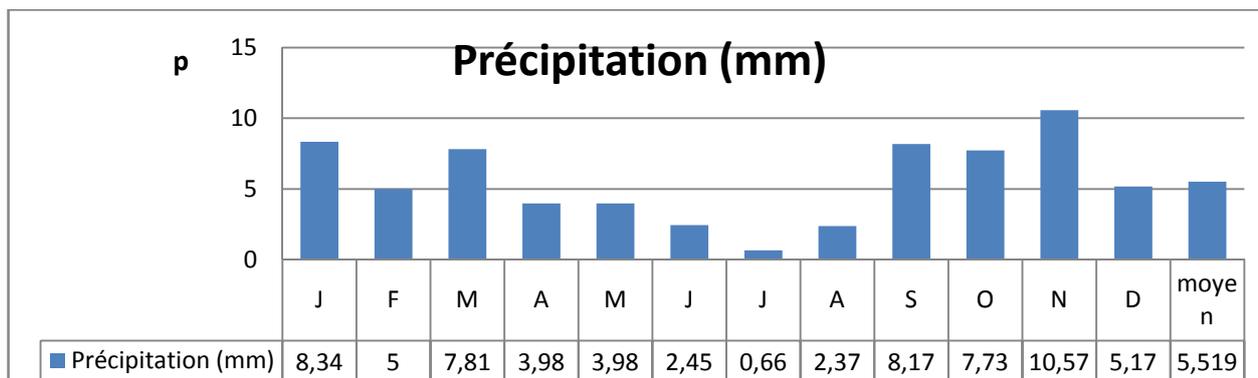
Station météorologique	Ghardaia
code de Station	605660 (DAUG)
Latitude :	32,4 N
Longitude :	3,81 E
Altitude :	450 m

I.3.2 Précipitations:

Les précipitations proviennent des nuages. Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et sous l'effet de la pesanteur, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide), ce sont les précipitations.

Les pluies ont un rôle primordial dans la constitution des réserves d'eau souterraine. Cependant seule une fraction des eaux pluviales arrivant sur le sol permet de recharger les nappes souterraines.

Le tableau ci-dessous représente les données des précipitations moyennes mensuelles calculées sur une période de 30 ans durant la période (1981-2011)

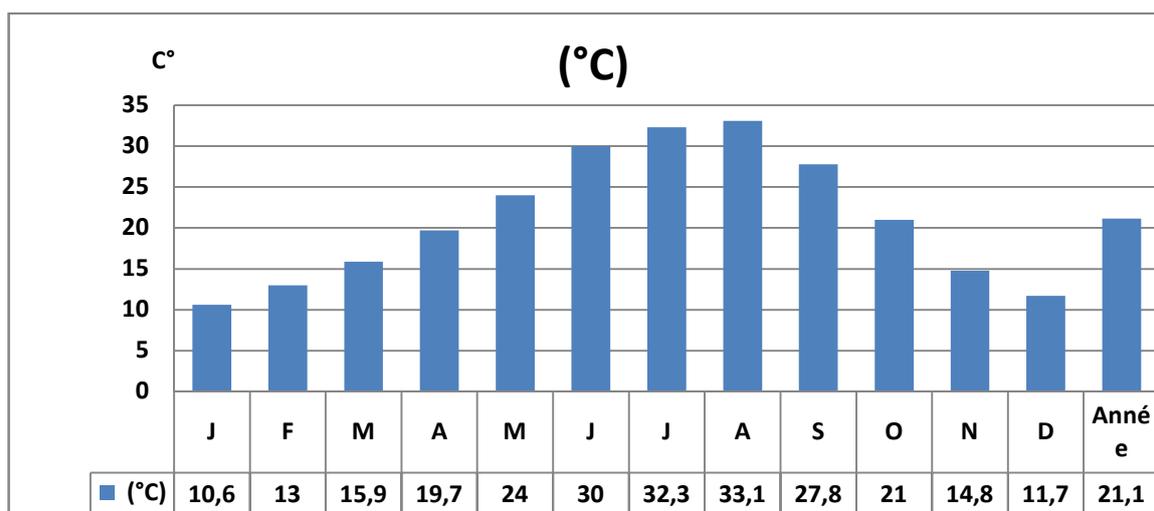
Tableau I-0 2: Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de GHARDAIA

Le tableau I-02 (1) montre l'évolution des précipitations moyennes mensuelles durant la période (1981-2011). Ainsi, on remarque que la répartition des précipitations est irrégulière, la quantité maximale est observée au mois de novembre, elle est de l'ordre de 10.57 mm par contre au mois de Juillet, elle est presque nulle, de même que pour les autres mois où elle est relativement faible.

I.3.3 Température :

Notre région d'étude caractérisée par un climat Saharien, la température joue un rôle très important par son influence sur les autres paramètres météorologiques tel que l'évaporation et le taux de l'humidité de l'atmosphère(1).

Les températures moyennes de la région d'El Atteuf sont représentées dans le tableau I.03 :

Tableau I-0 3: Variation des températures à la station de GHARDAIA (1)

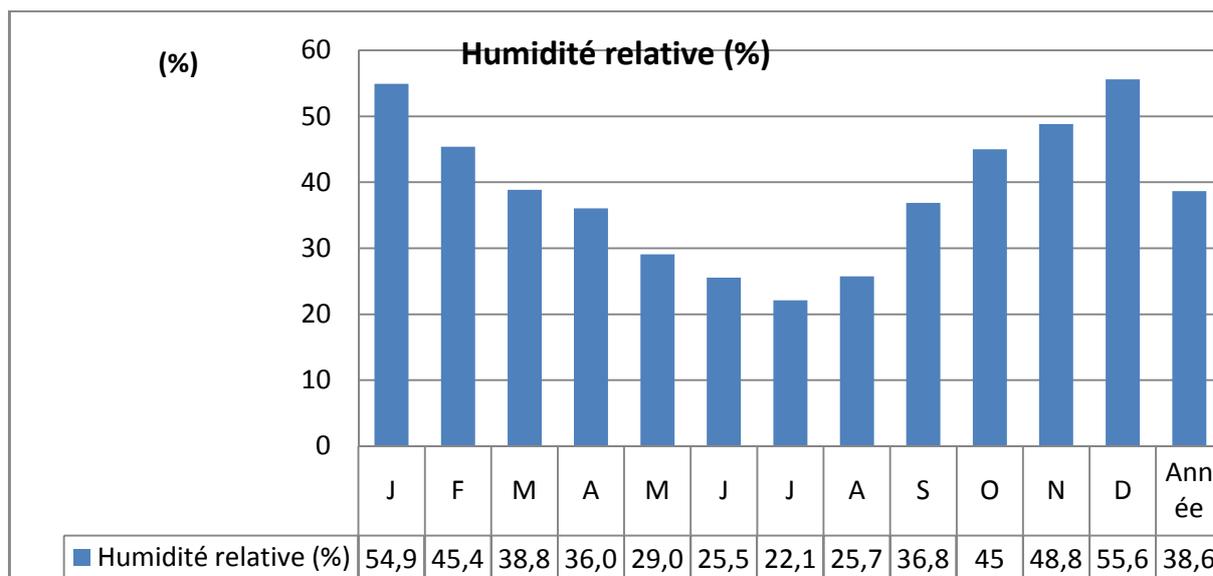
La température maximale moyenne est observée au mois d'août et qui égale à 33,1°C.

La température minimale moyenne est observée au mois de Janvier et qui égale à 10.6°C.

I.3.4 L'humidité :

L'humidité est très importante car elle influe sur l'évaporation, elle est plus élevée en hiver qu'en été. Ceci s'explique par l'effet de la température qui est élevée en été et basse en hiver, et le maximum correspond au mois le plus froid. Le tableau suivant donne les valeurs de l'humidité moyennes mensuelles observées en 20 ans

Tableau I-0 4 : Humidités relatives moyennes mensuelles(1)



I.3.5 Le vent :

Le vent est un autre facteur climatique important dans la caractérisation du climat.

Les vents au niveau de la région de Ghardaïa sont de deux types :

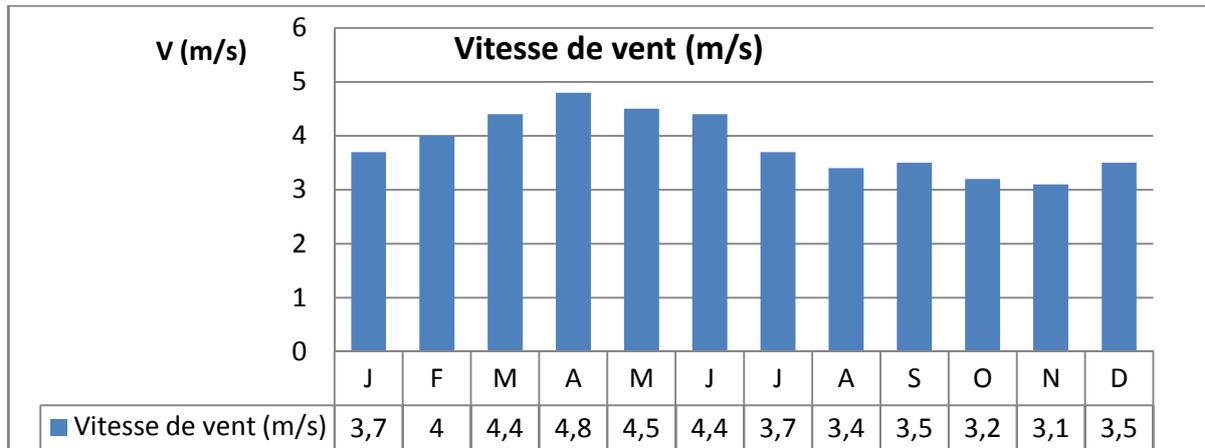
- Les vents de sable en automne, printemps et hiver de direction Nord - Ouest.
- Les vents chauds (Sirocco) dominant en été, de direction Sud - Nord ; très secs et

entraînant une forte évapotranspiration.

D'après les données de l'O.N.M. (2011) pour la période de 1981-2011, les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de **7.05 m/s** (2)

Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrées à la station de Ghardaia sont présentés dans le tableau suivant

Tableau I-0 5 : Les vitesses moyennes mensuelles de vent. (1)

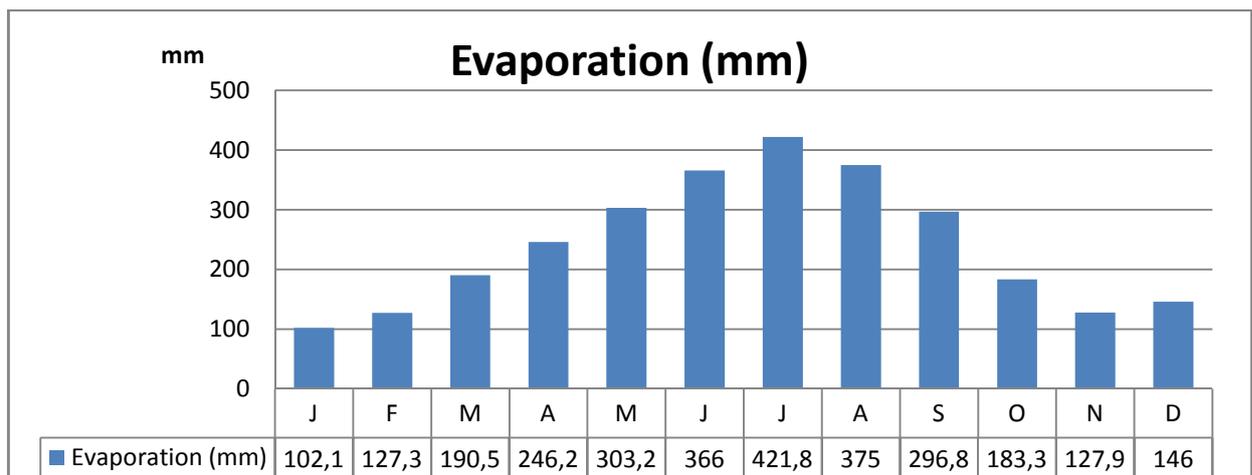


D’après le tableau I.5 la vitesse max du vent est observée au mois d’avril, elle est à 4.8 m/s.

I.3.6 L’évaporation :

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

Tableau I-0 6 :L’évaporation moyenne mensuelle(1)



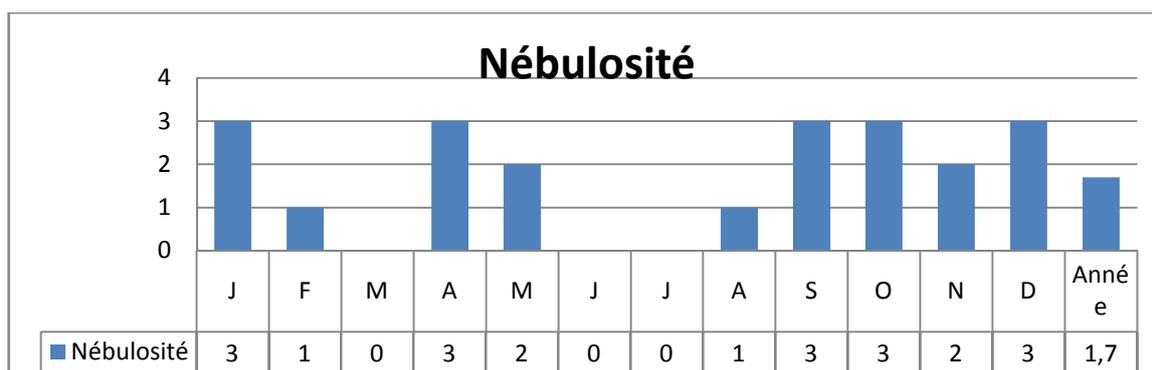
On remarque d’après le tableau I.6 ; que L’évaporation est très intense, surtout lorsqu’elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l’ordre de **2886 mm /an**, avec un maximum mensuel de **421.8 mm** au mois de Juillet et un minimum de **102.1 mm** au mois de Janvier

I.3.7 Nébulosité

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

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

Tableau I-0 7 : Les moyennes mensuelles de la nébulosité(1)

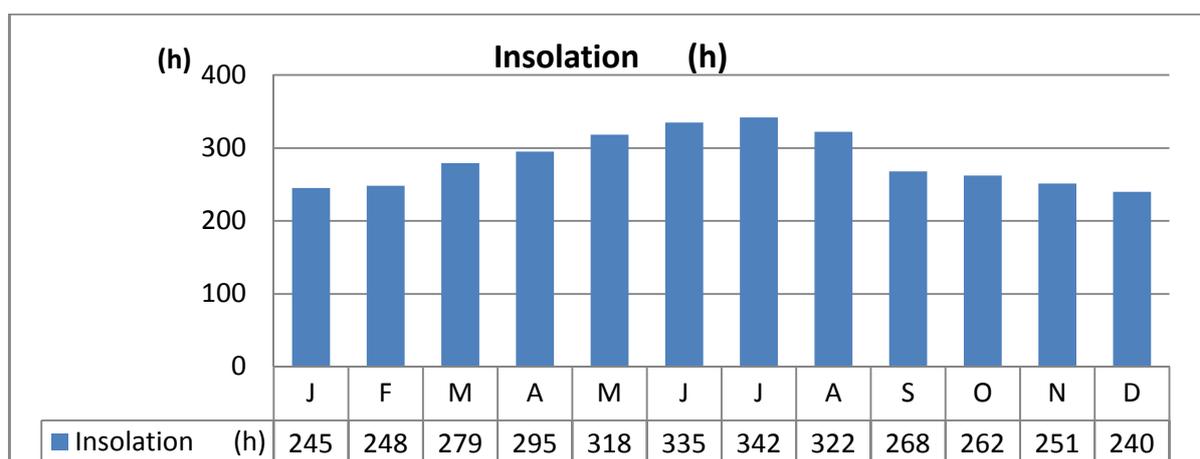


I.3.8 Insolation

Insolation signifie la quantité d'énergie solaire reçue, mais aussi peut être synonyme d'ensoleillement, c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au Soleil

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau I.8

Tableau I-0 8 : Insolations moyennes journalières



La durée moyenne de l'insolation est de 283,75 heures/mois, avec un maximum de 342h durant le mois de Juillet ; et un minimum de 240h durant le mois de Décembre. La durée moyenne annuelle est de l'ordre 3405 heures/an

I.3.9 Régime climatique :

I.3.9.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité

Tableau I-0 9: Données de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	8,34	5	7,81	3,98	3,98	2,45	0,66	2,37	8,17	7,73	10,57	5,17
2T	21,2	26	31,8	39,4	48	60	64,6	66,2	55,6	42	29,6	23,4

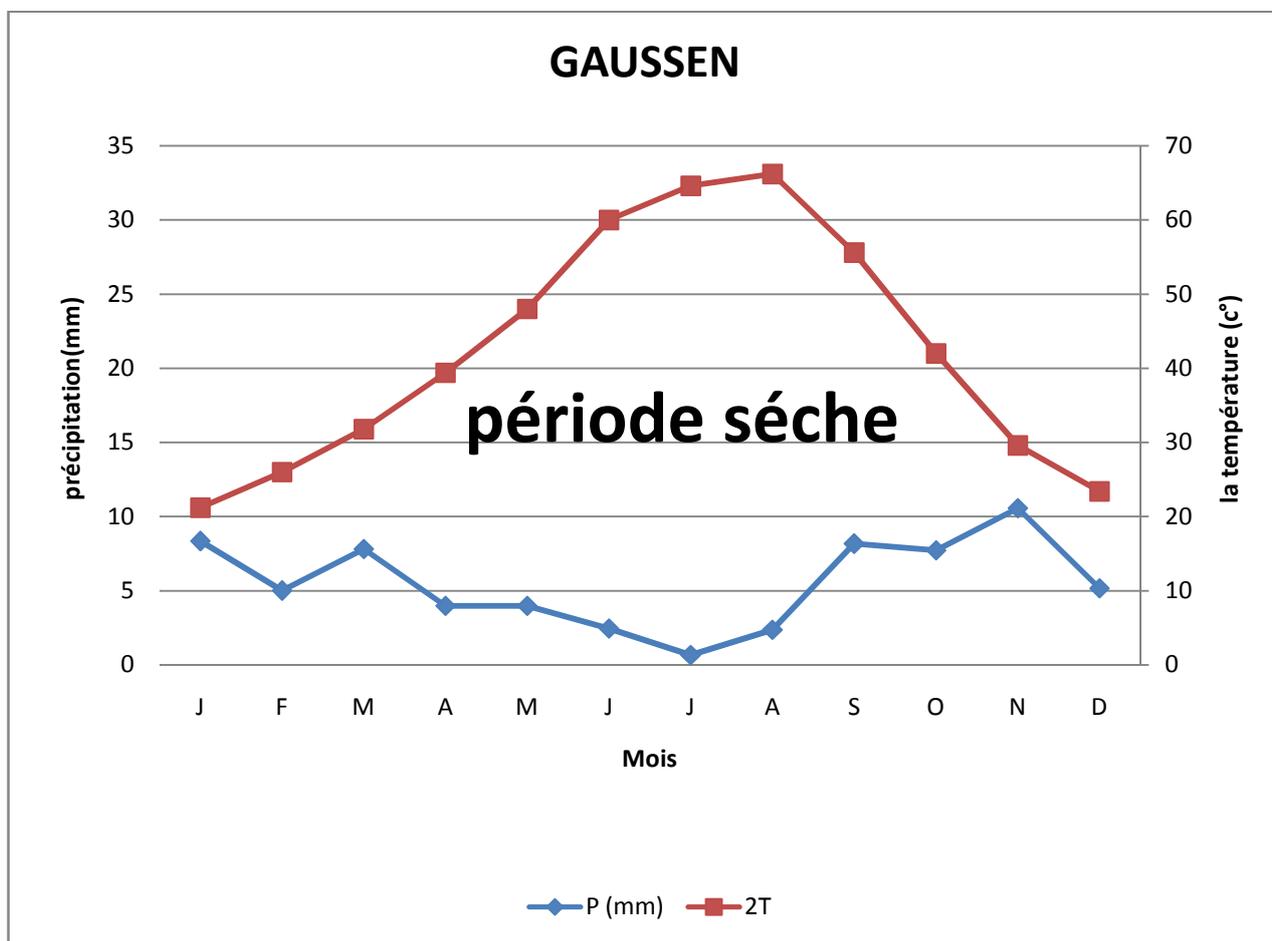


Figure I.2: Climagramme de Gaussien

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale toute l'année

I.3.9.2 Classification du climat selon l'indice d'aridité de MARTON

Pour enrichir plus l'idée sur le climat d'une région, le géographe de **MARTONE** a proposé en 1923 un indice d'aridité vite devenue célèbre fondé sur le régime des précipitations et des températures selon la formule suivante:

Avec:

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

IA : indice climatique.

P: précipitation moyenne annuelle (mm/an) ;

T: température moyenne annuelle (°C)

Tableau I-0 10 : Classification de climat selon MARTON

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

Pour la station de Ghardaia:

$$P = 5.5 \text{ mm/an}$$

$$T = 21.10^\circ\text{C}$$

$$\text{On aura } I = 2.12$$

Selon l'indice d'aridité calculé et d'après le tableau de classification ci-dessus, on constate que la région est soumise à un type de climat **désertique** par conséquent,

l'irrigation est **indispensable**.

I.3.9.3 Indice (Quotient) pluviométrique d'EMBERGER,

Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'EMBERGER sert à définir les cinq différents types (étages) de climat méditerranéen, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, la technique est fondée sur un diagramme dressé par Mr EMBERGER

Ce quotient est défini par la formule

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

Avec :

- **Q** : quotient pluviométrique d'EMBERGER
- **M** : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin
- **m** : la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin
- **P** : pluviométrie annuelle en mm

La formule est parfois adaptée sous la forme suivante (formule de Stewart) - adaptée pour l'Algérie .

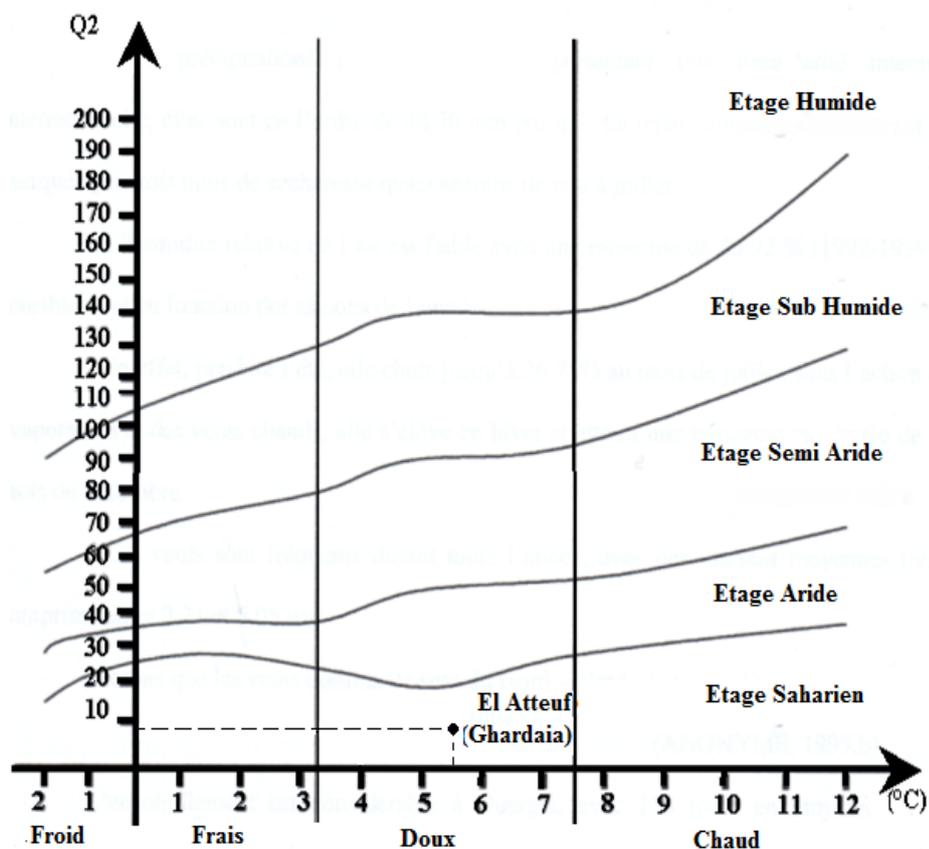
$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

Le climagramme d'EMBERGER est représenté :

- en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid.
- en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER.

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER la valeur de $Q = 8.69$ pour une température du mois le plus froid m , et une température du mois le plus chaud M nous donne un étage bioclimatique «**Saharien**».

Ces renseignements complètent et confirment celles obtenues précédemment par la méthode de MARTONNE



FigureI. 3 : Climagramme d'EMBERGER.

I.4 Géologie

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien (1)

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Infero-flux (nappes phréatiques) (figure I.04)

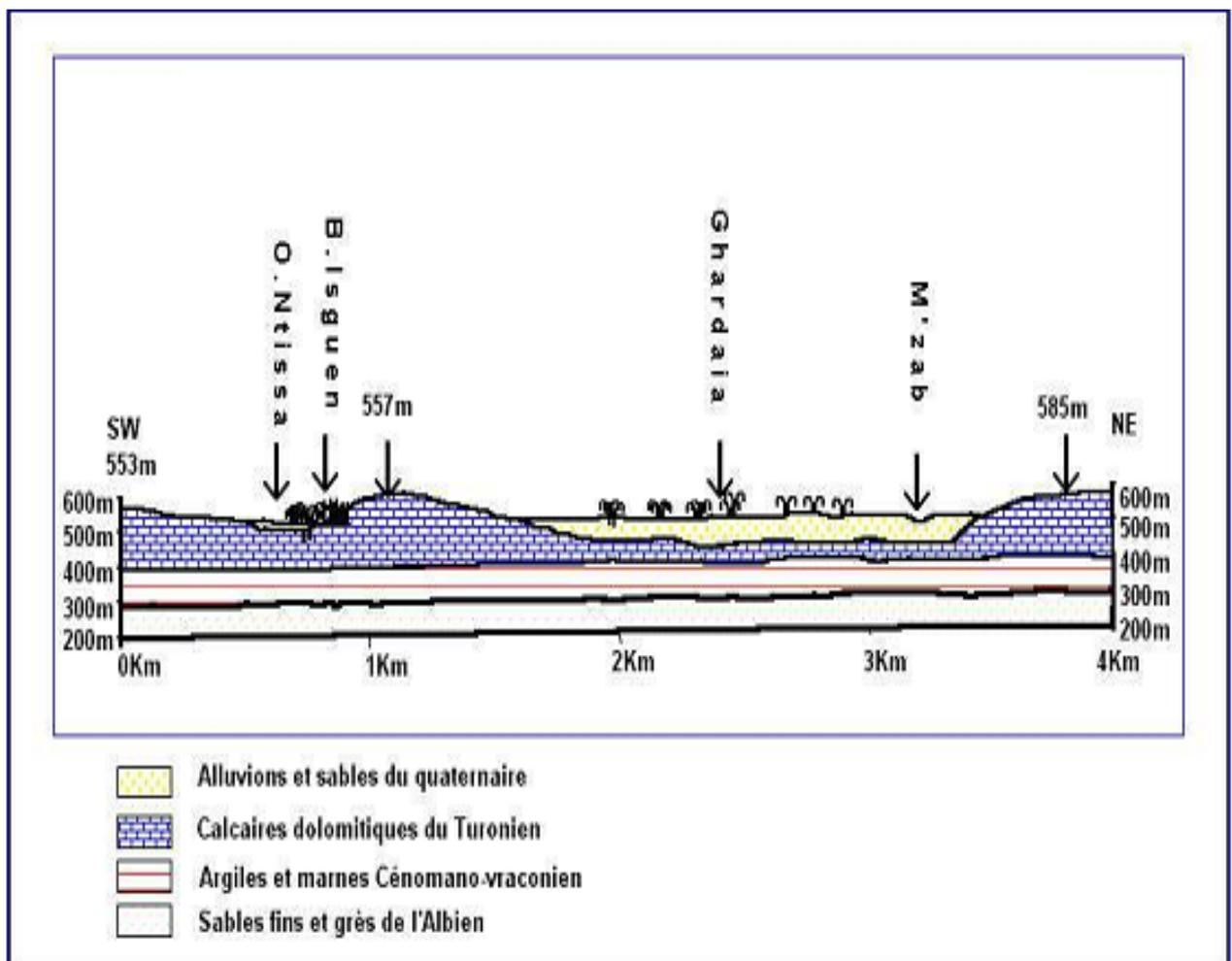


Figure I.4 : Esquisse hydrogéologique du M'Zab(1)

I.5 Hydrologie

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont: oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (figure I.5),

Ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région. Bassin versant de la région du M'Zab(1).

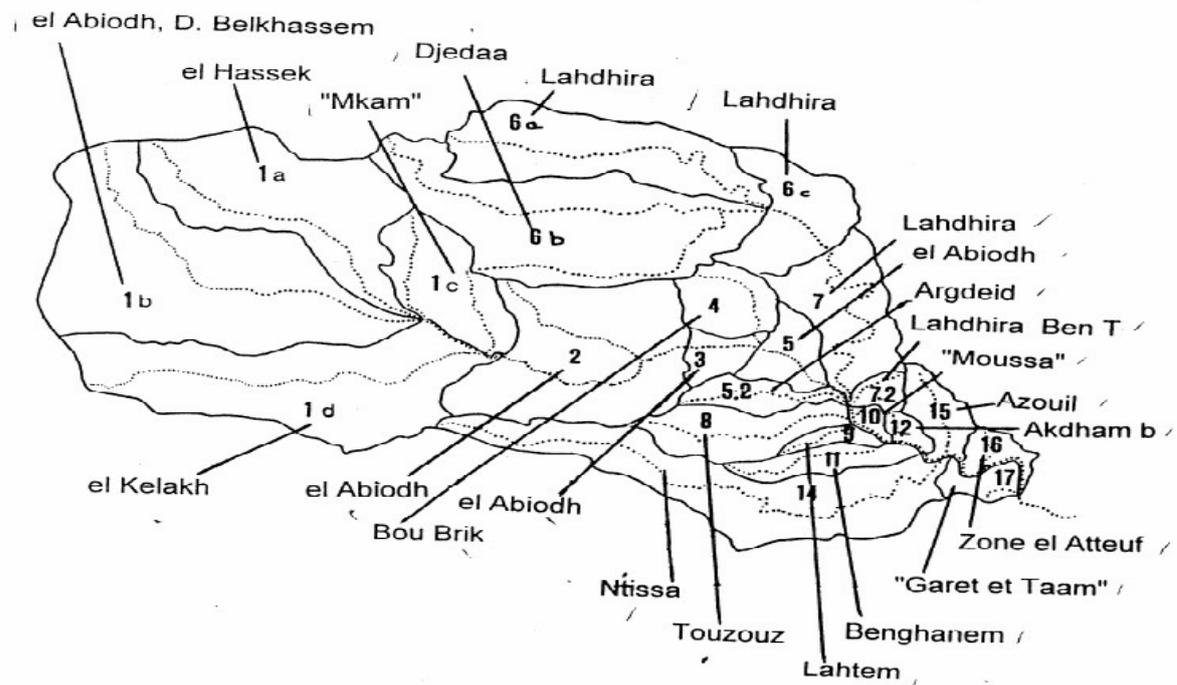


Figure I.5 : Bassin versant de la région du M'Zab(1).

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. Une étude des crues de l'oued Mzab a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'oued M'Zab et Metlili où chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations

I.6 Hydrogéologie

I.6.1 Nappe phréatique

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en

particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie.

*La qualité chimique des eaux est comme suit

- à l'amont, elle est bonne à la consommation.

- à l'aval, mauvais et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines.

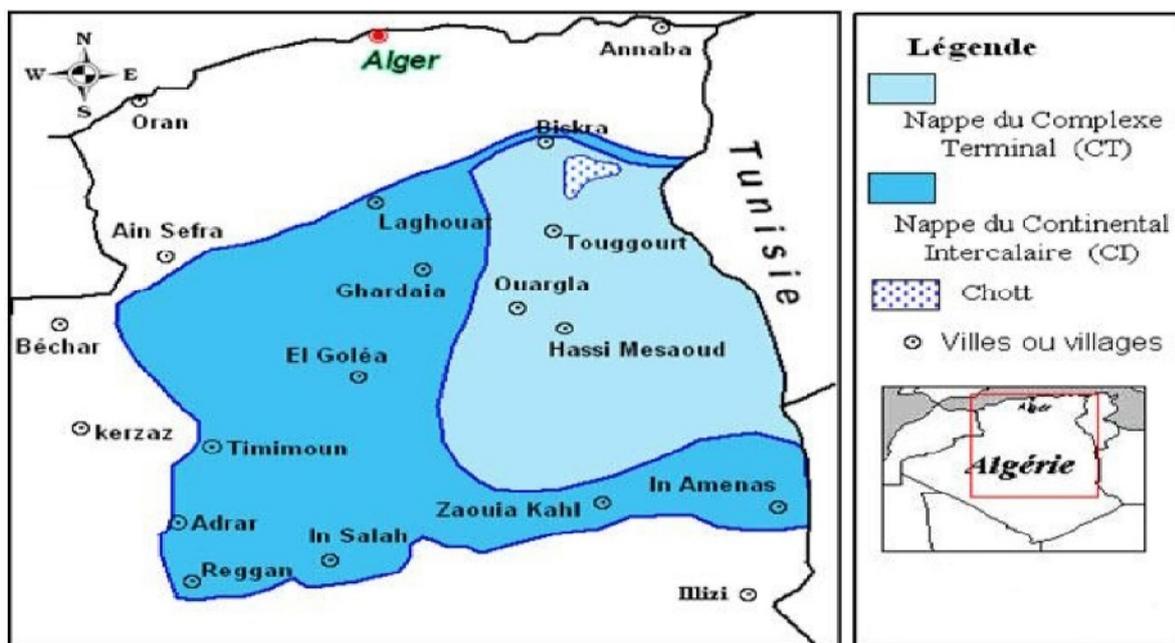
I.6.2 Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréso-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

La nappe du continental intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au continental intercalaire, elle est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).

- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (1).



FigureI. 6: Carte des ressources en eau souterraines(1)

(Continental Intercalaire et Complexe Terminal), extrait de recueil des communications, 2002

I.7 Conclusion

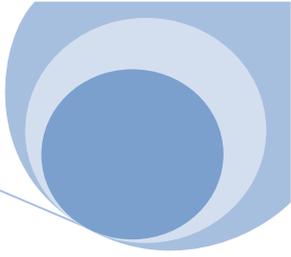
La synthèse des données climatiques nous permet de distinguer que la région est caractérisée par un climat hyper aride de type saharien, présenté par une irrégularité annuelle et interannuelle par deux périodes différentes :

L'une est sèche et chaude se prolonge entre les mois de Mars et Novembre et l'autre est humide et froide s'étend entre Novembre et Mars.

La plus forte température de l'ordre de 33,1 C ° est enregistrée au mois d'Août au cours duquel l'évaporation est maximale et est de 421.8 mm tandis que la plus faible température est de 10.6°C correspond au mois de Janvier durant lequel l'évaporation est minimale atteignant une valeur de 102.1 mm

Quant aux précipitations, la quantité maximale a été observée en Janvier avec une valeur de 10.57mm et le taux minimal de 0.66mm a été observé au mois de Juillet.

Le mois le plus humide est Décembre caractérisé par une forte humidité de 55.6 % et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité de l'ordre de 22.13 %. La brillance de soleil est très élevée en Juillet et dure 342 heures ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif



CHAPITRE II

*Description de la STEP
et systèmes d'épuration*



II.1 Introduction

Pour une utilisation sans risque des eaux épurées, en assurant une durabilité à moyen et à long terme, il est indispensable de connaître la classification et les normes admissibles pour les eaux d'irrigation, en suite, en projetant nos résultats provenant de l'analyse des eaux épurées vis-à-vis les normes de (FAO et OMS), pour sortir en conclusion, d'une susceptibilité d'utilisation de ces eaux en irrigation ou non !

La réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion de part le monde.

La lagune d'Alatteuf est réalisée pour la collection principale et le traitement des eaux usées et pluviales des agglomérations situées entre Daya Ben Dahoua et El Atteuf. alors on décrivons la lagune ainsi que les caractéristiques des eaux usées entrantes et sortantes de cette dernière.

II.2 Localisation et superficie disponible



Source: photo du Google earth

Figure II. 1 : Implantation de la lagune d'El Atteuf.

La station de traitement est d'une superficie d'environ **79 ha**, projetée à Kef doukhene El atteuf située à-viron 21 km au sud-est de GHARDAIA chef lieu de Wilaya. À l'aval de la digue d'El Atteuf (voire le plan de situation) cette lagune est localisée sur le plan de situation suivant :

- située à environ 800m de la digue d'El Atteuf aux coordonnées approximatives suivantes
 $X = 571\ 600$; $Y = 3\ 589\ 350$.
- La lagune est située en zone inondable dans le méandre de l'oued avec une pente de l'ordre de 1 % dans le fond de la vallée.



Figure II. 2 : Vue en dessus de la lagune d'El Atteuf

La station est composée d'un ensemble d'ouvrages :

- Collecteur d'amenées
- Digue de protection (digue périphérique)
- Un chenal de déviation
- Digue N° :01
- Digue N° :02
- Lagunes
- Bassins traitement primaire TP
- Bassins traitement secondaire TS
- Lits de séchages
- Plate forme de stockage

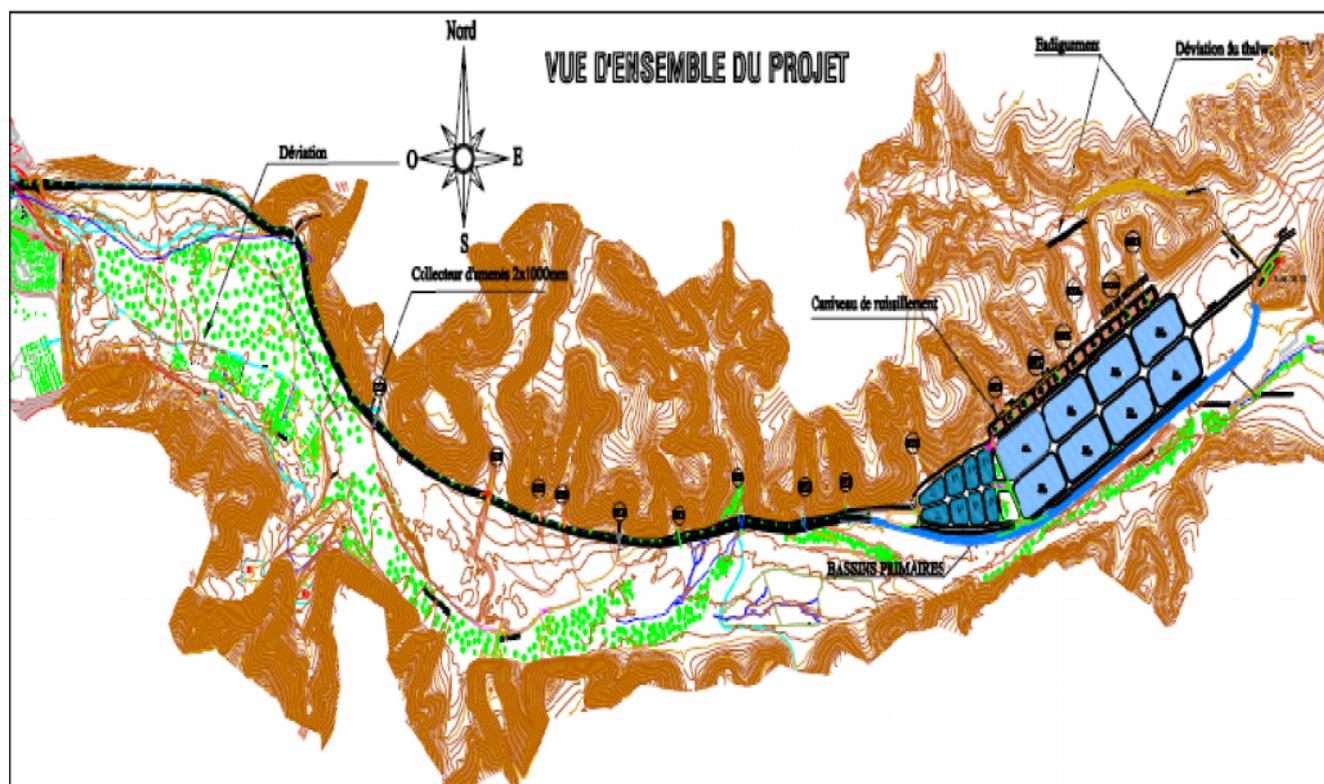


Figure II. 3: l'ensemble du projet

II.3 Evolution démographique

La station de traitement des eaux usées produites par la population de la vallée du M'Zab est dimensionnée pour les caractéristiques suivantes(6):

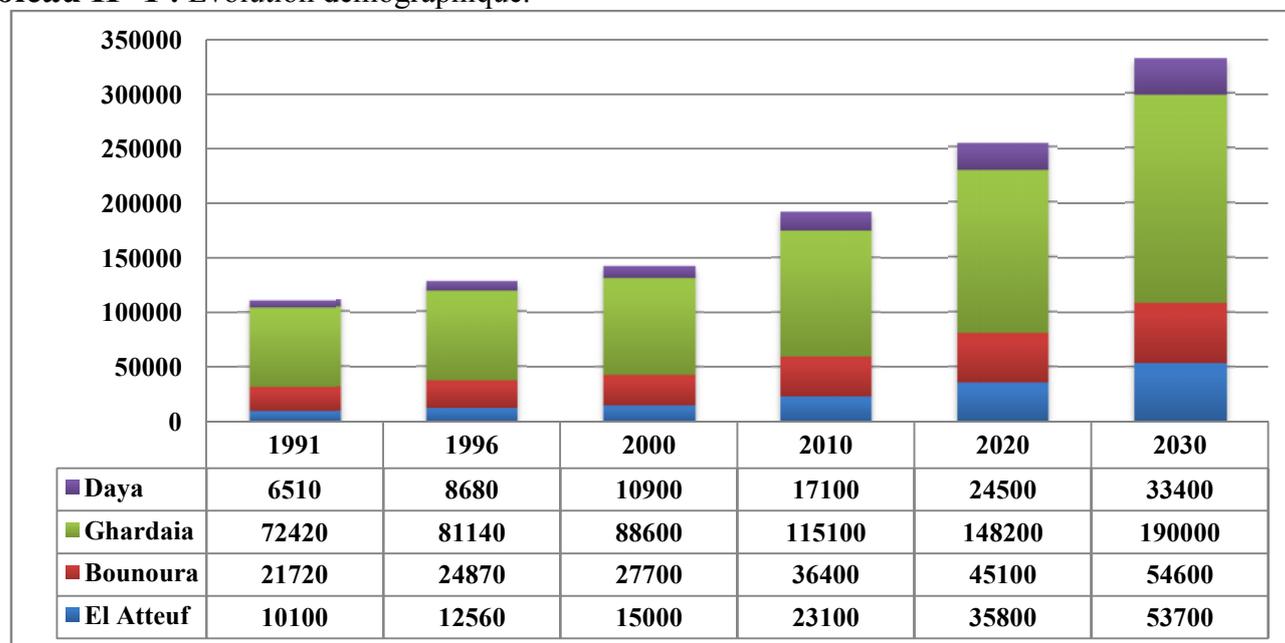
population raccordée : 331 700 habitants,

débit moyen journalier d'eaux usées : 46 438 m³/j,

Pollution organique : 11 610 kg DBO₅/j

D'après l'évolution de la population qui a été étudiée, le tableau suivant présente les résultats bruts par agglomération sans entrer dans le détail du découpage par quartier et des différentes hypothèses de développement selon la typologie de l'habita

Tableau II- 1 : Evolution démographique.



II.4 Caractéristiques de l'eau brute

L'évolution de la production d'eaux usées est présentée dans le tableau et le graphe suivants(6) :

Tableau II- 2 : caractéristiques de l'eau brute.

Eaux usées	unité	2000	2010	2020	2030
Taux de branchement	%	85%	90%	95%	100%
EH raccordés	u	120 870	172 530	240 920	331 700
Débits moyens journalier	m ³ /j	16 922	24 154	33 729	46 438
% capacité nominale	%	36%	52%	73%	100%

L'évolution de la production de pollution organique est présentée dans le tableau suivant :

Tableau II- 3 : Pollution organique.

Pollution organique	Unité	2000	2010	2020	2030
Production	g DBO ₅ /EH/j	35	35	35	35
flux de pollution	kg/DBO ₅ /j	4 230	6 039	8 432	11 610
Concentration	mg/l	250,00	250,00	250,00	250,00

II.5 Performances des rejets

Les normes et critères OMS (1989, 2000 et 2006), et FAO (1985) à atteindre pour répondre aux exigences de la qualité d'une eau destinée à l'irrigation sont les suivantes:

Tableau II- 4 : Paramètres physico-chimiques

Paramètres	Mesure optimale
Conductivité	0.7ds /m
T°	25°
PH	6.5-8.5
SAR	3 meq/l

Tableau II- 5 : Micropolluants

Paramètres	Valeur limite de rejet mg/l
Na +	920
K+	50
Mg ²⁺	60.75
Ca ²⁺	400
Cl-	1065
HCO ₃ -	500

Tableau II- 6 : Micropolluants organiques

Paramètres	Concentration
DBO ₅	< 10 mg/l O ₂
DCO	< 40 mg/l O ₂
MES	< 70 mg/l
PO ₄ -3	< 0.94 mg/l
NO ₃ -	< 50 mg/l
NO ₂ -	< 1 mg/l
NH ₄ +	< 1 mg/l

Il y'a donc fort besoin de détecter, analyser et contrôler ces substances dans les eaux réutilisées afin d'assurer une préservation de la qualité d'eau d'irrigation.

II.6 Mesures et analyses au niveau de la lagune

On distingue deux types d'analyses et mesures :

II.6.1 Analyse sur le site

II.6.1.1 Analyseur hors ligne

Ce système portatif est amené sur le bord de la masse d'eau et la mesure est réalisée à l'aide d'échantillons instantanés.

Les techniques utilisées dans ce cas peuvent être chimiques, optiques ou biologiques essentiellement pour mesurer les paramètres globaux de pollution (DCO, DBO₅, matières azotées,...) et les paramètres physico-chimiques (PH, conductivité et T°).

II.6.1.2 Sonde

La lagune utilise aussi des sondes permettant d'acquérir en continu des données sur un certain nombre de caractéristiques générales de la matrice analysée telles que le PH, T°, conductivité, O₂ dissous.



Figure II. 4 : Sonde *YSI 600 XL*

(Multi paramètres : oxygène dissous, température, conductivité, salinité, pH...).

II.6.1.3 Kits colorimétriques

Des kits colorimétriques semi-quantitatifs permettant de mesurer les nitrates, nitrites, phosphates, ammonium,... par l'ajout de réactifs et développement d'une couleur dont l'intensité correspond à une gamme de concentration.



Figure II. 5 : kit colorimétrique

II.6.2 Analyse de laboratoires

II.6.2.1 Mesure de la température

Sa mesure n'offre pas de difficultés particulières puisqu'il suffit de disposer d'un thermomètre exact, gradué au 1/10 de degré. Pour obtenir des informations à distance, ce sont les thermomètres à résistance qui sont les plus employés ; ils permettent un enregistrement graphique continu.

II.6.2.2 Détermination du pH : acidité et alcalinité

La mesure du pH se fait selon la norme ISO 10523. Elle est réalisée par électrochimie à l'aide d'un pH-mètre, appareil comportant une électrode combinée spéciale, dite électrode de verre, ou deux électrodes séparées. L'électrode de référence est en général au Calomel saturé. Elle est symbolisée par Hg, Hg₂Cl/Cl⁻. On devra nécessairement utiliser des pH-mètres enregistreurs, permettant de déterminer en continu le pH pendant un cycle de fabrication, pour avoir des mesures significatives. Le nettoyage des électrodes s'impose si l'on veut ne pas fausser les mesures, car elles se salissent rapidement dans les effluents riches en apports organiques. Il y a lieu de prévoir un nettoyage automatique par de petites brosses rotatives pour entretenir l'état de surface. Il est par ailleurs toujours judicieux de compléter la mesure de pH par un titrage de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu, à l'aide de bases ou d'acides forts.

II.6.2.3 Mesure de la conductivité

Pour connaître la minéralisation d'un effluent (quantité de sels dissous dans l'eau), on utilise couramment une mesure de conductivité électrique. Il convient de signaler toutefois que la conductivité ne croît pas proportionnellement à la minéralisation et s'en écarte d'autant plus que la minéralisation est élevée. Aussi emploie-t-on de plus en plus une mesure de conductivité dite « spécifique ». Celle-ci exprime la quantité de courant électrique que laisse passer la solution entre deux électrodes de platine. On la détermine en diluant l'effluent pour atteindre une conductivité telle que l'influence de la concentration en sels dissous devienne négligeable : 100µS/cm est la valeur généralement admise à 20°C.

Puis on multiplie le résultat obtenu par le facteur de dilution, exprimant ainsi une conductivité théorique, que l'on peut relier à la force ionique de l'effluent.

II.6.2.4 Détermination de l'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous est couramment utilisée pour faire les mesures de la demande biologique en oxygène (DBO) en laboratoire.

La mesure est chimique utilise la méthode de « Winkler » modifiée par « Alsterberg », dont le principe consiste en la précipitation de l'hydroxyde manganéux qui absorbe totalement l'oxygène pour former de l'oxyde manganique qui, en milieu acide, oxyde l'iodure de potassium préalablement introduit. L'iode libéré est titré par le thiosulfate de sodium.

II.6.2.5 Détermination de la DBO₅

Effectuée par dilution et ensemencement, avec apport d'allythiourée afin d'inhiber la nitrification. Les bactéries nitrifiantes consomment en effet de l'oxygène non pour oxyder des substances organiques, mais pour oxyder les sels ammoniacaux en nitrites et nitrates.

II.6.2.6 Détermination des matières en suspension MES

La détermination pondérale des matières en suspension consiste à isoler les matières en suspension de l'eau qui les englobe, à les sécher entre 100 et 105°C et à les peser. Un seul procédé d'isolement est utilisé dans ce laboratoire : la centrifugation.

La centrifugation suit la méthode normalisée NF T90-105-2. On centrifuge une certaine quantité d'eau à analyser et on lave les substances insolubles au fond du tube. Cette opération peut parfois dissoudre certaines d'entre elles, si elles ne sont pas vraiment insolubles, mais seulement en sursaturation. Elle est cependant nécessaire pour éliminer l'eau initiale contenant des substances solubles qui, après dessiccation, donneraient une erreur par excès.

II.7 Filière de traitement

La filière de traitement des eaux usées produites par la population de la vallée de M'Zab est le lagunage. Ce procédé consiste à séparer l'eau et la pollution lors des traitements

Le traitement comporte :

II.7.1 Prétraitement

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage), et des graisses et huiles (dégraissage et déshuilage).

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement. Cependant, il génère beaucoup plus de déchets.

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graisses par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé " dessaleur " entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés sont essorés, puis envoyés en décharge, ou réutilisés, selon la qualité du lavage.

Voire l'ouvrage (dégrilleur)

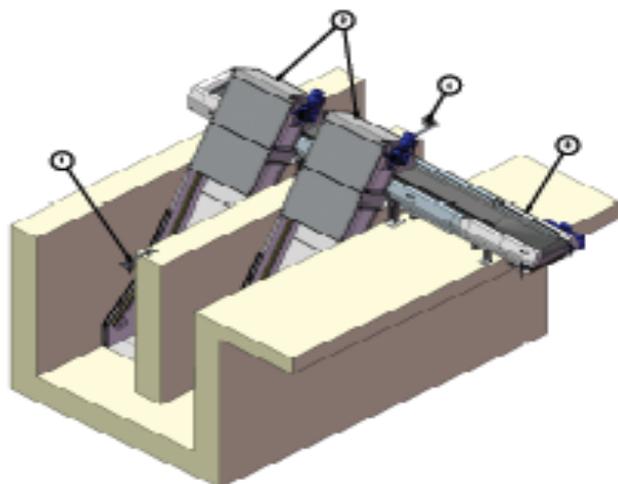


Figure II. 6 : dégrilleur

II.7.2 Traitement primaires (BASSINS PRIMAIRES)

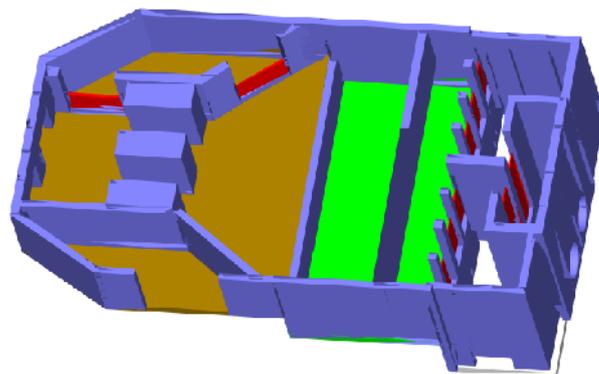


Figure II. 7 : répartiteur principal de traitement primaire

Le débit sortant du répartiteur principal de traitement primaire (1396 l/s) se repartis en deux, une partie vers le répartiteur secondaire de traitement primaire coté montagne et l'autre vers répartiteur secondaire de traitement primaire coté oued, Ces répartiteurs secondaires sont aussi équipés d'une cloison siphonide à l'amont d'un seuil frontal décomposé en quatre seuils de 1m de largeur suivi de quatre chambres d'où partent les quatre canalisations d'entrée dans les lagunes de chaque file.

Les ouvrages d'entrée permettent l'alimentation des lagunes en eau, chaqu'une a une superficie de 5433.538 m², 3.5 m d'hauteur d'eau ,1 m de revanche et un débit entrant de 174.50 l/s

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond des bassins primaires pour former les boues primaires. Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50% des matières en suspension

Les ouvrages de sortie sont équipés d'une cloison siphonide afin d'éviter de retrouver des objets flottants dans les canalisations. Un seuil d'une largeur de 3m maintient la hauteur d'eau voulue dans les lagunes et permet le déversement des eaux ayant subi le traitement primaire dans une conduite qui rejoint la conduite de liaison avec les lagunes secondaires propre à chaque file de lagunes primaires.

II.7.3 Traitement secondaires (BASSINS SECONDAIRES):

Le traitement secondaire, localisé au sein des lagunes secondaires a pour objet de poursuivre l'épuration des eaux usées

Il se compose de 08 bassins chacun de a une superficie de 3.44 ha ,1.6 m d'hauteur d'eau, 1 m de revanche et un débit de 174.50l/s

Les ouvrages de sortie sont équipés aussi d'une cloison siphonide afin d'éviter de retrouver des objets flottants dans les canalisations. Un seuil d'une largeur de 3m maintient la hauteur d'eau voulue dans les lagunes et permet le déversement des eaux ayant subi le traitement secondaire dans une conduite qui rejoint l'ouvrage de rejet des eaux traitées.

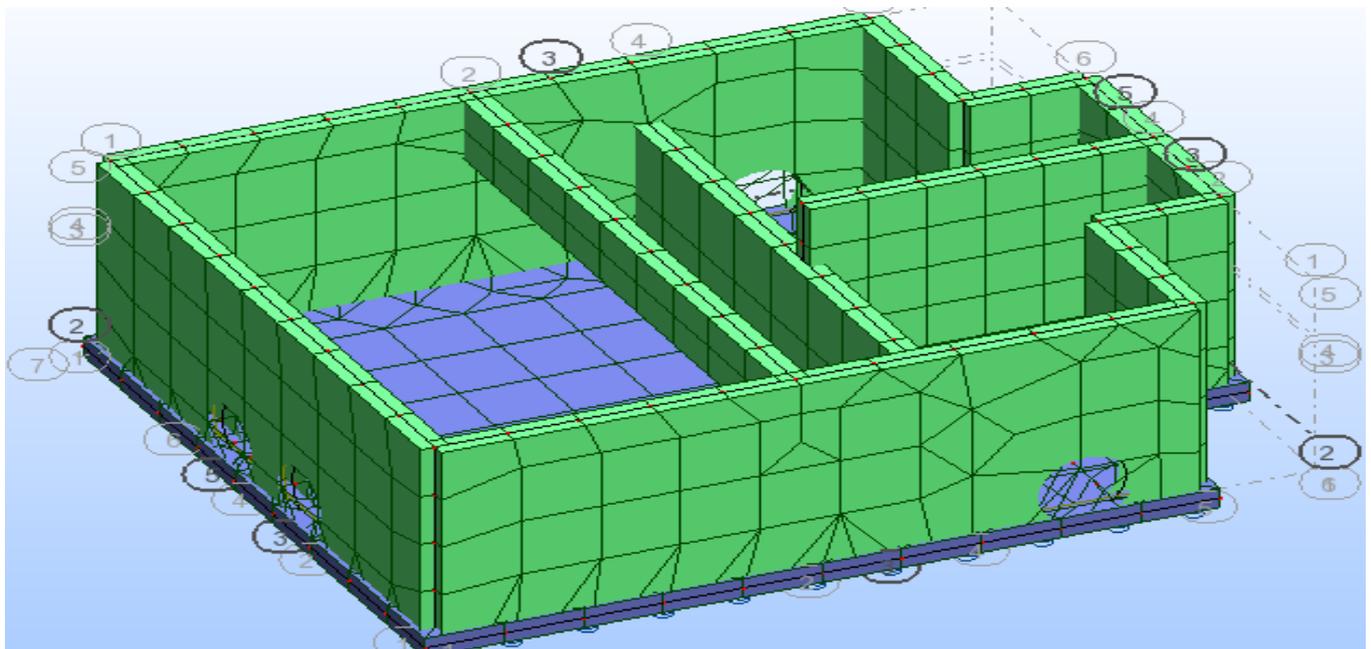


Figure II. 8 : Répartiteur secondaire de traitement secondaire

Ces eaux traitées sont destinées pour l'irrigation. Ou autre réutilisations en conditions
Voire le Principe de fonctionnement des bassins primaires et secondaires

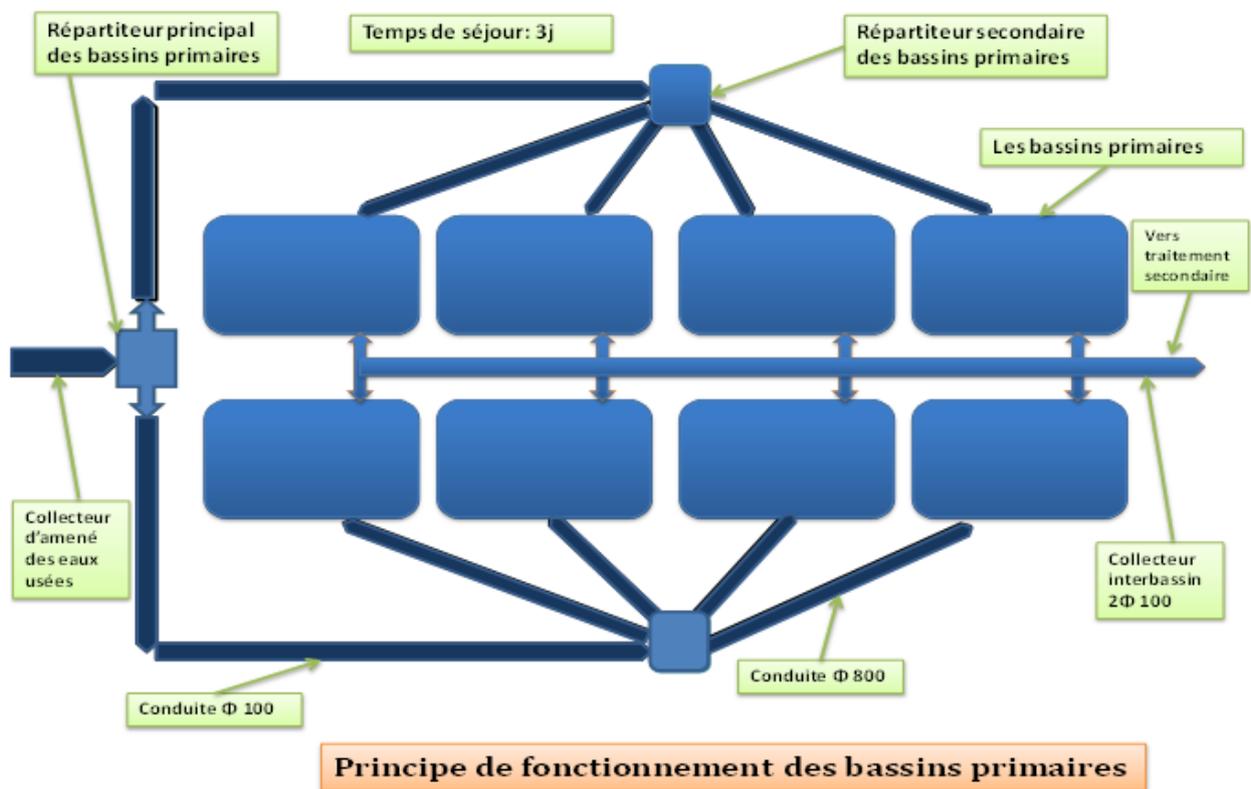


Figure II. 9 Principe de fonctionnement des bassins primaires

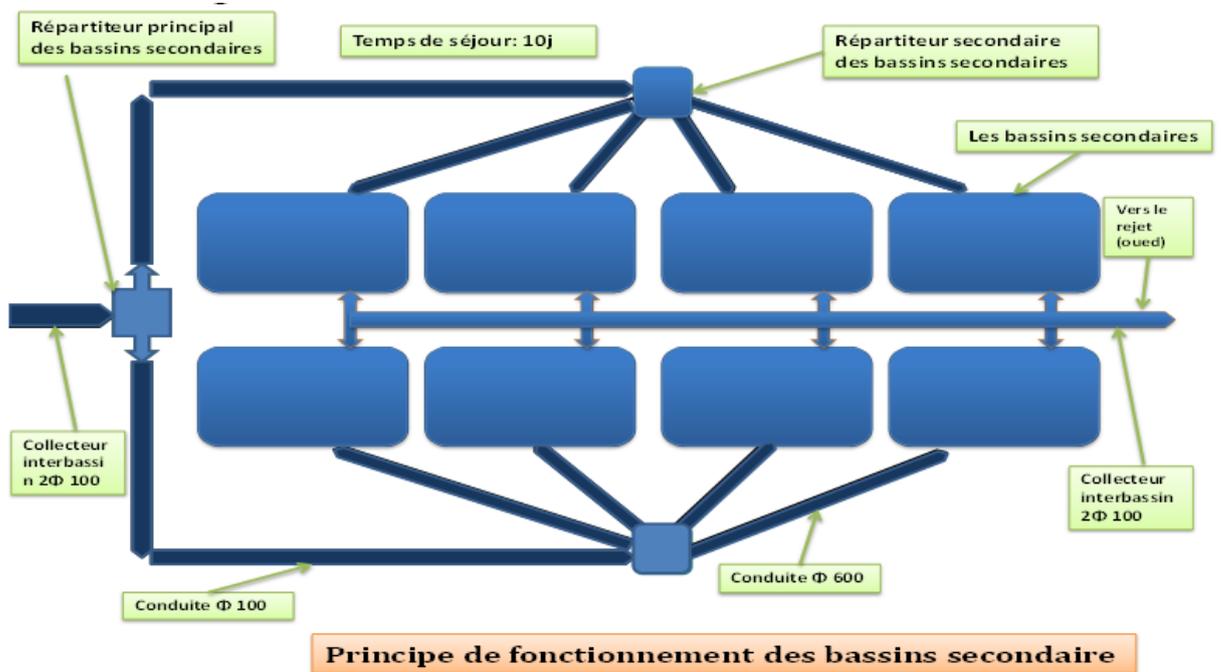


Figure II. 10 Principe de fonctionnement des bassins secondaires

II.7.4 Lit de séchages et plate forme de stockage :

Les boues sont extraites régulièrement, séchées et stockées dans lits de séchages, plu tard évacuées vers plate forme de stockage.

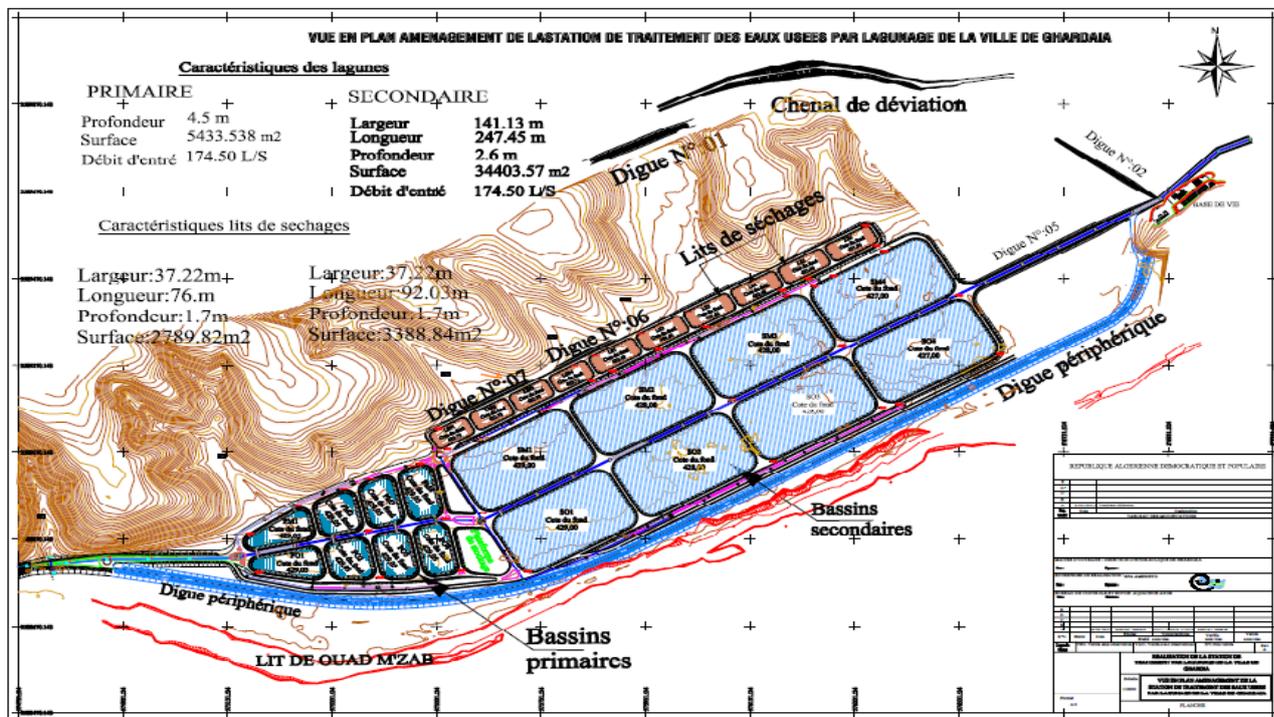


Figure II. 11 : le plan de masse

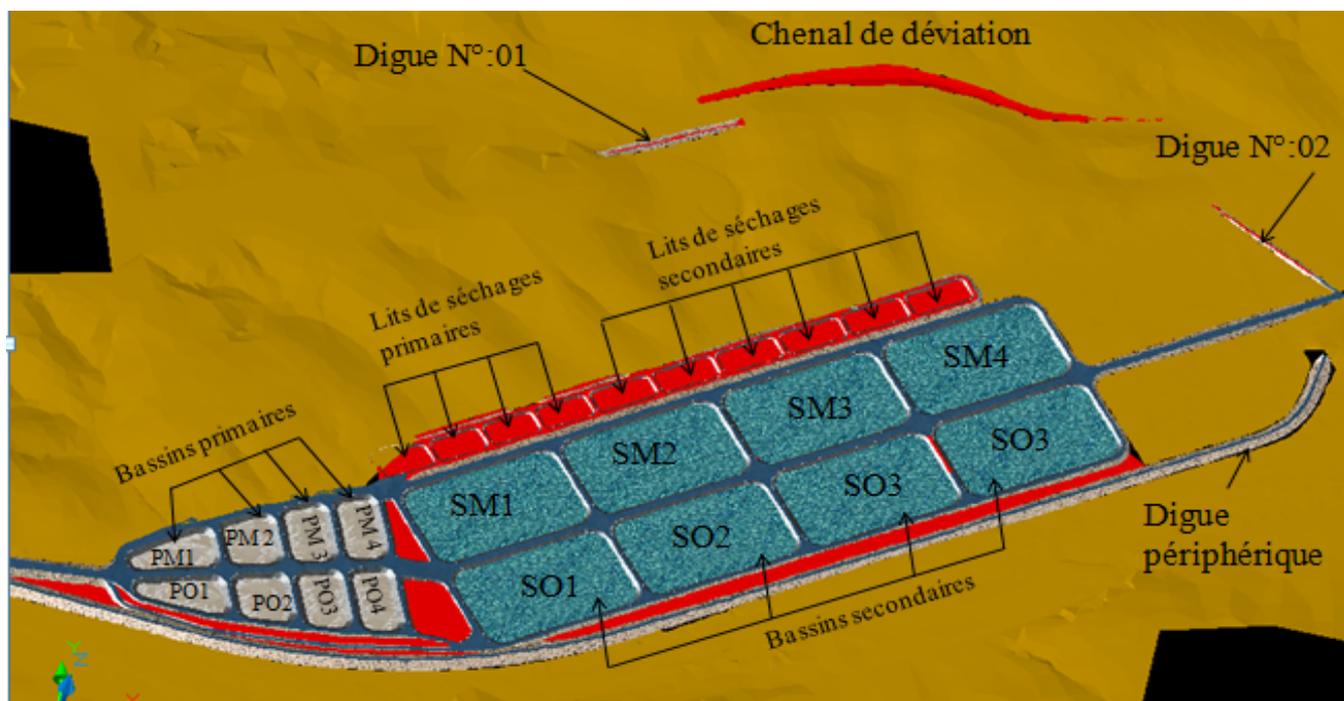


Figure II. 12 : plan de masse

II.8 Comparaison entre les paramètres de sortie et celles d'entrée

II.8.1 Paramètres en amont

Les mesures et les analyses ont porté sur les paramètres de pollution et les micropolluants organiques ou minéraux à l'entrée de la lagune sont les suivantes ;

Tableau II- 7 : Paramètres d'eau brute

Paramètres physico-chimique	
PH	7.5
Température	30 °C
Conductivité	30 µs/m
DBO₅	260 mg/l
DCO	210 mg/l
MES	140 mg/l
PO₄⁻²	5.6 mg/l
NO₃⁻	20 mg/l
NH₄⁺	10 mg/l
NO₂⁻	9.4 mg/l
Phénols	0.71 mg/l

Tableau II- 8 : Minéralisation d'eau brute

Minérale	Concentration mg/l
Sulfate (SO ₄)	120 mg /l
Calcium (Ca)	90 mg/l
Sodium (Na)	72.6 mg/l
Bicarbonate (HCO ₃)	370 mg/l
Magnésium (Mg)	50 mg/l

II.8.2 Paramètres en aval:

Les mesures suivantes sont obtenues à partir de la lagune lors de période d'essai:

Tableau II- 9 : Paramètres d'eau épurée.

Paramètres physico-chimique	
PH	7
Température	26°C
Conductivité	5µs/m
SAR	5.7
DBO₅	25mg/l
DCO	50mg/l
MES	25mg/l
PO₄⁻²	1.12mg/l
NO₃⁻	6mg/l
NH₄⁺	3mg/l
NO₂⁻	2.82mg/l
Phénols	0.21mg/l

Tableau II- 10 : Rendement de paramètres de sortie

Paramètres de sortie	Rendement
DBO ₅	90%
DCO	75%
MES	80%

II.9 Interprétation des résultats

D'après ces résultats théorique obtenue on remarque que les paramètres de pollution on aval répondre aux performances de la qualité des eaux d'irrigation ;

- Réduction de 90% de la DBO
- Réduction de 75% de la DCO
- Réduction de 80% des MES

II.10 Classification de l'eau d'irrigation

II.10.1 Classification d'Ayers

Tableau II- 11 : Valeurs indicatives pour l'appréciation d'une eau d'irrigation .

Problème d'irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		Aucune	Modérée	Sévère
Salinité				
Ec	ds/m	<0.7	0.7-3.0	>3
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration				
SAR 0 à 3	et l'Ec	>0.7	0.7-0.2	<0.2
3 à 6		>1.2	1.2-0.3	<0.3
6 à 12		>1.9	1.9-0.5	<0.5
12 à 20		>2.9	2.9-1.3	<1.3
20 à 40		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité spécifique				
Par absorption racinaire				
-irrigation de surface	SAR			
Sodium(évaluer par SAR)	mg/l	<3.0	3.0-9.0	>9.0
Chlorure(cl)	még/l	<142	142-355	>355
	még/l	<4.0	4.0-10.0	>10.0
Bore(B)		<0.7	0.7-3.0	>3
Autre effets	mg/l			
Azote	mg/l	<5	5.0-30	>30
Bicarbonates		<90	90-520	>520
PH		Gamme normale 6.5-8.4		

-La plupart des cultures d'arbre et plantes ornementales ligneuse sont sensible au sodium et au chlore.

-La plupart des cultures annuelles ne sont pas sensibles.

Pour une gamme de sodium de 72.6mg /l<142, aucune restriction à l'usage a remarquée

II.10.2 Classification mondiale (F.A.O)

Pour CE égal ou compris entre :

- 1g/l Bonne pour l'irrigation,
- 1g/l – 3g/ Faiblement salée,
- 3g/l – 5g/l Moyennement salée,
- 5g/l – 10g/l Fortement salée,
- > 10g/l Extrêmement salée.

Tableau II- 12 : Tolérance des plantes aux sels (FAO 2005)

CE (ds/m)	Sels (g/l)	Effet
< 2,0	-	Négligeable
2,2 – 4,0	< 1,5	Quelque dégât sur les cultures sensibles
4,0 – 8,0	1,5 – 3,5	Dégât sérieux sur la plupart des cultures
8,0 – 15,0	3,5 – 6,5	Seules les cultures tolérantes qui résistent
> 15,0	> 6,5	Peu de cultures survivent

II.10.3 Classification Russe

Elle distingue trois classes qui sont basées sur la concentration des sels :

-0,2 g/l – 0,5 g/l l'eau est de meilleure qualité,

-1,0 g/l – 2,0 g/l l'eau comportant des risques de salinité,

-3,0 g/l – 7,0 g/l l'eau ne peuvent être utilisée pour l'irrigation qu'avec un lessivage et un drainage.

II.10.4 Classification U.S.S.L

La classification est basée sur deux paramètres C.E à 25°C et S.A.R (voir la figure III.12)

II.10.4.1 Pour la conductivité électrique C.E

- * C1 : C.E < 0,250 mmhos/cm (< 0,2 g/l) l'eau à faible salinité, elle ne posera aucun problème sur la plus part des sols et des cultures,
- * C2 : 0,250 < C.E < 0,750 mmhos/cm (0,2 – 0,5 g/l) l'eau a salinité moyenne,
- * C3 : 0,750 < C.E < 2,250 mmhos/cm (0,5 – 1,5 g/l) l'eau à forte salinité et dit inutilisable sur un sol faiblement drainé, elle n'est pas autorisée que sur un sol bien drainé et sur des cultures tolérantes,
- * C4 : 2,250 < C.E < 5,000 mmhos/cm (1,5 – 3,0 g/l) l'eau a très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales ;elle n'est pas autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes,
- * C5 : C.E > 5,000 mmhos/cm (> 3 g/l) l'eau est inutilisable sauf sur sable drainé et pour les palmiers et dattiers.

II.10.4.2 Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

S.A.R est calculé par la formule suivante (III.1) :

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

Avec :

Na⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ en meq/l.

On distingue quatre classes :

- S1 : S.A.R < 10 : L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation,
- S2 : 10 < S.A.R < 18 : Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau,
- S3 : 18 < S.A.R < 26 : Les eaux contenant une quantité élevée de sel, 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 ne y'a pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet,

- S4 : S.A.R > 26 : Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

A partir du tableau II.07 On aura : SAR = 5.7 (classe S1), pas de problème de point de vue infiltration dans le sol. L'eau 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 (USSL).

A l'aide de diagramme de classification des eaux d'irrigation (voir l'annexe 02) on trouve que l'eau épurée est de classe **C2-S1** (SAR = 5.7 et $C_e = 5 \mu\text{s/m}$).

II.11 Classification des cultures

Ce classification se fait en fonction du :

II.11.1 Degré de protection sanitaire requis :

Ces cultures peuvent être groupées en trois grandes catégories, en fonction du degré de protection sanitaire requis (selon la FAO).

Catégorie A:

Protection nécessaire pour des ouvriers:

- Cultures industrielles non destinées à la consommation humaine (coton)
- Cultures normalement traitées par chaleur ou le séchage avant consommation humaine (graines, oléagineuses, betterave à sucre).
- Légumes et fruits cultivés exclusivement pour mettre en conserves ou autre procédé qui détruit efficacement les pathogènes.
- Fourrages séchés au soleil et moissonnés avant consommation par les animaux.
- Parc irrigué en zone clôturée sans accès au public (pépinières, forêts, et ceinture de verdure).

Catégorie B:

Des mesures complémentaires peuvent être nécessaires:

- Terre de pâture fourrage vert
- Plantes pour la consommation humaine qui n'entrent pas en contact direct avec l'eau usée, à condition que rien ne soit ramassé sur le sol et que l'irrigation par aspersion ne soit pas employée (culture arbustives, vignes, etc.)

- Plantes pour la consommation humaine, consommées seulement après cuisson (pommes de terre, aubergine, betteraves)
- Plantes pour la consommation humaine, dont la peau ne pas mangée (melons, pastèque, citron, bananes, noix, arachides).
- Cultures irriguées par aspersion.

Catégorie C

Le traitement des eaux usées jusqu'à la qualité "sans restriction" des directives de l'OMS est essentiel.

- Les plantes souvent consommées crus et développées en contact étroit avec les eaux usées (légumes frais tels que la laitue ou les carottes, ou les fruits irriguées par aspersion).
- Irrigation des parcs avec accès public (parcs, pelouses, cours de golf).

II.11.2 La potentiel de transmission en microorganismes pathogènes:

Les cultures irriguées avec l'eau usée traitée (indépendamment) de la méthode d'irrigation et de la qualité de l'eau usée utilisée), ayant un potentiel de transmission en microorganismes pathogénies décroissant; sont classées de la façon suivante:

Les légumes consommés crus.

Les légumes consommés cuits.

Les plantes ornementales.

Les arbres produisant des fruits consommés sans épluchage.

Les arbres produisant des fruits consommés après épluchage

Les raisins de table.

Les pelouses en zone d'agrément d'accès public limité.

Les fourrages verts.

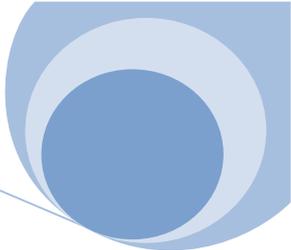
Les arbres produisant des noix ou autres semblables.

Les cultures industrielles

II.12 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'englober tous les caractéristiques spécifiques de la lagune, à savoir: les paramètres de rejet, le mode d'épuration et le rendement.

D'après les résultats théoriques qui ont été obtenues en aval de la lagune et on comparant avec les exigences normalisées, on peut dire que le traitement effectué est facultative et donner un rendement expérimental plus efficace obéissant à la norme des rejets, ce qui permette de minimiser les risques sanitaires et les nuisances sur le milieu récepteur notamment celles qui menacent les eaux destinées à l'irrigation.



CHAPITRE III

Evaluation des besoins en eau des cultures



III.1 Introduction

Le présent chapitre a pour but principal de déterminer les besoins en eau des cultures. Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se jette en profondeur, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite :

- la connaissance de divers paramètres concernant aussi ; bien la plante elle-même que les données climatiques et pédologiques de la région.
- Les données climatiques donneront les indications concernant les besoins en eau des cultures.
- les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ; et les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

III.2 Etude hydrologique

Au niveau de cette étude nous allons faire une analyse fréquentielle des précipitations afin de définir la probabilité d'occurrence d'une valeur théorique à partir des relevés pluviométriques sur un nombre assez long en admettant que chaque événement pluvieux prend une valeur indépendante et aléatoire lors de sa réalisation.

Cette analyse permettra de déterminer la hauteur de pluie qu'on est sûr de dépasser avec une probabilité donnée. Pour les projets d'irrigation, on adopte généralement les probabilités de dépassement de 4 années sur 5 soit une fréquence de 80%. Pour cela nous aurons dans un premier temps à faire le choix de la probabilité qui sera susceptible de s'ajuster d'une manière adéquate à notre échantillon, ce qui aura pour but d'ajuster d'une loi théorique de répartition des fréquences connues à la droite ou à la courbe expérimentale des fréquences de l'échantillon. Dans un second temps nous aurons estimé analytiquement ou graphiquement la valeur que prendra un événement quelconque pour une probabilité donnée et ce à partir de la loi ajustée. Mais avant tout il y'a lieu de vérifier la fiabilité des données pluviométrique qui sont à notre niveau. Pour cela nous allons nous assurer de l'homogénéité des valeurs de cette série (4).

III.2.1 Homogénéité de la série pluviométrique

En générale, l'homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas montées souvent avec soin. En effet, outre que 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 .

La série à laquelle nous faisons allusion cette partie est la série enregistrée au niveau de la station pluviométrique de Ghardaia

Donc comme nous l'avons précédemment dit, nous allons dans cette partie tester l'homogénéité de cette série afin de détecter et de corriger les anomalies où les valeurs erronées qui peuvent exister. Pour cela nous allons utiliser **le 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 Wilcoxon, repose sur le procédé ci-dessous **(4)** :

*On divise la série complète des pluies moyennes annuelles de référence en deux sous séries x et y de telle sorte que N1 et N2 représente respectivement les tailles de ces deux sous séries, (généralement on prend $N_2 > N_1$).

*On constitue par la suite, la série "x" unions "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.

*Une fois que ces opérations sont effectuées nous allons passer au test de Wilcoxon selon lequel une série est homogène avec une probabilité de 95% si : $W_{min} < W_x < W_{max}$

Avec:

W_x : Somme des rangs de la sous série X

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

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1) N_2 - W_{min}$$

- $U_{1-\alpha/2}$: représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \alpha/2$ ($U_{95\%} = 1.96$)

-la série des pluies moyennes annuelles de 31 ans de 1982 jusqu'à 2012 est dans l'annexe n°01

-Le tableau suivant détaille les procédés de test d'homogénéité de WILCOXON pour la station de GHARDAIA

On prend :

N1 (série)=14

N2 (série)=17

Tableau III. 1 : Test de WILCOXON pour la station de GHARDAIA

Rang	série	série x	séries-y	TRI (mm)	x unions y
1	80	80	72	203	Y
2	12	12	112	193	Y
3	77	77	19	165	Y
4	48	48	115	152	X
5	107	107	42	127	X
6	58	58	45	115	Y
7	65	65	93	112	Y
8	33	33	100	107	X
9	127	127	165	100	Y
10	67	67	60	93	Y
11	74	74	72	89	Y
12	28	28	89	80	X
13	152	152	193	77	X
14	62	62	203	74	X
15	72		37	72	Y
16	112		55	72	Y
17	19		30	67	X
18	115			65	X
19	42			62	X
20	45			60	Y
21	93			58	X
22	100			55	Y
23	165			48	X
24	60			45	Y
25	72			42	Y
26	89			37	Y
27	193			33	X
28	203			30	Y
29	37			28	X
30	55			19	Y
31	30			12	X

Après les calculs on trouve : $W_x=241$ $W_{min}=174.1$ $W_{max}=273.88$

Alors : $174.1 < 241 < 273.88$ $\implies W_{min} < W_x < W_{max}$

Après avoir vérifié la condition de Wilcoxon, la série des précipitations moyennes annuelles est jugée homogène.

Après avoir vérifié l'homogénéité de la série, il faudra choisir une loi de probabilité susceptible de s'ajuster d'une manière à notre échantillon. C'est à partir de loi, que l'on pourra estimer analytiquement ou graphiquement la valeur de la pluie moyenne annuelle d'une fréquence 80% avec une période de retour 5 ans, valeur à partir de laquelle nous pourrions estimer la pluie moyenne mensuelle de fréquence 80% sur la même période de retour

III.2.2 Ajustement :

La précipitation est généralement ajustable à des lois statistiques très nombreuses. Les plus utilisées sont celles qui font intervenir peu de paramètres et sont donc facilement utilisables.

Quelle que soit la loi théorique d'ajustement à un échantillon, le procédé calcul reste le même et consiste à(14) :

- * Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant selon que l'on travaille à la fréquence au dépassement ou non dépassement ;
- * Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- * Calculer la fréquence expérimentale par une fréquence appropriée ;
- * Calculer les caractéristiques empiriques de l'échantillon à savoir : moyenne, écart type ou coefficient de variation, coefficient d'asymétrie s'il existe ;
- * Reporter les points sur papier à probabilité propre à chaque loi ;
- * Tracer la droite ou la courbe théorique correspondante ;
- * Tester l'adéquation de la loi d'ajustement ;
- * Lire ou calculer la valeur extrême (quantile), c'est-à-dire la valeur correspondante à une probabilité donnée.
- * Calculer l'intervalle de confiance, en général pris égal à 95% sur la caractéristique empirique de l'échantillon et les quantiles.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel Hydrolab

III.2.2.1 Ajustement à la loi de Gauss :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies annuelles selon la loi de GAUSS sont représentés dans la figure (III. 1):

III.2.2.2 Ajustement à la loi de Galton :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies annuelles selon la loi de GALTON sont représentés dans la figure (III. 2)

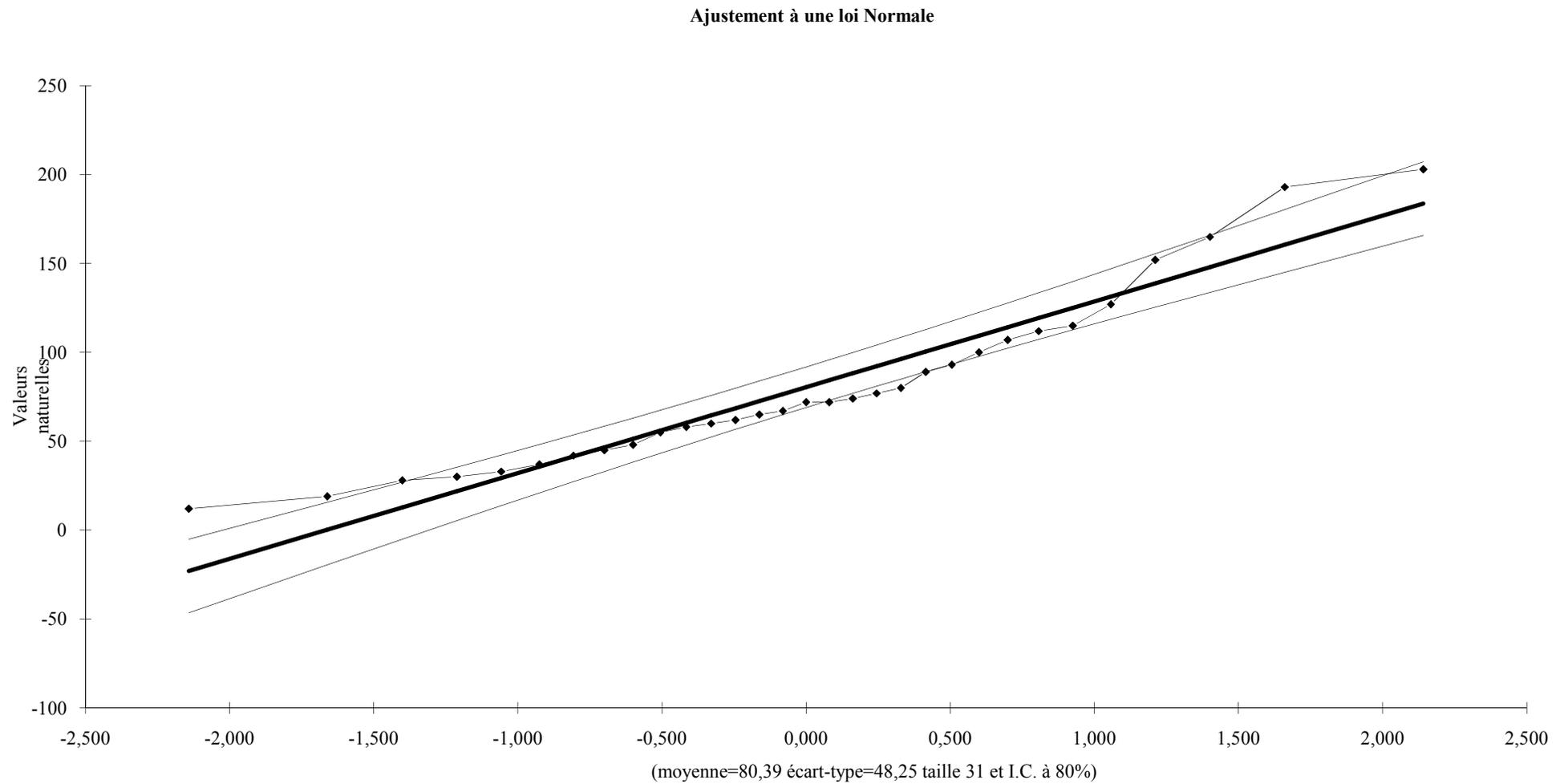


Figure III. 1: Graphique d'ajustement annuel des pluies moyennes (1982-2012) à la loi normale

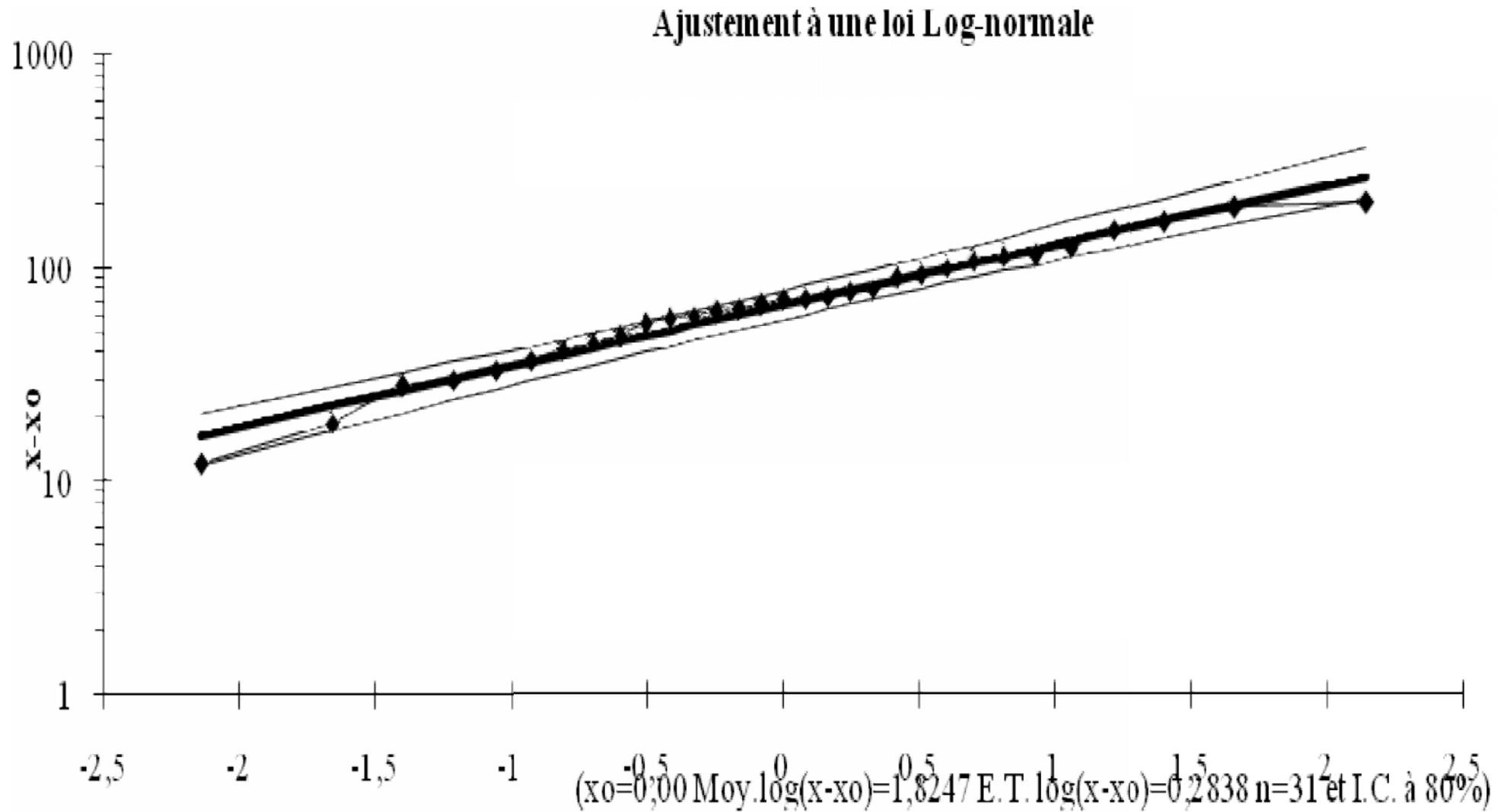


Figure III. 2: Graphique d'ajustement annuel des pluies moyennes (1982-2012) à la loi log-normale

Nous remarquons sur le graphique V.02 ci-dessus que toutes les valeurs observées sont toutes très proche de la droite d'ajustement (droite d'Henri). Ce que signifie que nous avons une bonne corrélation et que la loi d'ajustement considérée est la loi de Galton (log-normale)

Tableau III. 2: Ajustement à la loi log-Normale (loi de Galton)

Taille n		Moy.log(x-	E.T. log(x-	I.C. à (en%)		U Gauss		
31		1,82	0,28	95		1,282		
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
80	12	1	0,016	-2,142	12	16,48	11,99	21,00
12	19	2	0,048	-1,661	19	22,56	17,26	27,80
77	28	3	0,081	-1,401	28	26,74	20,98	32,42
48	30	4	0,113	-1,211	30	30,27	24,17	36,31
107	33	5	0,145	-1,057	33	33,47	27,08	39,84
58	37	6	0,177	-0,925	37	36,49	29,85	43,18
65	42	7	0,210	-0,807	42	39,41	32,52	46,42
33	45	8	0,242	-0,700	45	42,28	35,15	49,62
127	48	9	0,274	-0,600	48	45,14	37,76	52,82
67	55	10	0,306	-0,506	55	48,00	40,38	56,06
74	58	11	0,339	-0,416	58	50,91	43,02	59,37
28	60	12	0,371	-0,329	60	53,88	45,71	62,77
152	62	13	0,403	-0,245	62	56,93	48,45	66,30
62	65	14	0,435	-0,162	65	60,08	51,28	69,99
72	67	15	0,468	-0,081	67	63,36	54,20	73,86
112	72	16	0,500	0,000	72	66,79	57,23	77,95
19	72	17	0,532	0,081	72	70,41	60,40	82,32
115	74	18	0,565	0,162	74	74,26	63,74	87,00
42	77	19	0,597	0,245	77	78,37	67,29	92,07
45	80	20	0,629	0,329	80	82,80	71,07	97,61
93	89	21	0,661	0,416	89	87,63	75,15	103,71
100	93	22	0,694	0,506	93	92,94	79,58	110,50
165	100	23	0,726	0,600	100	98,84	84,47	118,16
60	107	24	0,758	0,700	107	105,52	89,92	126,94
72	112	25	0,790	0,807	112	113,20	96,12	137,20
89	115	26	0,823	0,925	115	122,25	103,33	149,49
193	127	27	0,855	1,057	127	133,29	111,99	164,72
203	152	28	0,887	1,211	152	147,40	122,88	184,58
37	165	29	0,919	1,401	165	166,84	137,61	212,60
55	193	30	0,952	1,661	193	197,74	160,48	258,49
30	203	31	0,984	2,142	203	270,69	212,44	372,21

Suit de tableau III.02

Fréquence	U de Gauss	Valeur	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,8	0,841	115,75	98,16	140,64	115,75	0,80	5,00
0,5	0,000	66,79	57,23	77,95	66,79	0,50	2,00
0,2	-0,841	38,54	31,72	45,45	38,54	0,20	1,25

III.2.2.3 Test de validité de l'ajustement (Test de Khi carrée):

- On calcule χ^2 calculé.
- On calcule le nombre de degré de liberté y :
- On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

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

Tableau III. 3: table du Pearson III

$\gamma \backslash a$	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 1.29 \quad \gamma = 3$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a:0

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 7.815$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 1.29 < \chi^2_{\text{théorique}} = 7.815 \quad \text{Alor l'ajustement est acceptée (14)}$$

III.2.3 Détermination de l'année de calcul :

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%) Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

P théorique 80% annuelle

P moy 80% de chaque mois = **P** moy de chaque mois _____

P théorique 50% annuelle

P théorique 80% annuelle = 38,54mm

P théorique 50% annuelle = 66,79mm.

Nous avons les résultats de calcul donnés par le tableau suivant:

Tableau III. 4 : Les valeurs mensuelles de $P_{80\%}$

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
p moy	8,34	5	7,81	3,98	3,98	2,45	0,66	2,37	8,17	7,73	10,57	5,17
$P_{80\%}$	4.84	2.90	4.53	2.31	2.31	1.42	0.38	1.37	4.74	4.48	6.13	3.00

III.3 Pédologie du sol

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

L'étude pédologique permet aussi de connaître les problèmes liés au sol de la région pour donner des solutions.

III.3.1 Les sols de Sahara

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

Le climat très aride influe sur la pédogenèse par la très forte évaporation, ce qui a engendré dans certaines zones de fortes accumulations salines surtout après la mise en irrigation (jusqu'à 50mmhos/cm).

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

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

III.3.2 Les sols d'oasis

Les Sols d'oasis constituent un groupe particulier .qu'il est difficile de le rattacher globalement a' la classification utilisée en Algérie. La classe des sols halomorphes illustre parfaitement cette particularité , en effet la teneur en sels relativement important dans les sols des oasis et ce , comparativement a' ceux du nord du pays , elle est inappropriée et a' cet égard ,est le plus souvent modifiée .ce phénomène de salinisation , qui affecte la majorité des sols du Sahara est associé dans la majorité des cas a' une texture grossière (sableuse) ce qui accélère la migration (lessivage) des sels dans les sols .ce processus d'évolution rend ce facteur pédogénétique de classification de salinités selon le degré d'holomorphie.

III.3.3 Relation Sol -Nappe - Salinité

Une interprétation des résultats d'analyses des sols de certaines régions notamment en palmeraies a permis de constater qu'il existe, d'une manière générale une relation directe et très étroite entre la salinité des eaux et des sols.

III.3.4 Relation plante – sol – eau :

Le palmier a un enracinement différent selon qu'il est irrigué ou pas. En absence d'irrigation, mais en présence d'une nappe d'eau à plus de 3 mètres, les racines se développent jusqu'à la zone de capillarité de la nappe, les cordons racinaires descendent alors à une profondeur pouvant atteindre plus de 5 mètres, les palmiers se développent normalement mais ont une production très faible, dans ce cas le palmier développe son système racinaire en longueur pour satisfaire ses besoins en eau, C'est ce qui lui donne sa grande résistance à la sécheresse En culture irriguée, c'est alors la zone ou une humidité suffisante est maintenue en permanence, la plus grande partie des racines se trouve du coté de la pente d'écoulement de l'eau.

La description idéale du sol pour la culture du dattier c'est qu'il doit être profond, meuble et léger (il faut un minimum de 1mètre de sol aéré et humide).

Du fait que les racines ne se reforment qu'à partir du bulbe, la production du dattier est fortement influencée par tout ce qui modifie le système racinaire. (INRA ,2012)

III.4 Choix des cultures:

Pour faire ce choix nous nous sommes basés sur l'aptitude culturale des sols, sur les contraintes climatiques existantes au niveau du périmètre, mais surtout sur les risques sanitaires liés au potentiel de transmission des microorganismes pathogènes en fonction du type de culture mise en place, car faut-il le rappeler, l'irrigation du périmètre se fera à partir d'une ressource en eau non conventionnelle, à savoir par la réutilisation des eaux usées épurées de la ville Ghardaia.

L'irrigation avec les eaux usées qui répond aux directives de qualité de l'O.M.S pour un usage sans restriction (<1000 coliformes fécaux par 100ml et <1 œuf de nématode pour litre) peut être employé pour l'irrigation tous les cultures, sans autres mesures sanitaires de protection supplémentaires. Par contre si les directives de qualité de l'OMS ne sont pas entièrement satisfaites, il sera nécessaire d'opérer à une sélection des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis et du risque et lié au potentiel de transmission des microorganismes pathogènes pour chaque culture mise en place.

Ce passage permettra l'augmentation des superficies occupées par les cultures rémunératrices, telles que

III.4.1 Les palmiers

C'est la culture la plus fréquente dans la région de Ghardaia, elle supporte les contraintes climatiques et les contraintes liées au sol tel que la forte salinité et la sécheresse



Figure III. 3: photo de la parcelle des palmiers

III.4.2 Les abricotiers

parfois appelé Abricotier commun (*Prunus armeniaca*), est un arbre fruitier appartenant au genre *Prunus* de la famille des Rosaceae, son fruit c'est l'abricot.

Il supporte les contraintes climatiques et les contraintes liées au sol tel que la sécheresse



Figure III. 4: photo de la parcelle des abricotiers

III.5 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{jour}$, en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{mois}$ ou en $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an (5).

III.5.1 Type d'évapotranspiration

On distingue :

III.5.1.1 L'évapotranspiration de référence:

C'est « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive. » (5)

III.5.1.2 L'évapotranspiration potentielle:

Est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau «pouvoir » évaporant de l'air. (JEAN ROBERT TIERCELIN, 1998)

III.5.1.3 L'évapotranspiration réelle:

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR: celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non. (5)

III.5.2 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités parmi les quelles:

- L'évapotranspiromètre
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Méthode de bilan thermique
- Formules empiriques
 - Formule de BLANEY-CRIDDLE
 - Formule de TURC

-Formule de PENMAN

III.5.2.1 Méthode de BLANEY-CRIDDLE

Cette formule a donné des résultats satisfaisants pour des étages bioclimatiques arides, semi-arides et sahariens, elle s'exprime par la formule suivante (IV.1):

$$ETP = P \times K \times (0.457 \times T + 8.13)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm / jour

P : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle et ne dépend que de la latitude

K : Coefficient qui est fonction de la culture et de la zone climatique

T : Température moyenne mensuelle en (°c)

III.5.2.2 Méthode de TURC (France 1960)

Elle s'exprime par la formule suivante (IV.2):

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \quad \text{en (mm/mois).}$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considérée en °c

I_g : Radiation globale du mois considéré en (cal / cm² / j), selon TURC, le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février .

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50 %, l'ETP est donnée par (IV.3):

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \times \left(1 + \frac{50 - H_r}{70}\right)$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré en °c.

H_r : L'humidité de l'air en %

I_g : Radiation globale en (cal / cm² / jour)

$$I_g = I_{gA} \times \left(0.18 + 0.62 \times \frac{h}{H}\right)$$

I_{gA} : Radiation maximale théorique

H : Durée astronomique de jour en (heure / mois)

h : la durée d'insolation en (heure / mois)

Dans notre région on a constaté une période sèche s'étalant du mois de février au mois de septembre avec une humidité relative inférieure à 55% donc cette formule n'est pas adéquate (adaptée) pour une zone climatique sèche.

III.5.2.3 Méthode de Penman & Monteith

Cette méthode est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

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

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, est valable pour les régions humides et aussi dans les régions très chaudes et semi-arides ; la formule de Penman & Monteith modifiée se présente comme suit (IV.5):

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

Où :

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

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

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/Jour

F(u) : Fonction liée au vent.

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

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

La différence (ea-ed) :

Constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide du logiciel **CROPWAT 8.0** fondé sur la méthode de Penman & Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO**.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée, emploie les informations homogènes et faibles suivantes :

- **Température** : les températures moyennes sont données en Degré Celsius (°c).
- **Humidité de l'air** : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- **Insolation journalière** : donnée en heures d'insolation de (1 à 20 h).

- **Vitesse de vent** : la vitesse du vent peut être introduite en m/sec.

III.5.3 Calcul de l'évapotranspiration :

III.5.3.1 Détermination de l'évapotranspiration de référence :

Dans le tableau III.05 nous représentons l'évapotranspiration ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 selon la formule modifiée de Penman (ou Penman & Monteith).

Tableau III. 5 : Evapotranspiration de référence de la zone du projet selon Pen-Mont

Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ET ₀
	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	10.6	55	3.7	8.2	12.9	2.48
February	13.0	45	4.0	8.3	15.4	3.62
March	15.9	39	4.4	9.3	19.7	5.03
April	19.7	36	4.8	9.8	23.0	6.64
May	24.0	29	4.5	10.6	25.5	8.27
June	30.0	26	4.4	11.2	26.8	10.03
July	32.3	2	3.7	11.4	26.8	10.68
August	33.1	26	3.4	10.7	24.8	9.21
September	27.8	37	3.5	8.9	20.1	6.93
October	21.0	45	3.2	8.7	16.8	4.58
November	14.8	49	3.1	8.4	13.7	3.04
December	11.7	56	3.5	8.0	12.0	2.39
Average	21.2	37	3.9	9.5	19.8	6.07

III.5.3.2 Détermination de l'évapotranspiration maximale

L'évapotranspiration des cultures maximale est calculée par la formule :

$$ETM = ET_0 \times K_C$$

Avec :

K_c : Coefficient cultural qui dépend de la période de croissance de la culture.

Tableau III. 6: L'évapotranspiration maximale des cultures

Période végétative	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ET₀ (mm /jour)	2.48	3.62	5.03	6.64	8.27	10.03	10.68	9.21	6.93	4.58	3.04	2.39
K_C abricotiers	0,78	0,72	0,50	0,50	0,58	0,73	0,87	0,95	0,95	0,95	0,91	0,85
K_C dattier	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.85	0.9	0.9	0.9	0.9
ETM_{abricotiers} (mm /jour)	1,93	2,61	2,52	3,32	4,80	7,32	9,29	8,75	6,58	4,35	2,77	2,03
ETM_{dattier} (mm /jour)	2,21	3,18	4,42	5,84	7,27	8,82	9,29	7,82	6,23	4,12	2,73	2,15

III.5.3.3 L'effet oasis

d'après l' étude faite par TOUTAIN il ya réduction de consommation des cultures sous palmeraies, les cultures conduites sous palmiers demandent moins d'eau que les cultures en plein champ , et ceci d'autant plus que le couvert de la palmeraie est dense , en raison de l'amélioration des paramètre climatique sous ce couvert , qui conduit à une réduction de l'ETR. Donc en intègre le coefficient d'abattement de L'ETP

TOUTAIN propose les chiffres suivant :

En palmeraie dense 6 m×6m : la réduction de l'évapotranspiration est de 40%.

Nous avons des palmeraies de 9m×10m alors on prend la réduction de l'évapotranspiration de 80%.

Dans le tableau III.07 nous représentons l'évapotranspiration maximale ETM calculée avec ce coefficient de réduction

Tableau III. 7: L'évapotranspiration maximale des abricotiers

Période végétative	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETM_{abricotiers} (mm /jour)	1,55	2,09	2,01	2,66	3,84	5,86	7,43	7,00	5,27	3,48	2,21	1,63

III.6 Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT 8.0** 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.....

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliserons couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode pourcentage fixé. Dans notre cas on fixe le pourcentage à 80% (on considère que 20% de précipitations sont des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur).

Les valeurs mensuelles de P_{moy} et P_{eff} sont regroupées dans le tableau III.08.

Tableau III. 8 : Précipitations efficaces dans la zone d'étude.

Station	Eff. rain method	
GHARDAIA	Fixed percentage	
	Rain	Eff. rain
	mm	mm
January	8.3	6.6
February	5.0	4.0
March	7.8	6.2
April	4.0	3.2
May	4.0	3.2
June	2.5	2.0
July	0.7	0.5
August	2.4	1.9
September	8.2	6.5
October	7.7	6.2
November	10.6	8.5
December	5.2	4.1
Total	66.2	53.0

III.7 Calcul des besoins en eau :

Les besoins en eaux d'irrigation, B, sont la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci, Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal au besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle

Les besoins en eau des cultures sont calculés par :

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

Avec :

ETM : L'évapotranspiration maximale de la culture considérée ;

P_{eff} : La pluie efficace ;

RFU : Réserve facilement utilisable (en mm) ; tel que :

$$RFU = \frac{2}{3} Z \cdot (H_{CC} - H_{PF})$$

Avec :

Z : Profondeur d'enracinement de la culture considérée.

H_{CC} : L'humidité à la capacité au champ

H_{PF} : L'humidité au point de flétrissement

On a un sol de texture sableuse limoneuse, cette dernière correspond à :

H_{CC} = (18 à 26) %

H_{PF} = (08 à 12) %

RFU (les dattiers)=90---45mm

RFU (les abricotiers)=70mm

Les résultats de calcul des besoins en eau sont représentés dans les tableaux suivants

Tableau III. 9: besoins en eau d'irrigation pour les dattiers

Période végétative	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETM dattier (mm /jour)	2,21	3,18	4,42	5,84	7,27	8,82	9,29	7,82	6,23	4,12	2,73	2,15
ETM dattier (mm /mois)	66,22	95,57	132,79	175,30	218,33	264,79	278,75	234,86	187,11	123,66	82,08	64,53
RFU (mm)	90	45	45	45	45	0	0	0	0	90	90	90
PEFF (mm)	6.6	4.0	6.2	3.2	3.2	2.0	0.5	1.9	6.5	6.2	8.5	4.1
Besoin (mm)	-30,4	46,6	81,6	127,1	170,1	262,8	278,3	233,0	180,6	27,5	-16,4	-29,6
Besoin (mm)	0	46,6	81,6	127,1	170,1	262,8	278,3	233,0	180,6	27,5	0	0

Tableau III. 10: besoins en eau d'irrigation pour les abricotiers

Période végétative	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETM ^{abricotier} (mm /j)	1,55	2,09	2,01	2,66	3,84	5,86	7,43	7,00	5,27	3,48	2,21	1,63
ETM ^{abricotier} (mm /mois)	48,05	58,52	62,31	79,8	107,88	175,8	230,33	217	158,1	107,88	66,3	50,53
RFU (mm)	70	70	70	70	70	0	0	0	0	70	70	70
PEFF (mm)	6,6	4	6,2	3,2	3,2	2	0,5	1,9	6,5	6,2	8,5	4,1
Besoin (mm)	-28,6	-15,5	-13,9	6,6	34,68	173,8	229,83	215,1	151,6	31,68	-12,2	-23,6
Besoin (mm)	0	0	0	6,6	34,68	173,8	229,83	215,1	151,6	31,68	0	0

Tableau III. 11: Les besoin en eau d'irrigation totaux des cultures.

Période végétative	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
B ^{dattier} (mm)	0	46,6	81,6	127,1	170,1	262,8	278,3	233	180,6	27,5	0	0
B ^{abricotier} (mm)	0	0	0	6,6	34,68	173,8	229,83	215,1	151,6	31,68	0	0
B ^{brut total} (mm)	0	46,6	81,6	133,7	204,78	436,6	508,13	448,1	332,2	59,18	0	0

Σ Besoins=2250,9 mm

On a la surface totale égale a : 35ha alors :

Tableau III. 12: Les besoins totales

Surface (ha)	Besoin (mm)	Besoin net (m3/ha)	efficience	Besoin brut (m3/h)	Besoin total (m3)
35,00	2250.9	22509	0.75	30011.9	1050415.33

III.8 Calcul des débits :**III.8.1 Débits spécifiques :**

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique ou débit fictif continu représente le débit qui devra être véhiculé par le système d'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe pendant un nombre fixe d'heures par jour et pour une surface d'un hectare. Ce débit est donné par la relation suivante :

$$q = \frac{B}{T * t * E * 3.6}$$

Avec:

B : besoins nets en eau des cultures (m³/ha).

T : durée de l'irrigation en jours (T = 31).

t : durée de l'irrigation en heures par jour (t = 18h).

E : valeurs de l'efficience des irrigations* 0,75 (car l'irrigation ne se fait pas en 24h/24h).

Pour le calcul des débits de pointe

- Si **q < 1,5 l/s/ha** : la valeur de débit spécifique est acceptable;
- Si **q > 1,5 l/s/ha**: on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante

du modèle du mois de pointe :

$$q = \frac{5081.3}{31 * 18 * 0.75 * 3.6} = 3.37 \text{ l / s / ha}$$

q = 3.65 l/s/ha > 1,5 l/s/ha ; on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du modèle du mois de pointe.

$$q = \frac{2330}{31 * 18 * 0.75 * 3.6} = 1.54 \text{ l / s / ha}$$

On prend q=1,54 l/s/ha.

La culture du palmier étant exigeante en eau surtout au mois de pointe, nous adopterons donc le débit spécifique maximal soit 1.54l/s .Le temps d'arrosage pourra combler ce déficit

III.8.2 Débits caractéristiques :

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

$$Q = q * S$$

Avec :

Q : Débit caractéristique en (l/s).

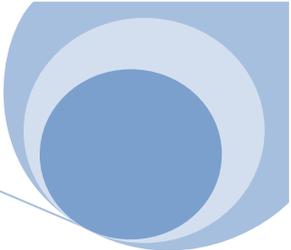
q : Débit spécifique de pointe d'îlots (l/s/ha).

S : Surface de l'îlot (ha).

$$Q = 1,54 * 35 = 54 \text{ l/s}$$

III.9 Conclusion:

L'étude des besoins en eau nous a permis de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour la culture de notre parcelle et de connaître les modalités de son application (dose, durée d'arrosage... etc.).



CHAPITRE IV

Dimensionnement et irrigation à la parcelle choix



IV.1 Introduction :

Notre région d'étude connaît une longue période de sécheresse et une pluviométrie insuffisante, ce phénomène a entraîné une réduction du niveau des nappes. Pour cela, l'économie de l'eau dans le domaine agricole est indispensable surtout en milieu saharien sachant que la ressource en eau est principalement souterraine. Cette économie ne peut se faire que par le biais d'une bonne maîtrise des systèmes d'irrigation et d'une bonne évaluation des besoins en eau des plantes.

IV.2 Les techniques d'arrosage des cultures:

IV.2.1 L'irrigation gravitaire :

L'irrigation par submersion et l'irrigation à la raie sont les deux techniques traditionnelles d'irrigation. L'irrigation par submersion, très grosse consommatrice d'eau, n'est pratiquement pas utilisée en France. L'irrigation à la raie l'est beaucoup plus. Elle a fait l'objet tout récemment d'efforts de modernisation

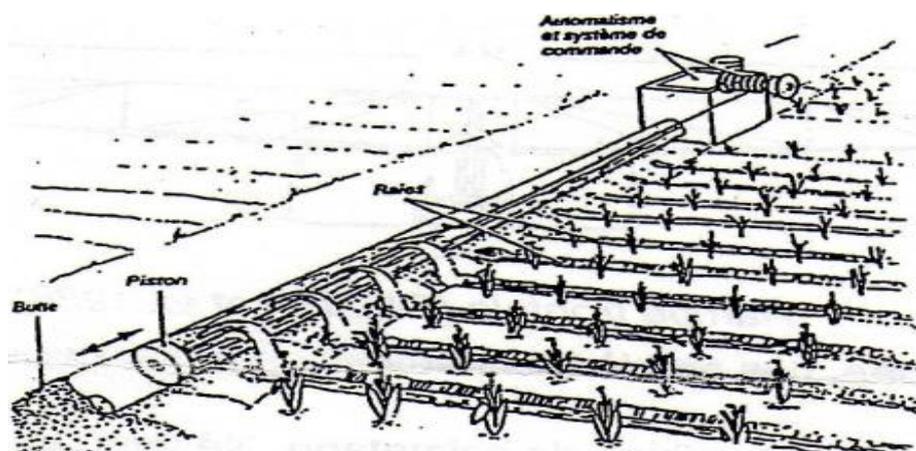


Figure IV. 1 : l'irrigation à la raie automatisée (transirrigation)

L'eau quitte le canal ou le conduit d'amenée, ruisselle, puis s'infiltre dans des rigoles profondes de 5 à 15 cm qui bordent les billons où sont implantées les cultures. L'eau s'infiltre latéralement et atteint les racines par capillarité.

Cette technique nécessite une préparation du sol : la terre doit être relativement plane, les raies et les billons doivent être fermés à leurs extrémités pour retenir l'eau.

Les équipements modernes d'irrigation à la raie permettent une automatisation de la technique et limitent le contact physique entre l'irrigant et les eaux. La répartition du débit d'arrosage entre les raies est assurée, soit par une gaine souple équipée de manchettes de distribution avec limiteur de débit, soit par un tuyau rigide équipé de vanettes coulissantes, soit à partir d'un piston retenu par un câble et se déplaçant dans un tube sous la poussée de l'eau.

Dans cette dernière technique (procédé Transirrigation), entièrement automatique, les raies d'arrosage sont mises en eau successivement et ce, pendant une durée fonction de la vitesse (réglable) d'avancement du piston.

L'irrigation à la raie est utilisée notamment pour des cultures arboricoles et maraîchères. Ce type d'arrosage est bien adapté aux cultures nécessitant un butage. A l'exception des plantes rampantes,- le feuillage des plantes basses n'est pas mouillé, ce qui élimine les souillures et un certain nombre de risques de maladies. Le tassement et la dégradation de structure du sol dus à l'eau sont limités.

Cependant, cette technique présente quelques inconvénients :

- les pertes par colatures peuvent contaminer les eaux superficielles,
- une partie de l'eau est perdue par lessivage sous les rigoles, notamment dans le cas de sols légers ; dans le cas d'eaux usées, il peut y avoir alors départ de fertilisants et d'organismes pathogènes,
- une possibilité d'érosion existe dans les sols en pente (bien que ce cas soit rare) si le débit est mal réglé .

IV.2.2 L'irrigation par aspersion:

L'eau est fournie aux plantes sous forme de pluies artificielles issues d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Cette technique ne nécessite aucun nivellement de la surface irriguée et assure l'aération du sol. Ce mode d'irrigation permet un dosage précis des apports, d'où une économie d'eau. Il a le gros avantage d'assurer une bonne homogénéité de la répartition des apports. C'est une des méthodes permettant d'arroser convenablement des sols très perméables.

Elle exige une adaptation de la qualité microbiologique de l'eau recyclée à la nature des cultures arrosées.

Parmi les appareillages utilisés pour la distribution de l'eau, on peut citer :

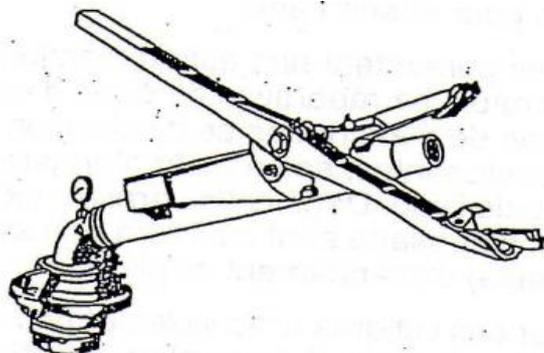
- les arroseurs à bras oscillant ou sprinklers à 1 ou 2 jets. Ils fonctionnent sous basse et moyenne pression, et équipent des canons mobiles ou des arroseurs fixes à plus faible débit,
- les rampes perforées, fixes ou oscillantes,
- les pivots fixés ou déplaçables,
- les mini-asperseurs.

Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion.

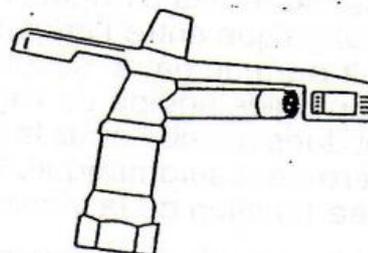
Les asperseurs sont peu susceptibles de colmatage. Néanmoins, un minimum de précautions doit être pris avec les buses de petit diamètre.

L'irrigation par aspersion entraîne le mouillage des feuilles et des fruits et, donc, dans le cas

d'utilisation d'eaux usées urbaines, des risques de contamination par des microorganismes pathogènes. Ces risques sont plus ou moins durables selon l'aptitude des végétaux à retenir l'eau et à la retenir dans des pièges à l'abri de la lumière (tiges de poireaux, salades, ...).



Canon Rain Gune 205G



Canon MR 37

Mais les hygiénistes considèrent que le problème majeur créé par l'aspersion d'eaux réutilisées réside dans la production d'aérosols. Ceux-ci, dispersés par les vents, peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitations. Afin de limiter leur propagation, il est recommandé de privilégier l'aspersion à basse et moyenne pression. La propagation d'aérosols pourra également être limitée par un certain nombre d'aménagements : orientation des buses d'asperseurs vers le sol, protection des champs irrigués contre les vents dominants par des haies d'arbres, maintien d'une zone tampon non arrosée autour du domaine irrigué.

IV.2.3 L'irrigation souterraine

L'irrigation souterraine, mieux encore que l'irrigation localisée, soit de nature à prévenir les risques sanitaires.

L'irrigation souterraine fonctionne à l'inverse du drainage : l'eau est envoyée sous légère pression dans des drains enterrés et remonte par capillarité. Le mode de distribution peut être varié :

- tuyaux très poreux continuellement en charge et laissant diffuser l'eau nécessaire dans le terrain,
- drains ordinaires,
- galeries,
- lignes de goutteurs glissés dans des drains.

Dans le cas de plantation d'arbres, les drains enterrés à une cinquantaine de centimètres de profondeur peuvent être installés de façon permanente, sans perturber l'entretien de la parcelle.

La partie supérieure du sol demeurant sèche, l'évaporation sera considérablement diminuée, et les risques d'accumulation de sels faibles. La diminution des fluctuations de température jour-nuit réduit également les problèmes éventuels de dépôts calcaires (Decroix M., 1988),

. L'irrigation souterraine semble prometteuse pour l'utilisation d'eaux usées en irrigation ou pour leur traitement par épandage. Cette technique est déjà largement répandue dans les pays de l'Est (Pak in Decroix M., 1988), pour l'élimination des eaux usées simplement pré filtrées. Les pressions utilisées sont faibles (voisines de 0,1 bar), les orifices (perforations, fentes), largement dimensionnés. En pratiquant l'arrosage discontinu, on évite l'hydromorphie des sols.

Les eaux usées doivent être filtrées ou décantées afin d'éviter le colmatage des tuyaux enterrés. Ces derniers devront d'autre part être purgés périodiquement.

IV.2.4 L'irrigation localisée :

L'eau est distribuée à faible débit dans un réseau sous pression qui est à même le sol ou suspendu ou encore partiellement souterrain. Le réseau est constitué de rampes souples ou demi-dures, perforées ou munies, à intervalles variables selon les cultures, de dispositifs distributeurs, tels qu'ajutages, goutteurs, mini-diffuseurs.

La distribution est fréquente ou continue, ce qui permet de maintenir humide la zone entourant les racines, sans pertes entre les plantes. La distribution de l'eau dans le sol se fait latéralement, par capillarité à partir de la zone humidifiée et non plus seulement verticalement comme dans le cas de l'irrigation par aspersion.

Cette technique économise l'eau, limitant ainsi les percolations profondes, notamment le lessivage des nitrates. Elle réduit la levée et la croissance des mauvaises herbes. Le feuillage est maintenu sec, ce qui limite les risques de contamination par les maladies.

Cette technique permet de limiter considérablement les risques sanitaires liés à l'irrigation à partir d'eaux usées. En effet, l'eau s'infiltre dans le sol aussitôt sortie du distributeur ; elle ne ruisselle pas, ne forme pas de flaque en surface. L'eau ne rentre. Pas en contact avec les parties aériennes des plantes. Les risques de contamination ne concernent que la partie racinaire. Très proche du sol, la distribution n'est pas influencée par le vent.

Le distributeur est un organe essentiel du réseau, alimenté par l'intermédiaire d'une rampe sous pression, doit assurer avec fiabilité la distribution de l'eau à des débits relativement faibles tout en ayant une section de passage assez importante pour minimiser les risques d'obstruction

IV.3 Choix de technique d'arrosage convenable :

Le choix de la technique la plus convenable repose sur l'analyse d'un ensemble de critères et contraintes à savoir:

- la topographie (pente de terrain, relief géométrie de la parcelle... etc.)
- la ressource en eau (quantité, qualité, débit et pression disponible).
- la nature des cultures.

- la nature du sol (perméabilité).
- les facteurs socioculturels.
- les facteurs économiques.
- la rentabilité de l'opération.

A cause de la variété des conditions naturelles (pente, vent, perméabilité des sols) ainsi la quantité limitée des eaux, la technique d'irrigation localisée (micro- irrigation ou goutte à goutte) est la **mieux** adaptée à notre zone d'étude.

IV.4 Description d'un réseau d'irrigation à la goutte à goutte :

Chaque parcelle doit être équipée d'un réseau composé d'une unité de tête qui est l'élément essentiel de tout réseau d'irrigation localisée.

L'installation de tête a pour but de fournir de l'eau propre, éventuellement enrichie et traitée chimiquement, sous une pression régulée, et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer.

L'unité est mise en tête du bassin d'accumulation destiné au stockage, l'unité de tête comporte les appareils suivants :

- Groupe de pompage
- Filtre à sable
- Filtre à tamis
- Vanne
- Vanne de sectionnement
- Cheminée d'équilibre ou d'entrée d'air
- clapets de non retour
- Débit mètre : pour contrôler le débit et le régler en fonction du bassin
- Régulateur de pression : pour régler la pression
- en tête du réseau, et injecter d'engrais
- Les conduites
 - Conduite principale
 - Porte- rampes d'arrosage
 - Rampe d'arrosage
- distributeur d'un écartement fixe selon le mode de plantation des cultures

IV.4.1 Groupe de pompage :

Le groupe de pompage est mis à la sortie du bassin d'accumulation, il peut être soit :

- Une pompe électrique dont les caractéristiques sont : HMT, PW, débit... etc.).
-

-Un groupe motopompe

IV.4.2 Filtre à sable :

Le filtre à sable est une cuve à pression remplie d'une épaisse couche de sable calibrée qui arrête les éléments solides en suspension dans l'eau qui la traverse, il est indispensable pour arrêter les éléments organiques. Le sable peut être roulé ou concassé. Le sable peut être roulé d'une seule granulométrie, permet une filtration plus homogène. Pour un bon fonctionnement, le filtre doit retenir les particules de granulométrie supérieure à 1/7 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans le distributeur.

IV.4.3 Filtre à tamis :

C'est une cuve à pression contenant une paroi filtrante au tamis en plastique ou en acier inox, dont les mailles varient de 80 à 150 μ , les particules de dimension supérieures à cette maille sont arrêtées par le tamis.

NB : notons que chaque filtre doit être muni de manomètres à l'amont et à l'aval de façon à pouvoir juger du moment où il doit être nettoyé, lequel correspond à une perte de charge jugée maximale pour sa traversée.

Le poste de filtration est installé au niveau de l'installation de tête du réseau d'irrigation(5).

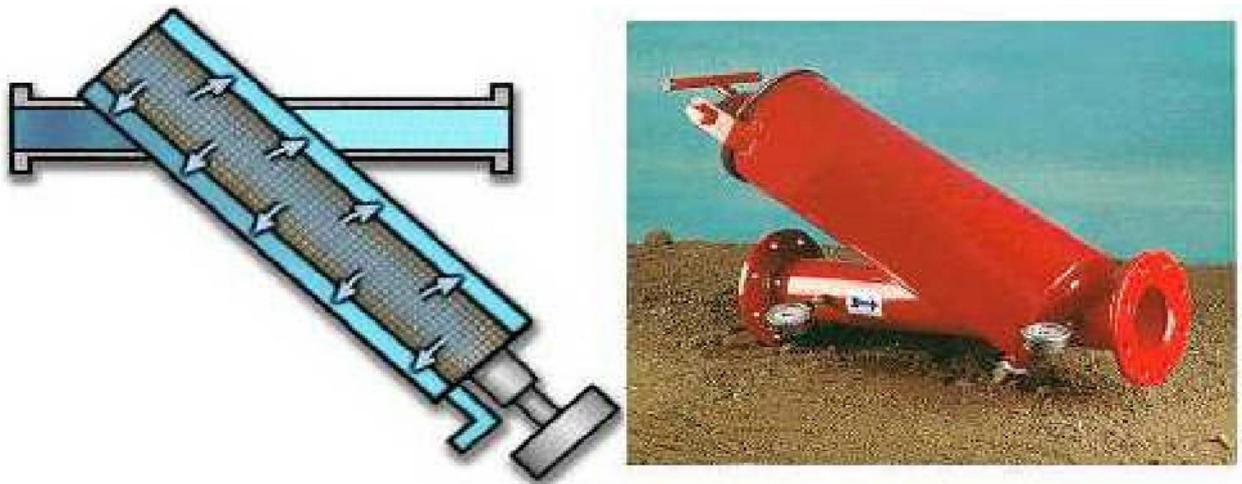


Figure IV. 2: Filtre à tamis

IV.4.4 Vannes :

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux, puisque permettent d'en isoler une partie

-pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation.

-Les vannes de section sont installées automatiquement au départ de toutes les branches et des sous branches.

IV.4.5 Vanne de sectionnement :

Les vannes de sectionnement sont utilisées dans le réseau d'irrigation pour isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir pour réparation ou réalisation d'un piquage Assurer une rotation entre les deux secteurs, en cas ou la STEP ne produit plus le débit nécessaire au périmètre.

IV.4.6 Cheminée d'équilibre ou d'entrée d'air :

Ces ouvrages sont utilisés pour une entrée d'air aux points hauts pour éviter une mise en dépression des conduites : du fait d'une ligne piézométrique très proche du profil du terrain naturel. Ces ouvrages remplacent les ventouses qui ne peuvent pas fonctionner correctement sous très basse pression. La hauteur des cheminées est calculée par rapport aux plus hautes eaux dans le réservoir plus 50cm.

IV.4.7 Clapet de non retour :

Les clapets de non retour sont utilisés pour éviter un retour d'écoulements, ces appareillages sont disposés dans des chambres de vannes

IV.4.8 Dispositif anti-bélier :

Etant donné l'importance des débits transportés et des vitesses atteintes dans les canalisations, Il faut porter une attention particulière à la protection contre les coups de bélier. Les coups de bélier sont dus à une variation de la vitesse de l'eau qui entraîne des variations de pression d'autant plus accusées que le gradient par rapport au temps de la variation de vitesse est plus grand.

IV.4.9 Régulateur de pression :

Il permet de contrôler la pression en tête et la conduite principale.

IV.4.10 Les conduites :

La plupart des conduites en plastiques utilisées en irrigation sont fabriquées à partir des quatre matériaux suivants :

- Le chlorure de polyvinyle PVC ;
- le polyéthylène PE, de basse densité (PE BD) ou de haute densité (PEHD) ;
- le polypropylène PP ;
- l'acrylonitrile -butadiène styrène, ABS

Parmi eux, le PEBD et le PEHD sont de beaucoup les plus utilisés en irrigation localisée. En raison de sa plus grande résistance à la pression, le PVC est le plus économique dans les gros diamètres, alors que les PE (moins résistants) sont surtout utilisés en petits diamètres, pour les rampes et parfois les porte- rampes. (BULLETIN DE FAO N°36,1983)

IV.4.10.1 Les conduites principales :

Elles sont semblables en irrigation localisée à ce qu'elles sont en aspersion classique, mais peuvent être plus petites et d'une classe pression inférieure en raison de l'utilisation des débits et des pressions plus faibles.

Dans les petits réseaux on peut utiliser des tuyaux PE mais il est plus fréquent de les faire en PVC. (BULLETIN DE FAO N°36,1983)

Elles relient le bassin d'irrigation au reste de l'installation au moyen des vannes. Tout au long de son parcours elle alimente les porte- rampes.

Compte tenu des caractéristiques du sol à savoir une texture plutôt sableuse et une bonne perméabilité du sol et le type de culture (palmiers en ligne), la micro irrigation semble convenir parfaitement à notre exploitation, sans compter l'économie quelle peut engendrer

IV.4.10.2 Les rampe :

La plupart des rampes sont en tuyaux PE noir de basse densité (PEBD). Ce matériau est flexible et pas trop sensible au soleil, ce qui est important car les rampes sont posées à la surface du sol. Les diamètres intérieurs vont de 05 à 25 mm, mais les plus courants sont 10, 12, 5 et 16 mm. L'épaisseur de parois est de 03 ou 04 mm suivant la pression (la pression de l'eau dans le tuyau réduit le risque de « craquage », mais il faut faire attention pendant la pause car il est très facile d'endommager les tuyaux lors de leur déroulement)

Les craquelures des tuyaux PE constituer de plusieurs fentes longitudinales peuvent être un problème lorsqu'on utilise les raccords cannelés extérieurement, c'est le cas des distributeurs en ligne lorsque le diamètre extérieur de la cannelure du distributeur est trop grand par rapport au diamètre du tuyau utilisé pour constituer la rampe. (BULLETIN DE FAO N°36,1983)

Elles s'étendent sur toute la largeur de la parcelle et elles alimentent les postes d'arrosage avec des dimensions variables selon le poste,

IV.4.10.3 Les portes rampes :

Les porte- rampes sont en PE ou en PVC, de 20 à 80 mm de diamètre, la majorité entre 20 et 50 mm de diamètre intérieur, le choix du diamètre dépend en partie du calcul hydraulique en partie du type de raccordement aux rampes parfois le porte-rampe sera d'un diamètre supérieur au diamètre nécessaire du point de vue hydraulique surtout si la rampe pénètre simplement par pression dans un trou réalisé dans la paroi du porte-rampe. (BULLETIN DE FAO N°36,1983)

IV.4.11 Les distributeurs :

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangées des cultures et distribuée au voisinage des plantes. Les distributeurs apportent l'eau au niveau du sol.

On peut distinguer quatre grandes catégories de distributeurs :

IV.4.11.1 Les goutteurs

Ils délivrent ponctuellement un débit faible et régulier (2 à 12 l/h). Ils sont généralement placés à espacement réduit (1 à 2 m) sur le tuyau courant le long d'une ligne de culture. On trouve plusieurs types de goutteurs sur le marché :

-à cheminement long : l'élément essentiel est un canalicule quasi-capillaire d'environ 1 mm² de section, qui, en offrant une grande résistance à l'écoulement, brise la pression. Ce canalicule peut se présenter sous différentes formes : hélicoïdal, en spirale à long cheminement et chicanes, hélicoïdal puis à chicanes, micro-tube,

-à orifices : soit à orifice simple, soit à double orifice et effet de turbulence

IV.4.11.2 Les ajutages-calibrés

Ce sont des orifices usinés sous forme de pastilles métalliques ou plastiques et fixés sur des tuyaux. Le débit distribué est supérieur à celui délivré par les goutteurs (45 à 100 l/h). Un modèle d'ajutage est fabriqué par la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc (C.N.A.B.R.L.). L'orifice calibré, de 1,4 à 2,1 mm, inséré dans la rampe, permet à l'eau de sortir sous forme de jet. Il est alors nécessaire de l'équiper d'un brise-jet pour en tranquilliser la distribution.

IV.4.11.3 Les mini-diffuseurs

Micro-asperseurs fixes, ils sont constitués d'un petit mamelon plastique piqué sur le tuyau et usiné en vue de diffuser l'eau sous la forme d'une nappe en coupole, dont le rayon varie de 1 m à 1,50 m. Le débit est de l'ordre de 50 à 150 l/heure, mais le mini-diffuseur assure une pulvérisation très fine.

IV.4.11.4 Les gaines perforées

Elles peuvent être simples ou à double paroi et, dans ce dernier cas, l'uniformité de la distribution est meilleure.

Parmi les problèmes que pose l'utilisation d'eaux usées en irrigation localisée, le plus important est le risque de colmatage des organes de distribution. La faible dimension des canaux des distributeurs fait qu'ils sont très sensibles aux eaux chargées, telles les eaux usées qui contiennent des matières en suspension, minérales ou organiques, susceptibles de provoquer des obstructions physiques ou biologiques, et des sels dissous pouvant aboutir à des obstructions

chimiques. Le développement du colmatage va dépendre de :

- la qualité de l'effluent, variable avec son niveau d'épuration et son niveau de filtration,
- la pression de fonctionnement qui dans le cas de distributeurs non autorégulant, influe sur la vitesse de l'eau à l'intérieur du cheminement ou à travers l'orifice et sur les risques de dépôt,
- la position du distributeur sur la rampe (latéralement, en-dessous, au-dessus) et par rapport à l'origine de la rampe.

L'irrigation localisée à partir d'eaux usées sera possible à condition de bien choisir les distributeurs et d'effectuer un traitement efficace de l'effluent afin d'éliminer un maximum de 'matières en suspension. On utilise le micro-tamissage ou des filtres à sables, dont les caractéristiques doivent être adaptées à celles de l'eau utilisée. Les incidents d'obstruction de goutteurs sont souvent liés à la remise en route des installations après arrêt durant la période hivernale ; il importe de procéder à une purge de l'ensemble de l'installation (rampes, porte-rampes et canalisations d'amenée) en fin de période d'irrigation, cette purge étant rendue plus efficace par une chloration préalable massive

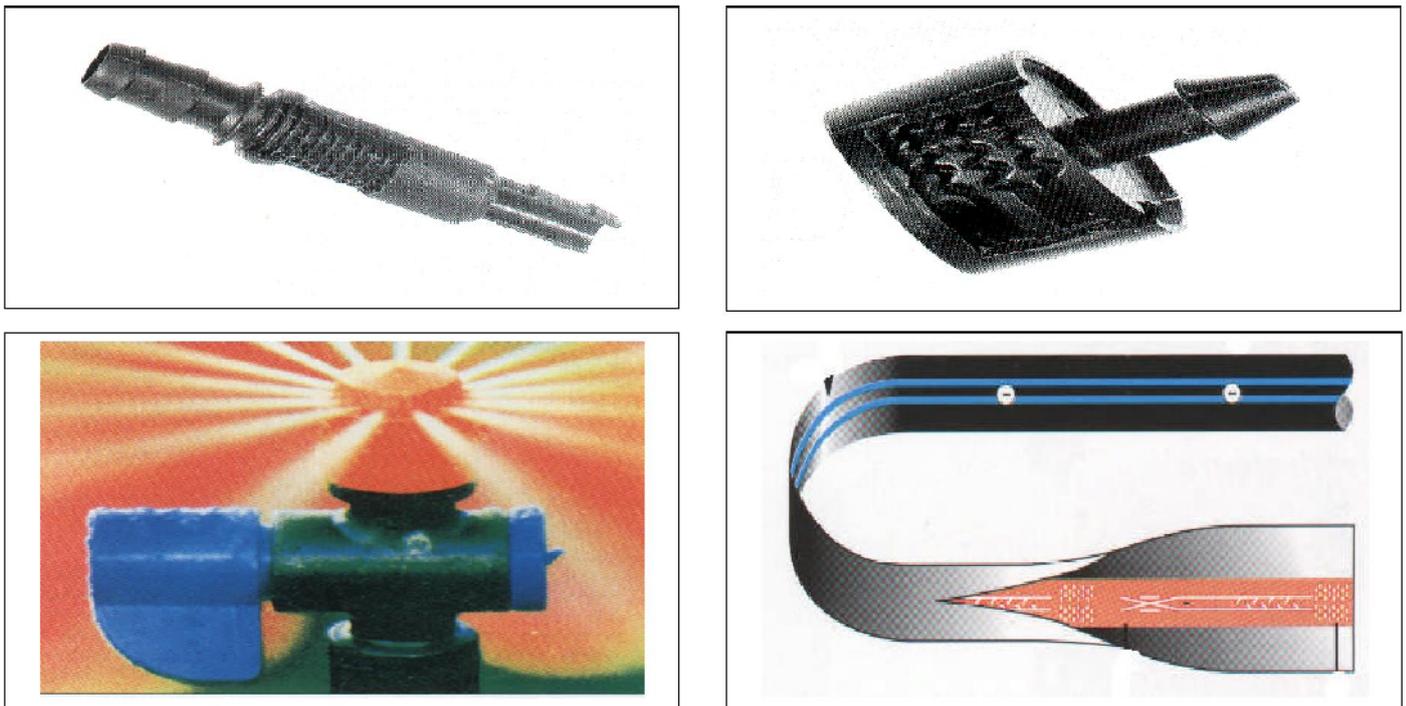


Figure IV. 3: Irrigation localisée par Distributeur

IV.5 L'obstruction des goutteurs:

IV.5.1 Colmatage physique :

Il est dû à l'introduction dans le réseau de grosses particules. Il faut un système de filtration très efficace en tête de ligne.

IV.5.2 Colmatage biologique :

Il est dû au développement d'algues et de bactéries dans les canalisations. L'adjonction période d'antiseptique (Ex: eau de javel) à l'eau d'irrigation peut se révéler indispensable.

IV.5.3 Colmatage chimique :

C'est le plus difficile à combattre, certaines eaux (souvent alcalins) précipitent des sels insolubles surtout des sels de calcium et de fer qui peuvent former des dépôts bruns dans les goutteurs, et les obstruer, et aussi des gels dans les filtres.

L'entartrage (l'adjonction d'héxamétaphosphate ou d'acide nitrique dilué) donne en général, assez bons résultats.

D'autre part les engrais solubles employés sans discernement peuvent être également la cause du colmatage par précipitation, le meilleur moyen de prévenir ces obstructions des goutteurs est une filtration soignée de l'eau. (JEAN ROBERT TIERCELIN, 1998)

IV.5.4 Accumulation des sels :

Les eaux d'irrigation contiennent toujours plus ou moins de sels dissous, les plantes prennent l'eau et la majorité des sels restent dans le sol.

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

On peut lutter contre l'accumulation des sels en apportant un excès d'eau par rapport à la consommation de la plante: on lessive ainsi une grande partie des sels et on les déplace en dessous de la zone radiculaire, mais le procédé le plus efficace, surtout dans les régions où la pluviométrie naturelle est trop faible, pour assurer un lessivage suffisant, et de pratiquer des arrosages complémentaires selon une méthode classique (aspersion, ruissellement). (JEAN ROBERT TIERCELIN, 1998)

IV.6 Données générales de la parcelle :

Surface totale a irriguée $S(t) = 35 \text{ ha}$

Pour les palmiers

Espacement entre palmiers est de **9m**

Espacement entre palmiers rang est de **10m**

Débit nominal $2 \times 8 \text{ l/h}$

Pression nominale **10 mce**

Espacement des goutteurs **1m**

Pour les abricotiers

Espacement entre arbres est de **7m**

Espacement entre arbres rang est de **10m**

Débit nominal **2*4 l/h**

Pression nominale **10 mce**

Espacement des goutteurs **1m**

IV.7 Calcul des caractéristiques du réseau**IV.7.1 Les besoins journaliers**

$$\text{Besoins en eau journaliers} = \frac{\text{Besoins du mois de pointe}}{\text{Nbre de jours du mois}}$$

Les besoins journaliers sont les besoins du « mois d'Aout » : **233 mm**.

Les besoin journaliers :

$$\beta_j = \frac{233}{31} = 7.52 \text{ mm/jour}$$

Les besoins journalier en eau en tenant compte la réduction K_r sera calculée par (V.1):

$$\beta_{j \text{ loc}} = \beta_j [CS + 0.5(1 - CS)]$$

Avec :

β_j : Besoins journalière de l'irrigation,

CS : Couverture du sol, pour les oliviers ; CS = **60 %**,

$$\beta_{j \text{ loc}} = 7.52 \times (0.8)$$

$$= 6.02 \text{ mm / j}$$

IV.7.2 La dose pratique

La dose pratique = dose nette maximale :

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

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

P : volume de sol humidifié.

$$p = \frac{n \quad S_{pd} \quad S_h}{S_a \quad S_r}$$

Avec :

n : Nombre de point de distribution par arbre.

Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre

Sh : Largeur de la bande humidifiée

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre

Sa : Espacement des arbres sur les rangs

Donc d'après l'ingénieur de l'eau et de sol (Andre Mermoud et Musy) dans la région saharien
 $P = 40\%$. d'après l'annexe N°02 ; $RFU=90mm$.

Donc : $Dp=90*0,4=36mm$

IV.7.3 La dose nette pratique réelle :

$$Dr, net = 90\% \quad Dp$$

$$Dr, net = 0,9 \quad 36 = 32,4mm$$

IV.7.4 Dose brute :

$$Dbrute = \frac{Dr, net}{Cu \quad Eff}$$

Avec=

Cu : coefficient d'informaté

Eff : Efficience en irrigation localisée, rendement de système en suppose= 0.9

$$Dbrute = \frac{32,4}{0,95 \quad 0,9} = 37,9mm$$

IV.7.5 Fréquence d'arrosage :

$$Fr = \frac{Dr, net}{Bj}$$

$$Fr = \frac{32,4}{6,02} = 5$$

Donc on doit irriguer 5 irrigation/mois

IV.7.6 Dose fictive à apportée :

$$P(g) = \frac{q(g) \quad 2}{Sr \quad Spd}$$

$$P(g) = \frac{8 \quad 2}{10 \quad 1} = 1,6mm$$

IV.7.7 Durée d'arrosage :

$$t = \frac{D_{\text{brut}} \quad S_{\text{pd}} \quad S_{\text{r}}}{n \quad q(g)}$$

Avec :

q(g):débit d'un goutteur

n : nombre de goutteur

$$t = \frac{37.9 \quad 1 \quad 10}{2 \quad 8} = 23.69 \text{heurs}$$

IV.7.8 Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{\text{Fréquence d'arrosage}}$$

$$D_j = \frac{23.69}{5} = 4.7$$

On prend **DJ**=5 heurs/jours

IV.7.9 Nombre de poste :

$$N(p) = \frac{Fr \quad t}{D_j}$$

$$N(p) = \frac{5 \quad 23.69}{5} = 23.69$$

On prend **N(p)**= 24postes

IV.7.10 Surface d'un poste :

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

Avec

S (f) : Surface totale en ha.

N (p) : Nombre de poste.

$$S(p) = \frac{35}{24} = 1.46 \text{ ha}$$

IV.7.11 Surface correspondant à une rampe :

$$A_l = L_r \quad S_r$$

Avec ;

Lr : longueur de la rampe

Sr : espacement entre arbre

$$A_l = 180 \quad 10 = 1800\text{m}^2$$

IV.7.12 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

$$N(r) = \frac{14600}{1800} = 8 \text{ Rampes par postes}$$

IV.7.13 Nombre de goutteur par rampe :

$$Ng = \frac{Lr}{Sr}$$

Pour les palmiers :

$$Ng = \frac{163}{9} = 18.11 \approx 18 \text{ goutteurs / rampe}$$

Pour les abricotiers:

$$Ng = \frac{163}{7} = 23.29 \approx 23 \text{ goutteurs / rampe}$$

Les paramètres des deux cultures calculées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV. 1: Les paramètres des cultures

Cultures Paramètres	Palmiers	abricotiers	unités
Besoins du mois de pointe	233	215.1	mm
Besoins en eau journaliers	6.02	5.55	mm/j
La dose nette pratique réelle	32.4	25.2	mm
Dose brute	37.9	29.47	mm
Fréquence d'arrosage	5	5	irrigation/mois
Durée d'arrosage	23.69	18.44	heurs
Durée d'arrosage journalier	5	5	h/j
Nombre de poste	24	24	postes

Suit du tableau IV.01

Surface d'un poste	1.46	1.46	ha
Surface d'une rampe	1800	1800	m ²
Nombre de rampes par postes	8	7	rampes par postes
Nombre de goutteur par rampe	38	48	goutteur par rampe

IV.8 Calcul hydraulique:

IV.8.1 Calcul de la rampe :

IV.8.1.1 Débit d'une rampe:

$$Q_r = q(g) \quad N(g)$$

$q(g)$: Débit de goutteur,

$N(g)$: Nombre de goutteur par rampe

Pour les palmiers : $Q_r = 8 \quad 38 = 304 \text{ l/h}$

Pour les abricotiers: $Q_r = 4 \quad 48 = 192 \text{ l/h}$

IV.8.1.2 Diamètre de la rampe :

$$D = \left[\frac{H r \quad 2.75}{0.478 \quad Q^{1.75} \quad L r} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Pour les palmiers :

$$D = \left[\frac{1.2 \quad 2.75}{0.478 \quad 304^{1.75} \quad 163} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$D = 15.99 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé est : $D_n = 16 \text{ mm}$

Pour les abricotiers :

$$D = \left[\frac{1.2 \quad 2.75}{0.478 \quad 192^{1.75} \quad 163} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$D = 13.52 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé est : $D_n = 16 \text{ mm}$

IV.8.2 Calcul de la porte rampe:**IV.8.2.1 Débit de porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N(r)$$

Q_r : Débit d'une rampe

$N(r)$: Nombre de rampe

$$Q_{pr} = 304 \cdot 8 + 192 \cdot 7 = 3776 \text{ l/h}$$

IV.8.2.2 Diamètre de la porte rampe :

$$D = \left[\frac{H \cdot p \cdot r \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q^{1.75} \cdot L_{pr}} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$D = \left[\frac{0.6 \cdot 2.75}{0.478 \cdot 3776^{1.75} \cdot 70} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$D = 39.18 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé est :

$$D_n = 40 \text{ mm}$$

IV.8.3 Calcul de la perte de charge (Règle de Christiansen) :

$$\frac{q}{qg} = x \cdot \frac{H}{H_n}$$

Avec :

$$x = 0.5$$

H_n : Pression nominale = 10 mce

$$\frac{q}{qg} = 10\% = 0.1$$

$$\frac{H}{H_n} = 0.2$$

$$0.1 = 0.5 \cdot \frac{H}{10}$$

$$H = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ m. c. e}$$

Perte de charge singulière : 10% de H

Perte de charge linéaire : 1/3 \implies dans porte rampe

2/3 \implies dans la rampe

Perte de charge linéaire : $H - 0.1 H = 1.8 \text{ m.c.e}$

Pour la porte rampe : $H_p r = 1.8 \cdot 1/3 = 0.6 \text{ m.c.e}$

Pour la rampe : $H r = 1.8 \cdot 2/3 = 1.2 \text{ m.c.e}$

IV.8.3.1 Recalcul de la perte de charge de la rampe:

$$j = \left| \frac{0.478 D^{-4.75} Q^{1.75} Lr}{2.75} \right|$$

Pour les palmiers :

$$j = \left| \frac{0.478 \cdot 16^{-4.75} \cdot 304^{1.75} \cdot 163}{2.75} \right|$$

$$j = 1.19 \text{ m.c.e}$$

$J = 1.19 \text{ mce} < 1,2 \text{ mce} \Rightarrow$ la condition est vérifiée

Pour les abricotiers :

$$j = \left| \frac{0.478 \cdot 16^{-4.75} \cdot 192^{1.75} \cdot 163}{2.75} \right|$$

$$j = 0.54 \text{ m.c.e}$$

$J = 0.54 \text{ mce} < 1,2 \text{ mce} \Rightarrow$ la condition est vérifiée

IV.8.3.2 Recalcul de la perte de charge du port rampe:

$$j = \left| \frac{0.478 D^{-4.75} Q^{1.75} Lr}{2.75} \right|$$

$$j = \left| \frac{0.478 \cdot 40^{-4.75} \cdot 3776^{1.75} \cdot 70}{2.75} \right|$$

$$j = 0.54 \text{ m.c.e}$$

$J = 0.54 \text{ mce} < 0.6 \text{ mce} \Rightarrow$ la condition est vérifiée

IV.8.4 Calcul de la canalisation principale :

IV.8.4.1 Diamètre du canal principal :

Le choix du diamètre de la conduite est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans la canalisation soit admissible $v=1.5\text{m/s}$, et cela, afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique :

-risque de coups de bélier

- violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

On a $Q_{\text{poste}}=1.05 \text{ l/s}$

$$S = \frac{Q}{V} \quad \text{Et} \quad D = \sqrt{\frac{(4 \cdot S)}{\pi}}$$

Avec :

Q : débit véhiculé par (m³/s) ;

S : section de la canalisation (m²) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre nominal de la conduite (m).

Les résultats trouvés pour le calcul des diamètres avantageux de ces tronçons sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IV. 2: Diamètres calculés pour différents tronçons de canal principal

Tronçon	Débit du tronçon (l/s)	longueur (m)	La section (m ²)	D calculé (mm)	D normalisé (mm)
1	25.2	275	0.017	146.3	150
2	16.8	640	0.012	119.45	125

IV.8.4.2 Détermination de HMT de la pompe qui refoule dans la conduite principale:

$$HMT = Hg + Ht + 10$$

Avec :

HMT : Hauteur manométrique totale (m)

Hg : Hauteur géométrique =11m

Dans ce cas les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires.

$$Ht = 1.15 \quad h_p^{lin}$$

h_p^{lin} : Perte de charge linéaire (m).

On a: $Q=15.4 \text{ l/s}$;

$L=915 \text{ m}$;

$$h_p^{lin} = 0.9 \text{ m} \Rightarrow Ht = 1.15 \cdot 0.9$$

$$Ht = 1.05 \text{ m}$$

Donc :

$$HMT = 11 + 1.05 + 10$$

$$HMT = 22.05m$$

D'après le logiciel de CAPRARI; on trouve en fonction de (Q, HMT) les résultats suivants :
une pompe de type (MEC-A4/100G) ; (voir l'annexe N°04).

Tableau IV. 3: Les caractéristiques de la pompe

Q (l/s)	H(m)	Pompe choisi	η (%)	N (t/min)	NPSHr (m)	P (kw)
25.2	23.1	MEC-A4/100G	72.8	1450	8.66	7.86

Il sera placé à la sortie des groupes l'appareillage suivant d'amont vers l'aval :

- * Ventouse à double effet,
- * Un manomètre,
- * Clapet de non-retour à membrane,
- * Un compteur de volume de type irrigation,
- * vanne d'isolement avec by-pass,
- * Réservoir anti-bélier à membrane,
- * vanne de vidange manuelle.
- * Limiteur de débit.

IV.9 bassin d'irrigation :

L'irrigation journalière théorique est de :

*5 heures pour les palmiers et 5 heures pour les abricotiers .donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 25.2 \cdot 5 \cdot \frac{3600}{1000} = 454m^3$$

Le bassin devra assurer un stockage des eaux pour un jour pour les raisons suivantes :

- une réserve de sécurité est indispensable pour l'irrigation localises
- le stockage permet d'améliorer la qualité de l'eau épurée.

On prend un volume de : $V = 460m^3$ en raisons de sécurité

Donc les dimensions du bassin sont :

L : longueur du bassin =**14m**

B : largeur du bassin =**11m**

H : hauteur du bassin =**3m**

IV.10 Adduction :

L'adduction est très nécessaire pour assurer le transport de l'eau entre le point de captage (la station de lagunage du kef doukhane) et le point de stockage (le réservoir). Se fait à l'aide de canalisations soit par pompage ou gravitairement,

IV.10.1 Types d'adduction :

En général on distingue trois types d'adduction :

IV.10.1.1 Adduction gravitaire :

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une cote supérieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

IV.10.1.2 Adduction par refoulement :

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques.

On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une cote inférieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

IV.10.1.3 Adduction mixte :

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir.

Dans le cas de notre étude, l'adduction à projeter est une adduction gravitaire.

Les ouvrages d'adduction sont généralement de grandes dimensions. Les écoulements y sont le plus souvent unidirectionnels et s'opèrent en régime turbulent.

IV.10.2 Choix du tracé :

Le choix du tracé de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter :

- . Le tracé doit être le plus court possible entre les ouvrages ;
- . Des ventouses doivent être prévues au point haut pour évacuer l'air qui s'y accumule, dans un souci économique et technique, on doit donc éviter le plus possible les contres pentes.
- . Il serait préférable de suivre l'accotement des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement du matériau.

IV.10.3 Choix du matériau :

Le choix du matériau se fait en fonction :

- Du diamètre
 - Des pressions exigées
 - Des conditions d'installation
-

- Du revêtement
- De la disponibilité sur le marché national
- Du prix unitaire de pose de l'adduction

Dans notre projet, nous avons opté pour les conduites en PEHD en raison des avantages qu'ils présentent :

- Disponibilité sur le marché (production locale)
- Résistance à de grandes pressions
- Facile à poser (grande flexibilité) et possibilité d'enroulement en couronnes pour les petits diamètres.
- Permet de faibles rayons de courbures aux réseaux.
- Longue durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement (durée de vie 50 ans à 20°C).
- Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très fiable)
- Résiste à la corrosion interne, externe et micro biologique.
- Se raccorde facilement à d'autres réseaux (fonte, acier).
- Insensible aux mouvements de terrain (tremblement de terre).

IV.10.4 Calcul Du diamètre:

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbach (14) :

$$H_t = \frac{K' L Q^\beta}{D_{AV}^m}$$

ΔH : Perte de charge totale (m)

K' : Coefficient de frottement

L : Longueur de la conduite (m)

Q : Débit véhiculé par la conduite (m³/s)

D_{av} : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m)

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients K' , m et β sont donnés dans le tableau VI-03

Tableau IV. 4: Coefficients K' , m , β pour différents types de tuyaux

Tuyau	K'	m	β
Acier et fonte	0,00179 - 0,001735	5,0 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
PVC et PEHD	0,001052	4,772	2

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{AV} = \sqrt[m]{\frac{K' \cdot L \cdot Q^\beta}{Ht}}$$

Pour le PEHD on prend :

$K' = 0,001052$ $\beta = 2$ $m = 4,772$
on a $Q = 54 \text{ l/s}$, $L = 243,4 \text{ m}$, $\Delta H_t = 0,25 \text{ m}$ (pour chaque 1000m $\Delta H_t = 1 \text{ m}$)
Donc ;

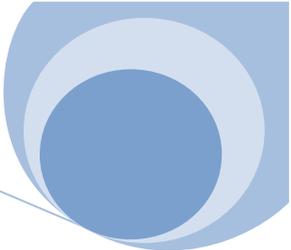
$$D_{AV} = \sqrt[4.772]{\frac{0.001025 \cdot 243.4 \cdot 0.054^2}{0.25}}$$

$$D_{AV} = 294 \text{ mm}$$

Le diamètre normalisé est : $Dn = 300 \text{ mm}$

IV.11 Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait la description sur les caractéristiques générales du réseau, et puis on a déterminé les débits, les diamètres et les pertes de charge qui nous assurent l'écoulement dans ces conduites à des diamètres normalisés.



CHAPITRE V

Etude économique



V.1 Introduction :

L'étude économique d'un projet est indissociable de l'étude technique, car c'est elle qui nous donne les éléments déterminants pour la réalisation ou pas du projet. À titre d'exemple :

-L'enveloppe à débloquer pour la réalisation du projet et sa disponibilité.

-Les intérêts économiques et sociaux du projet face à l'importance de l'enveloppe budgétaire débloquée.

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre a pour but de donner une idée générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Réseau d'irrigation.
- Bassin d'accumulation.
- Station de pompage.
- Conduite d'adduction

V.2 Estimation du matériel utilisée :

Les prix unitaires des pièces et accessoires sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau V- 1:liste des pièces de réseau d'irrigation localisée.

Pièces	Prix unitaire (DA)	Unité de mesure	Quantité	Total
Tube Ø16 PEHD	29,7	m/l	58680	1 742 796.00
Tube Ø 40 PEHD	98,25	m/l	1680	165 060.00
Tube Ø125 PEHD	473,08	m/l	928	439 018.20
Tube Ø150 PEHD	567.7	m/l	275	156 117.50
Bouchon Ø16	46	Un	360	16 560.00
TE Ø125/40	600	Un	24	14 400.00
TE Ø125	750	Un	15	11 250.00
TE Ø150/125	900	Un	8	7 200.00
Filtre	25926	Un	1	25 926.00
Vanne Ø125	13877	Un	24	333 048.00
Colle PVC	858	Un	2	1 716.00

Suite du tableau V-01

Fertiliseur	8500	Un	1	8 500.00
Goutteur réglable	15	Un	15360	230 400.00

Total 01 = 3 151 992.00DA**Tableau V- 2:** liste des pièces d'adduction, pompage et le bassin.

Pièces	Prix unitaire (DA)	Unité de mesure	Quantité	Total
TubeØ300 EHD	1950	m/l	243.4	474 630.00
Pompe	400000	Un	1	400 000.00
Bassin	5000 DA /m ³	m ³	460	2 300 000.00

Total 02 = 3 174 630.00DA**V 3 Estimation des cultures projetée**

Cultures	Prix unitaire (DA)	Quantité	Total
Palmiers	2000.00	3648	7 296 000.00
Abricotiers	1100.00	4032	4 435 200.00
			11 731 200.00

Total 03 = 11 731 200.00DA**V.4 Estimation des travaux :****V.4 .1 Calcul déblai et remblai :**

Le prix de terrassement est égal à:

Pour le déblai: $F_{deb} = V_{deb} * K_{deb}$ K_{deb}: prix de 1 m³ de déblaiV_{deb}: volume total de déblaiPour le remblai: $F_{rem} = V_{rem} * K_{rem}$ K_{rem}: prix de 1 m³ de remblaiV_{rem}: volume total de remblai

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donné par la formule suivante: $B = D + 2 \times 0,3$

Avec :

D: diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles. talque : $H \geq D + 0,8$

Alor :

Volume de déblai= $L*H*B$

Volume de Remblai = volume de déblai - $(\frac{\pi D^2}{4}) * L$

Tableau V- 4: Calcul de terrassement.

Paramètres	Ø (m)	B (m)	H (m)	L(m)	Déblai (m ³)	Remblai (m ³)
Conduite	0,125	0,725	0,925	640	429,2	421,4
Principale	0,15	0,75	0,95	275	195,9	191,1
Les portes rampes	0,04	0,64	1.2	1680	903,2	901,1
Conduite d'adduction	0,3	0,9	1,1	243.4	241,0	223,8
					1769,3	1737,3

Donc

Pour le déblai : $F_{deb} = 1769,3 \times 400.00 = 707\ 708.60DA$

Pour le remblai : $F_{rem} = 1737,3 \times 400.00 = 694\ 903.20DA$

Total 04 =1 402 611.8DA

V.4 .2 Estimation des déférents travaux:

Désignation	Montant (DA)
Plantation palmiers dattiers	3 648 000.00
Plantation palmiers dattiers	806 400.00
Installation réseau Goutte à Goutte	90 000.00
Installation de conduit principal et gravitaire	220 000.00
	4 764 400.00

Total 05 =4 764 400.00DA

Dans notre projet de reseau d'irrigation le cout totale de projet est de =

19 460 433.80 DA



CONCLUSION GENERALE



CONCLUSION GENERALE:

La commune d'EL ATTEUF se caractérise par un bioclimat de type saharien qui est hyper aride, avec une pluviométrie annuelle insuffisante de 66 mm et une évaporation mensuelle très intense jusqu'à 422 mm/mois. Ces conditions climatiques sont défavorables au développement de la végétation et des cultures.

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et d'autres usages municipaux.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station sont d'une qualité favorable permettant de les utilisées dans le domaine agricole (l'irrigation), après les avoir stockées ou préalable dans des bassins, et qu'elles ne présentent aucun danger sur le milieu récepteur.

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre en compte pour les calculs et suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatique et agro pédologiques.

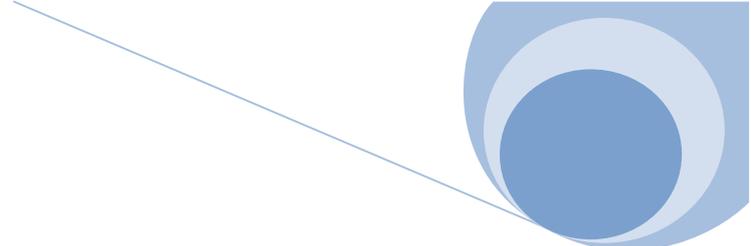
La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de PENMAN et nous avons trouvé que la meilleure technique d'irrigation des arbres (Palmiers et Abricotiers) du point de vue économique et topographique est l'irrigation localisée.

En fin nous avons procédé au dimensionnement du réseau d'irrigation en calculons tous les paramètres caractérisant ce dernier à savoir, les débits, les diamètres et les pertes de charge, et par la suite nous avons effectué une étude économique afin de déterminer le coût global du projet qui s'est avéré convenable pour une telle réalisation.

Afin d'éviter tous problèmes qui puissent porté atteinte à la santé publique nous recommandons de faire une surveillance minutieuse de la qualité des eaux usées traitées avant qu'elle ne soit injectée dans le réseau d'irrigation et ce par des contrôles périodiques au niveau des établissements et organismes habilités.

REFERENS BIBLIOGRAPHIQUE

- (1) : **(A N R H)** Bulletin climatologique de la station de(GHARDAÏA) (1982-2012) Service archives GHARDAIA- ALGERIE
- (2) : **(O N M)** Bulletin climatologique de la station de(GHARDAÏA).2012
- (3) : **(BULLETIN DE FAO N°36)** :l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO. Rome .1983 P 219
- (4) : **(KULKER)**: La maîtrise de l'irrigation sous pression, aspersion et goutte à goutte. Edition NATHAN. Paris 1988 p (61-62)
- (5) : **(MICHEL DUCROCQ)** : Les bases de l'irrigation, technique et documentation, Lavoisier, Paris. Editions scientifiques universitaires. Liban. 1982 p(82-125)
- (6) : l'Avant Projet Détaillé du système de traitement des eaux usées. Lausanne, le 10 février 2000:
- 4063-RN027; (Rapport de synthèse des données concernant l'assainissement),
 - 4063-RN039; (Rapport d'étude de variantes du système de traitement),
 - 4063-RN095; (Rapport de filière d'épuration retenue)
-



ANNEXES



ANNEXE 01

ANNES	SERIE DES PLUIES (mm)	ANNES	SERIE DES PLUIES (mm)
1982	80	1998	19
1983	12	1999	115
1984	77	2000	42
1985	48	2001	45
1986	107	2002	93
1987	58	2003	100
1988	65	2004	165
1989	33	2005	60
1990	127	2006	72
1991	67	2007	89
1992	74	2008	193
1993	28	2009	203
1994	152	2010	37
1995	62	2011	55
1996	72	2012	30
1997	112		

La série des pluies moyennes annuelles du 1982 jusqu'a 2012 pour la station de GHARDAIA

ANNEXE 02

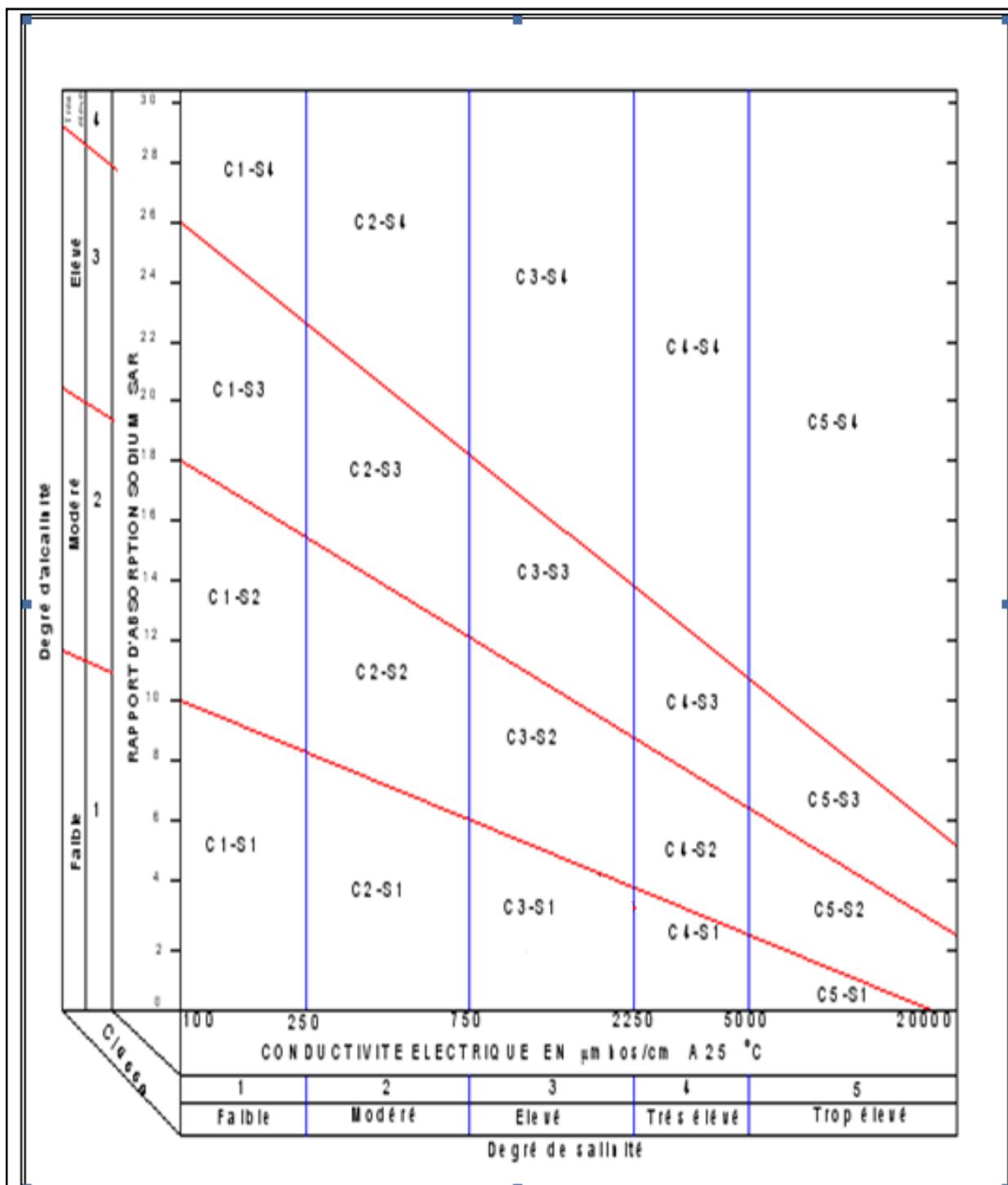


Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'USSL (1954)

ANNEXE 03

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND $ET_{cult} = 5-6$ mm/jour					
Culture	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹		
			T.fin	T.moyenne	T.grossière
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Trèfle	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Datte	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournesol ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - init.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
lard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	50

¹ Quand $ET_{cult} < 3$ mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand $ET_{cult} > 8$ mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1972), Salter et Goodc (1967), Rijtema (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).

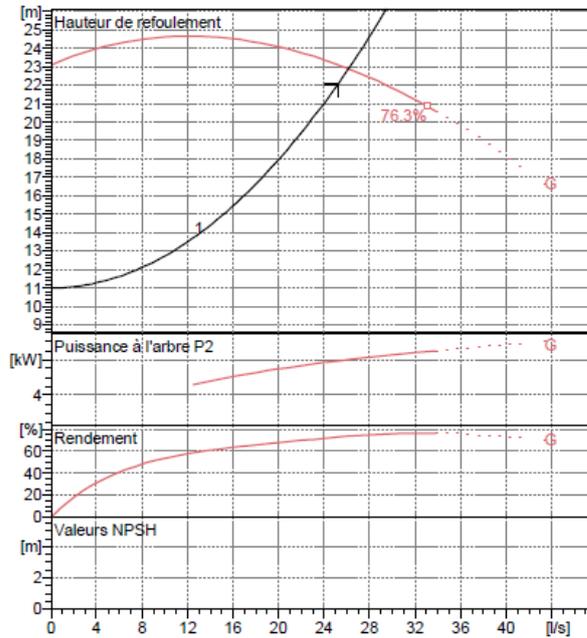
ANNEXE 4



Modena - Italy

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001

MEC-A 4/100G	
Caractéristiques requises	
Débit	25.2 l/s
Hauteur de refoulement	22 m
Fluide	Eau potable
Température	20 °C
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	26.1 l/s
Hauteur de refoulement	22.9 m
Puissance absorbée	8 kW
Rendement	73.5%
Hauteur manométrique H(Q=0)	23.1 m
Orif. de refoulement	100 mm
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	9 kW
Courant nominal	- A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 55
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	15
Température maxi. du liquide pompé	90 °C
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	0.998 kg/dm ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	193 kg
Matériaux	
Corps de pompe	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Chaise -palier	Fonte
Roue	Fonte
Arbre	Acier traité
Douille arbre	Acier chromé
Roulements a billes	Acier
Presse-Etoupe	Fonte
Etoupe	Tresse graphitée

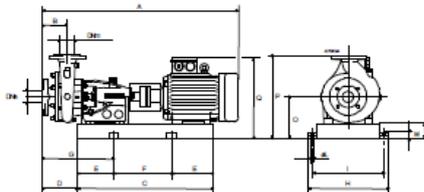


Caractéristiques de fonctionnement UNIVISO 2548/C

Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
25.2	23.1	7.86	72.8	8.66

Dimensions mm

- A = 1162
- B = 160
- C = 863
- D = 232
- DNa = 125
- DNm = 100
- E = 150
- F = 563
- G = 382
- H = 400
- I = 350
- L = 20
- M = 42
- N = 100
- O = 300
- P = 675
- Q = 494



Notes:

Date 07.09.2013	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------