

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE DE GHARDAIA

N° d'ordre :
N° de série:

**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Science de L'eau et de L'environnement

PAR :

M^{elle}: TINA OUMELKHEIR

THEME:

***Etude d'un périmètre d'irrigation à Kef Doukhane, à partir des eaux
épurées de la station d'épuration d'EL-Atteuf à Ghardaïa***

Soutenu publiquement le : 02 / 06 / 2015

Jury:

M^f: OULED BELKHEIR C.	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Président
M^{elle}: BABA AMER Z.	Maitre Conférence A	Univ. Ghardaia	Examinatrice
M^f: BOUBELLI S.	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Examineur
M^f: BENADDA L.	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Encadreur
M^f: CHOUIREB M.	Doctorant Hydraulique	Univ. Laghouat	Co-encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2014/2015

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et
qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien,
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études.*

*A tous mes chères frères Kassem, Tarek, Chamssou, & mes chères
sœurs Zineb et Massouda.*

A toute ma grande Famille particulièrement ma tante Safia,

*A mes très chères amies Saïda, Zineb, Sihem, Selma, et Faïza pour
leurs aides et encouragements.*

A Tous ceux que j'aime et je respecte.

Merci.

..... Oumelkheir.....



REMERCIEMENTS

Il est de mon devoir d'ouvrir ce mémoire à remercier tout d'abord DIEU le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement à réaliser ce mémoire et pendant mes études à l'université de GHARDAIA.

Je voudrais en particulier remercier :

M. BENADDA Lotfi, pour l'encadrement, l'aide, l'encouragement et la sympathie qu'il m'a donné. Grâce à ses conseils, j'ai pu terminer et compléter mes travaux,

M. CHOUIREB Mustapha, mon co-encadreur, ingénieur à la direction d'hydraulique de GHARDAIA, qui m'a aidé chaleureusement et m'a donné beaucoup de conseils et de bonnes critiques sur mon travail.

Mr. OULED BELKHEIR Cheikhi, d'avoir accepté de présider ce mémoire, ainsi que M^{me} BABA AMER Zohra et M. BOUBELLI Salim d'avoir pris la peine pour examiner et de juger ce travail.

Je remercie aussi tous les autres personnels de la direction pour leurs aides et leur sympathie.

M. FARADJ Chikfi, étudiant master écologie pour leur aide.

Je voudrais aussi adresser mes sincères remerciements à tous les enseignants de notre département pour les cours intéressants qu'ils m'ont donné pendant mon cursus universitaire. Je n'oublie pas de remercier aussi tous le personnel de l'université de GHARDAIA qui m'ont apporté leur aide.

Depuis mes premiers jours dans ce département, j'ai reçu beaucoup d'aides, de conseils et d'encouragements de mes collègues, en particulier ceux de la promotion de la spécialité « eaux et environnement » 2014/2015. Tout cela m'a permis de mûrir chaque jour. Je les remercie et je ne pourrais jamais oublier les souvenirs que j'ai passé avec eux durant ces cinq ans à l'université.

Enfin, un grand merci à mes parents, mes frères, mes sœurs et les autres membres de ma famille de m'avoir énormément encouragé et soutenu le long de ma vie.

..... Omelkheir.....

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....		2
CHAPITRE 01 : ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE		
1.1	INTRODUCTION	5
1.2	SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	5
1.3	ASPECT GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	6
1.3.1	ASPECT GEOLOGIQUE DE KEF DOUKHANE.....	7
1.4	APERCU HYDROLOGIQUE	7
1.5	RESSOURCES EN EAU	8
1.5.1	EAUX DE SURFACE.....	9
1.5.2	EAUX DE SOUTERRAINES	9
1.5.2.1	NAPPE PHREATIQUE	9
1.5.2.2	NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE.....	9
1.6	ETUDE CLIMATIQUE	10
1.6.1	TEMPERATURE	10
1.6.1.1	TEMPERATURES MOYENNE MENSUELLES	10
1.6.1.2	TEMPERATURES MOYENNE MINIMALES	10
1.6.1.3	TEMPERATURES MOYENNE MAXIMALES.....	11
1.6.2	PLUVIOMETRIE.....	12
1.6.2.1	PRECIPITATIONS MOYENNE ANNUELLES.....	12
1.6.2.2	PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES	12
1.6.2.3	PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES.....	13
1.6.2.4	PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES FREQUENTIELLES	14
1.6.2.5	CALCUL DE L'INTENSITE PLUVIALE	14
1.6.2.6	CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION	15
1.6.3	HUMIDITE.....	16
1.6.4	EVAPORATION.....	17
1.6.5	VENTS	17
1.6.6	INSOLATION	18
1.6.7	CLASSEMENT DU CLIMAT	18
1.6.7.1	QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE « D'EMBERGER ».....	18
1.6.7.2	INDICE D'ARIDITE DE « E. MARTONNE »	19

1.6.7.3	DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN	21
1.8	AGRICULTURE	22

CHAPITRE 02 : ERRIGATION A PARTIR DE LA STEP D'EA- ATTEUF

1.1.	INTRODUCTION	24
1.2.	PRESENTATION DE LA STEP D'ELATTEUF	24
2.2.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	24
2.2.2	CARACTERISTIQUE DE LA STEP D'EL-ATTEUF.....	25
2.2.3	PRINCIPE DE TRAITEMENT.....	25
2.2.3.1	PRE-TRAITEMENT	25
2.2.3.2	TRAITEMENT SECONDAIRE	26
2.2.3.3	TRAITEMENT DES BOUES	26
2.2.3.4	SORTIE DES EAUX EPUREES	26
2.2.4	IMPACT DE LA STEP D'EL-ATTEUF	27
2.3.	IRRIGATION A PARTIR LES EAUX USEES EPUREE	27
2.3.1	QUALITE DES EAUX DE LA STEP D'EL-ATTEUF.....	28
2.3.2	PARAMETRE DE QUALITE DES EAUX USEES	28
2.3.4.1	PARAMETRES ORGANOLEPTOQUES	28
2.3.4.2	PARAMETRES PHYSIQUES	28
2.3.4.3	PARAMETRES CHIMIQUES	29
2.3.4.4	PARAMETRES BIOLOGIQUES	31
2.3.4.5	AUTRES INDICATEURS	31
2.3.4.6	ELEMENTS TOXIQUES	32
2.3.3	RESULTATS D'ANALYSES	32
2.4.	LES RISQUES LIES A L'IRRIGATION A PARTIR LES EAUX EPUREES	34
2.4.1	RISQUE MICROBIOLOGIQUE	34
2.4.2	RISQUE CHIMIQUE.....	34
2.4.2.1	RISQUE ENVIRONNEMENTAL.....	34
2.5.	NORMES DE REJETE POUR L'IRRIGATION.....	34
2.6	PEDOLOGIE DES SOLS	35
1.6.1	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL.....	35

1.6.1.1	EAU DANS LE SOL.....	36
1.6.2	ECHANTILLONNAGES ET ANALYSES	37
1.6.2.1	CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE ET ANALYTIQUE DU PROFIL	37
1.6.2.2.	ANALYSE DES ECHANTILLONS DU SOL	38
1.6.2.3.	CALCUL DES PARAMETRES DE L'APTITUDE DU SOL AUX CULTURES.....	39
1.6.3	RSERVE UTILE (RU)	39
1.6.4	RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU).....	40
1.6.5	ASSOLEMENT ET CHOIX DES CULTURES	40
1.8.	SYNTHESE.....	42

CHAPITRE 03 : SYSTEME D'ARROSAGE ET BESOIN EN EAU

3.1.	INTRODUCTION	43
3.2.	SYSTEME D'ARROSAGE	43
3.2.1.	IRRIGATION GRAVITAIRE.....	43
3.2.1.1.	L'ARROSAGE PAR RUISSELEMNT (PAR PLANCHE OU PAR CALANT)	43
3.2.1.2.	L'ARROSAGE PAR INFILTRATION (PAE RIGOLES)	44
3.2.1.3.	L'ARROSAGE PAR SUBMERSION	44
3.2.2.	L'IRRIGATION PAR ASPERSION.....	45
3.2.3.	L'IRRIGATION LOCALISEE OU MICRO-IRRIGATION.....	45
3.2.4.	LA PLASTICULTURE	47
3.3.	BESOINS EN EAU ET DEFICIT AGRICOLE.....	48
3.3.1.	DEFINITION.....	48
3.3.2.	EVAPOTRANSPIRATION	48
3.3.2.1.	L'EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE	48
3.3.2.2.	L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE	48
3.3.2.3.	L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE.....	49
3.3.3.	METHODE D'EVALUATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION [16].....	49
3.3.3.1.	METHODE DIRECTES.....	49
3.3.3.2.	METHODE INDIRECTES	49
3.3.4.	CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION	50
3.3.5.	DEFICIT AGRICOLE.....	53

3.3.6.	BESOINS EN EAU DES CULTURES	53
3.4.	REGIME D'IRRIGATION DES CULTURES AGRICOLES.....	54
3.4.1.	MODE DE DISTRIBUTION	55
3.4.1.1.	DISTRIBUTION CONTINUE.....	55
3.4.1.2.	DISTRIBUTION PAR ROTATION	55
3.4.1.3.	DISTRIBUTION A LA DEMANDE	55
3.4.2.	CHOIX DU MODE DE DISTRIBUTIONS	55
3.5.	CHOIX DU MODE D'IRRIGATION.....	56
3.5.1.	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'IRRIGATION GRAVITAIRE	56
3.5.2.	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'IRRIGATION PAR ASPERSION	56
3.5.3.	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE	57
3.6.	PARAMETRES D'ARROSAGE	58
3.6.1.	DOSE MAXIMALE THEORIQUE.....	58
3.6.2.	DOSE PRATIQUE D'ARROSAGE (DP).....	58
3.6.3.	ESPACEMENT D'ARROSAGE (NI)	58
3.6.4.	DOSE REELLE (DR).....	58
3.6.5.	MODULE (M).....	59
3.6.6.	DEBIT FICTIF CONTINU	61
3.6.6.1.	IRRIGATION GRAVITAIRE.....	62
3.6.6.2.	IRRIGATION PAR ASPERSION	62
3.6.6.3.	IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE	63
3.6.7.	DUREE D'ARROSAGE (T).....	65
3.6.7.1.	IRRIGATION GRAVITAIRE.....	65
3.6.7.2.	IRRIGATION PAR ASPERSION	65
3.6.7.3.	IRRIGATION LOCALISEE	65
3.6.8.	VOLUME D'EAU MOBILISE.....	66
3.7.	SYNTHESE.....	59
 CHAPITRE 04 : DIMENSIONNEMENTS DE RESEAU D'IRRIGATION		
4.1.	INTRODUCTION	71
4.2.	LA TETE MORTE	71
4.2.1.	PRISE DU STEP ET STATION DE PREFILTRATION	72

4.2.2.	ADDUCTION : STATION PREFILTRATION – BASSIN DE STOCKAGE	73
4.2.3.	BASSIN DE STOCKAGE	73
4.2.4.	ADDUCTION : BASSIN DE STOCKAGE – RESEAU	74
4.3.	LE RESEAU PRINCIPAL D'IRRIGATION.....	74
4.4.	CALCUL DE DIMENSIONNEMENT	76
4.5.	RESULTAT DE CALCUL.....	76

CHAPITRE 05 : ASSAINISSEMENT AGRICOLE

5.1.	INTRODUCTION	79
5.2.	DRAINAGE DES EAUX SUPERFICIELLES PAR COLATURES.....	79
5.3.	DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES EXCEDENTAIRES	80
5.3.1.	TARISSEMENT ET ECARTEMENT DES DRAINS EN DESSUS DE SUBSTRATUM	80
5.3.2.	DRAINAGE PAR GEOTEXTILE	82
5.3.3.	DRAINAGE PAR DRAINS EN TUYAUX PERFORES.....	83

CHAPITRE 06 : ASSERVISSEMENT DES RESEAUX D'IRRIGATION

6.1.	INTRODUCTION	86
6.2.	DETECTION DU STRESS HYDRIQUE DE LA PLANTE.....	86
6.2.1.	LES TENSIOMETRES	87
6.2.1.1.	PRINCIPE DE MESURE	88
6.2.1.2.	CONSTITUTION D'UN TENSIOMÈTRE	88
6.2.1.3.	FONCTIONNEMENT DU TENSIOMETRE.....	89
6.2.1.4.	PRÉPARATION DES APPAREILS	90
6.2.1.5.	MISE EN PLACE DES TENSIOMÈTRES	91
6.2.2.	CONTROLE DE L'EVOLUTION DE L'EAU DANS LE SOL.....	93
6.2.3.	LES PROGRAMMATEURS	94
6.2.4.	LES VANNES AUTOMATIQUES	95
6.3.	CONCLUSION	96
	CONCLUSION GENERALE	98
	BIBLIOGRAPHIE.....	101
	ANNEXES	105

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 Situation géographique de La wilaya de Ghardaïa	5
Figure N°2 Situation géographique du périmètre de Kef Doukhane	6
Figure N°3 Coupe géologique schématique de la région du M'Zab	7
Figure N°4 Réseau hydrographique de la région du M'Zab	8
Figure N°5 Températures moyenne mensuelles (période 2004-2014)	10
Figure N°6 Variation des précipitations moyennes annuelles	11
Figure N°7 Variation mensuelle des précipitations	12
Figure N°8 Variation des précipitations maximales journalières	13
Figure N°9 Variation mensuelle des précipitations	16
Figure N°10 Variation de l'évaporation moyenne mensuelle	16
Figure N°11 Rose des vents de Ghardaïa	17
Figure N°12 Variation de l'ensoleillement moyen mensuel	17
Figure N°13 Climagramme d'emberger	18
Figure N°14 Diagramme ombrothermique de Gaussen	20
Figure N°15 Situation géographique de la STEP d'EL-Atteuf	23
Figure N°16 Schéma explicatif de la STEP d'EL-ATTEUF	24
Figure N°17 Rejet finale de la STEP d'EL-Atteuf	25
Figure N°18 divers forme de l'eau dans le sol	36
Figure N°19 Prélèvement du sol	37
Figure N°20 L'arrosage par rigoles	45
Figure N°21 L'arrosage par submersion	45
Figure N°22 Types d'asperseurs	46
Figure N°23 Types de distributeurs	47
Figure N°24 Filtres	48
Figure N°25 : Injecteurs	48
Figure N°26 Implantation des asperseurs	64
Figure N°27 Forme de bulbe	65
Figure N°28 Schéma vertical	71
Figure N°29 vanne papillon	72
Figure N° 30 Canon arroseur de 30 ml de porté (0.2 bars)	74
Figure N° 31 Schéma d'alimentation du périmètre projeté	75
Figure N°32 Drainage par colatures	80

Figure N°33 Tarissement et écartement des drains	81
Figure N°24 Drainage par géotextile	83
Figure N°35 Drainage par tuyaux perforés.....	83
Figure N°36 Détection du stress	87
Figure N° 37 Constitution d'un tensiomètre.....	89
Figure N°38 Préparation d'un tensiomètre.....	91
Figure N°39 Mise en place des tensiomètres.....	92
Figure N°40 Principe de fonctionnement du pilotage de l'irrigation par tensiométrie	93
Figure N°41 Programmateur	95
Figure N°42 Vanne	95
Figure N°43 Montage de vannes automatique.....	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 Précipitations journalières maximales fréquentielles et pluies fréquentielles	15
Tableau N°2 Résultat du calcul des intensités pluviales.....	15
Tableau N°3 Résultats de calcul de l'indice climatique de Martonne	19
Tableau N°4 Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne .	20
Tableau N°5 Données des bases sur la STEP d'EL-Atteuf.....	26
Tableau N°6 Résultats d'analyse et leur comparaison avec la norme.....	32
Tableau N°7 Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)	34
Tableau N°8 Résultats des analyses de sol.....	38
Tableau N°9 Résultats d'analyse de la granulométrie	38
Tableau N°10 Choix de cultures et assolement.....	40
Tableau N°11 RU et RFU	40
Tableau N°12 Résultat de calcul d'Etp par la formule de TURC	52
Tableau N°13 Résultat de calcul d'Etp par la formule de THORNTHWAITE	52
Tableau N°14 Résultat de calcul d'ETP par la formule de BLANEY-CRIDDLE	53
Tableau N°15 Récapitulation des calculs de l'ETP (en mm)	53
Tableau N°16 Déficit agricole et besoins en eau	55
Tableau N°17 Choix du système d'arrosage	59
Tableau N°18 Paramètre d'arrosage pour l'arboriculture (Palmier Dattier)	60
Tableau N°19 Paramètre d'arrosage pour l'arboriculture (Olivier)	60
Tableau N°20 Paramètre d'arrosage pour la Céréaliculture (Luzerne)	61
Tableau N°21 Paramètre d'arrosage pour le Maraîchère (Courge)	61
Tableau N°22 Durée d'arrosage pour chaque culture	67
Tableau N°23 QFC et volume d'eau mobilisé (Aspersion)	68
Tableau N°24 QFC et volume d'eau mobilisé (Gravitaire)	68
Tableau N°25 QFC et volume d'eau mobilisé (Localisé)	69
Tableau N°27 Caractéristiques de la conduite d'adduction Station préfiltration et bassin de stockage	73
Tableau N°28 Dimensionnement le Réseau	77

Tableau N°29 Calcul d'écartement entre les grains	84
Tableau N° 30 Préparation d'un tensiomètre	91

LISTE DES ABREVIATION

CE	: Conductivité Electrique
CF	: Coliforme Fécaux
CI	: Continental Intercalaire
CT	: Coliforme Totaux
DBO	: Demande Biochimique en Oxygène
DCO	: Demande Chimique en Oxygène
DREW	: Direction des Ressources en Eau de Wilaya
EU	: Eaux Usées
EUT	: Eaux Usées Traitées
ETP	: Evapotranspiration potentielle
JORA	: Journal Officiel de la République Algérienne
KC	: Coefficient Cultural
MES	: Matières En Suspension
MO	: Matière Organique
MFE	: Ministère Français de l'Environnement
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PH	: Potentiel d'Hydrogène
PVC	: Poly Chlorure de vinyle
RU	: Réserve Utile
RFU	: Réserve Facilement Utilisable
STEP	: Station d'Epuration
TM	: Température Maximale
Tm	: Température Minimale
QFC	: Débit Fictif Continu

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis longtemps les précipitations, plus particulièrement les pluies, ont été la source principale, essentielle et économique ressource en eau pour l'agriculture ; or cette ressource n'est pas régulière ; alors l'homme, pour satisfaire sa demande, a pensé toujours à des moyens lui permettant la régulation de cette demande selon les besoins de ses cultures (Hocine, 2010).

Cette demande en eau et la sécheresse associées ont causé une diminution de quantité et la qualité des eaux souterraines. La pénurie de ressources hydriques superficielles a entraîné, pendant les dernières années, une exploitation intensive des nappes souterraines, ce qui a produit de fortes baisses de niveaux phréatiques. (Ouisaliha, 2012)

Le secteur de l'agriculture est le secteur d'activité le plus exposé à la variabilité du climat (Hocine, 2010), et avec notre climat variant entre l'aride et le semi-aride, une qualité des eaux et des sols non encourageante.

La dégradation des ressources naturelles (eau, sol) pourraient être aggravées par les changements climatiques. Un stress thermique supplémentaire réduira les rendements d'une manière significative, surtout dans notre zone d'étude où le climat est saharien, les cultures sont déjà près de leur tolérance thermique maximale, et le régime des précipitations et le cycle hydrologique seront affectés. Où la région exposées à la sécheresse risquent de connaître des périodes sèches plus longues et plus rigoureuses ce qui provoquera une diminution de l'humidité des sols et une érosion accrue.

Dans notre étude en utilise une nouvelle ressource d'eau qui peut couvrir les besoins agricoles et minimiser le gaspillage des eaux souterraines dans cette zone aride, à savoir les eaux épurées des stations d'épuration.

Ainsi, le travail que nous présentons est une étude d'un périmètre d'irrigation à Kef Doukhane, à partir des eaux épurées de la STEP d'EL Atteuf.

Ce mémoire est scindé en cinq chapitres, en l'occurrence :

- ❖ Le premier chapitre, étude des conditions physiques, auquel nous traitons les paramètres du milieu (climat, sol, eau) ;
- ❖ Le deuxième chapitre présente une description sur la réutilisation des eaux de la STEP d'El-Atteuf et l'aptitude des sols de Kef Doukhane pour l'implantation d'un périmètre agricole dans la région ;
- ❖ Le troisième chapitre présente la théorie des systèmes d'arrosage, et l'estimation des besoins en eau, pour l'assolement choisi à notre périmètre agricole ;
- ❖ Le quatrième chapitre est consacré au dimensionnement du réseau d'irrigation, avec l'application des différents systèmes d'irrigation..
- ❖ Le cinquième chapitre traite sommairement l'assainissement agricole et le moyen d'évacuer les eaux de saturation du sol, en dehors du périmètre étudié.
- ❖ Enfin, au sixième chapitre, nous présentons le moyen d'asservir les réseaux d'irrigation projetés, par automatisation et téléguidage, suivant le stress hydrique des cultures.

A la fin de notre travail, une conclusion générale résumant la synthèse de l'ensemble des efforts effectués, suivi d'un annexe contenant tous les détails pouvant enrichir ce document.

Pour rendre le travail plus performant nous le complétons par des planches résumant l'essentiel du document.

CHAPITRE 01

Etude du milieu physique

1.1 INTRODUCTION

L'élaboration des données concernant le milieu physique de la région d'étude fait appel à un certain nombre de disciplines spécialisées en géologie et hydrogéologie, climatologie, pédologie et ressources en eau, le but de ce chapitre est d'essayer à présente convenable et adéquat de notre zone d'étude (périmètre).

1.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La Wilaya de Ghardaïa, l'une des plus importantes Wilaya du sud de l'Algérie est assise sur une superficie de 86.560 km² (Saoucha, 2009).

Situé dans la partie septentrionale et centrale du Sahara entre 2° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord, le territoire de la Wilaya de Ghardaïa s'inscrit exclusivement dans l'espace saharien (dorsale du M'Zab, Hamada, Grand Erg Occidental,...).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset;
- Au Sud-ouest par la Wilaya d'Adrar ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh;

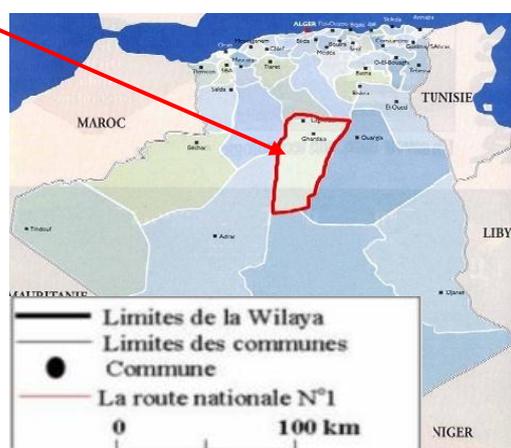
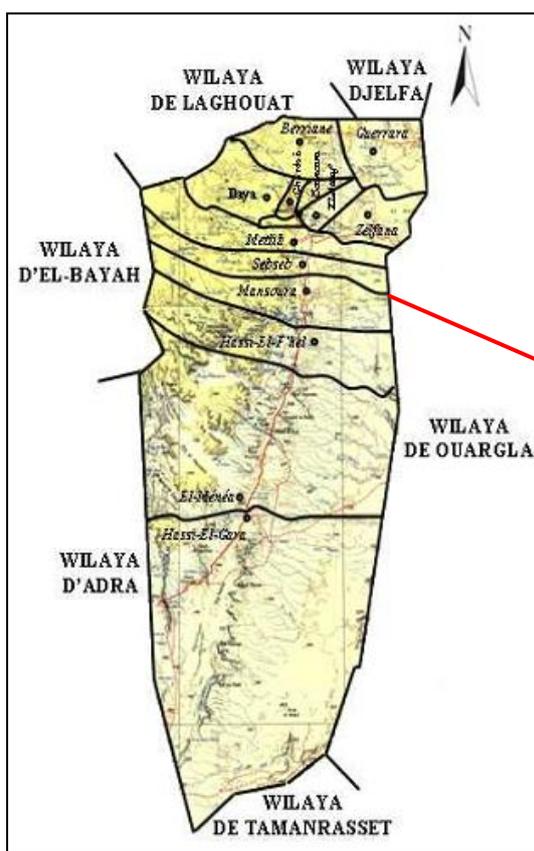


Figure N°1 Situation géographique de La wilaya de Ghardaïa (Zahouani, 2013).

Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984, elle dépendait de la wilaya de Laghouat, elle est composée de 09 Daïras et 13 communes (Saoucha, 2009).

Notre périmètre d'étude de Kef Doukhane est situé à environ 01 Km à l'aval (Sud-Est) de la station d'épuration d'EL-Atteuf, une des communes de la wilaya Ghardaïa (9 Km au Sud-Est de la wilaya) (Zahouani, 2013).

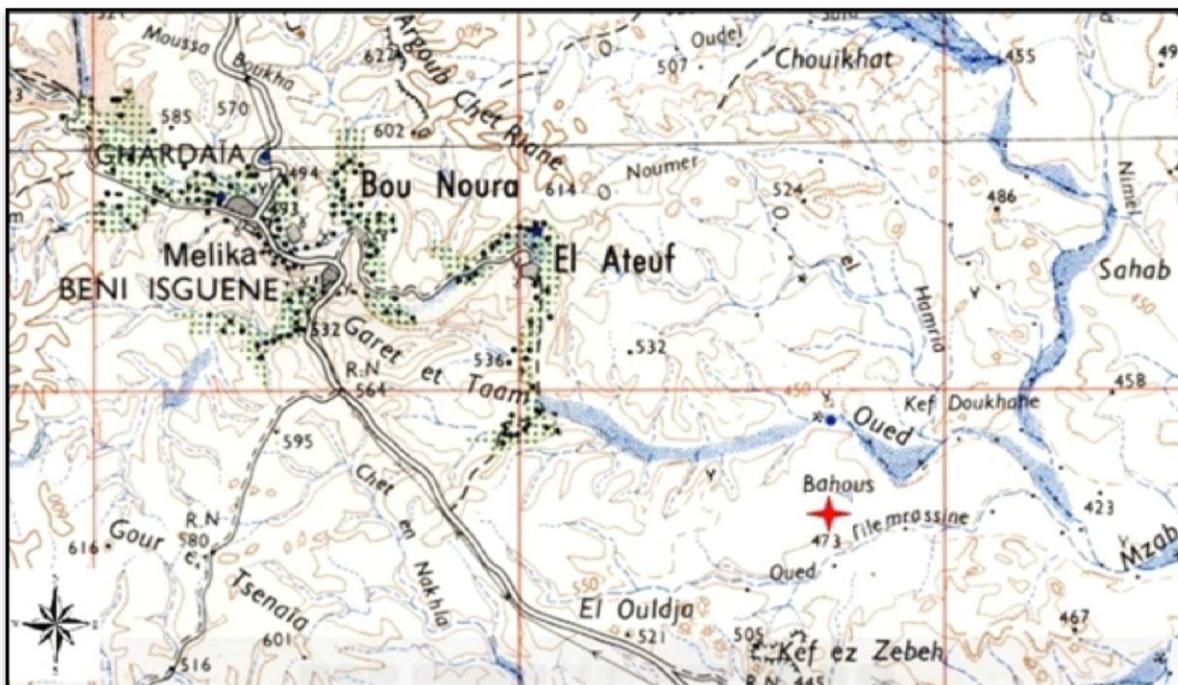


Figure N°2 Situation géographique du périmètre de Kef Doukhane (DREW)

1.3 ASPECT GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment " la dorsale du M'Zab". 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 (Messid, 2009).

L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Il 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'Inféro-flux (nappes phréatiques) (Messid, 2009).

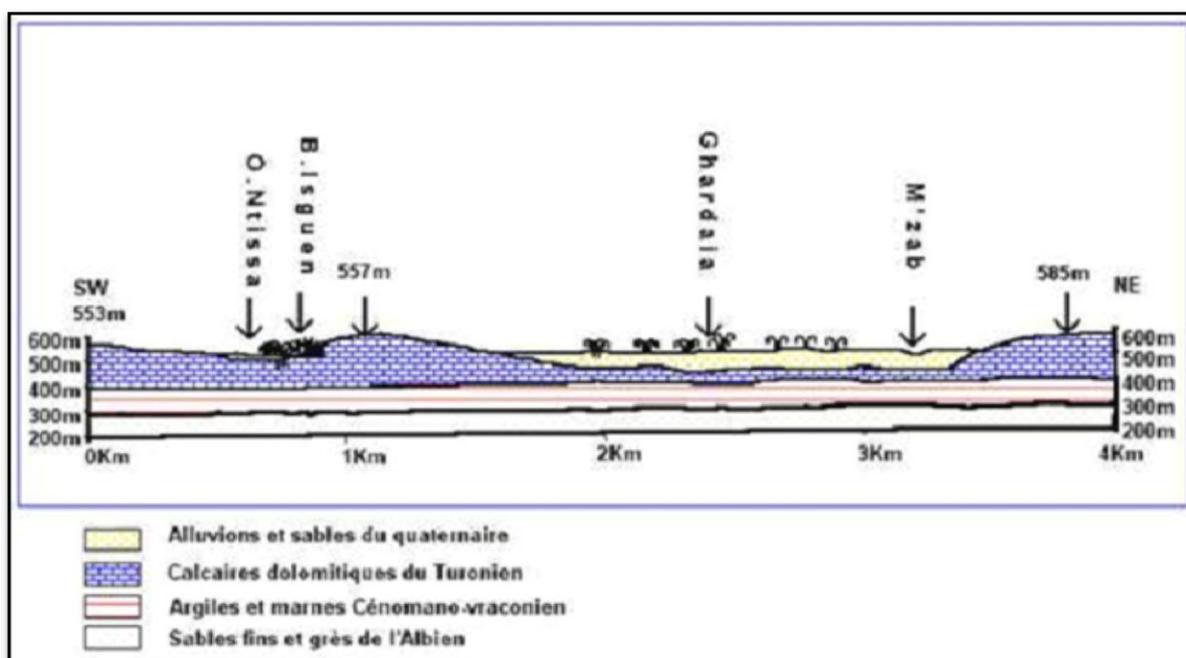


Figure N°3 Coupe géologique schématique de la région du M'Zab
(Messid, 2009).

1.3.1 ASPECT GEOLOGIQUE DE KEF DOUKHANE

La série type de la région étudiée se présente comme suit :

- ❖ Couverture sablo-limoneuse à caillouteuse rougeâtre d'âge quaternaire ;
- ❖ Sable éolien d'âge quaternaire au piedmont des collines rocheuses ;
- ❖ Alluvions grossières compactes d'âge quaternaire ;
- ❖ Alluvions récentes rougeâtres d'âge quaternaire ;
- ❖ Calcaire gréseux de la dorsale du M'zab, appelée barre turono-cénomaniene (LGB, 2010).

1.4 APERCU HYDROLOGIQUE

Ghardaïa est jalonnée par plusieurs Oueds dont les principaux : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir. Ils constituent

le bassin versant de la dorsale du M'zab (figure N°4), ils drainent en grande partie les eaux de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement est sporadique, il se manifeste à la suite des averses orageuses que connaît la région.

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 à chaque pluie exceptionnelle il y'a beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations (Messid, 2009).

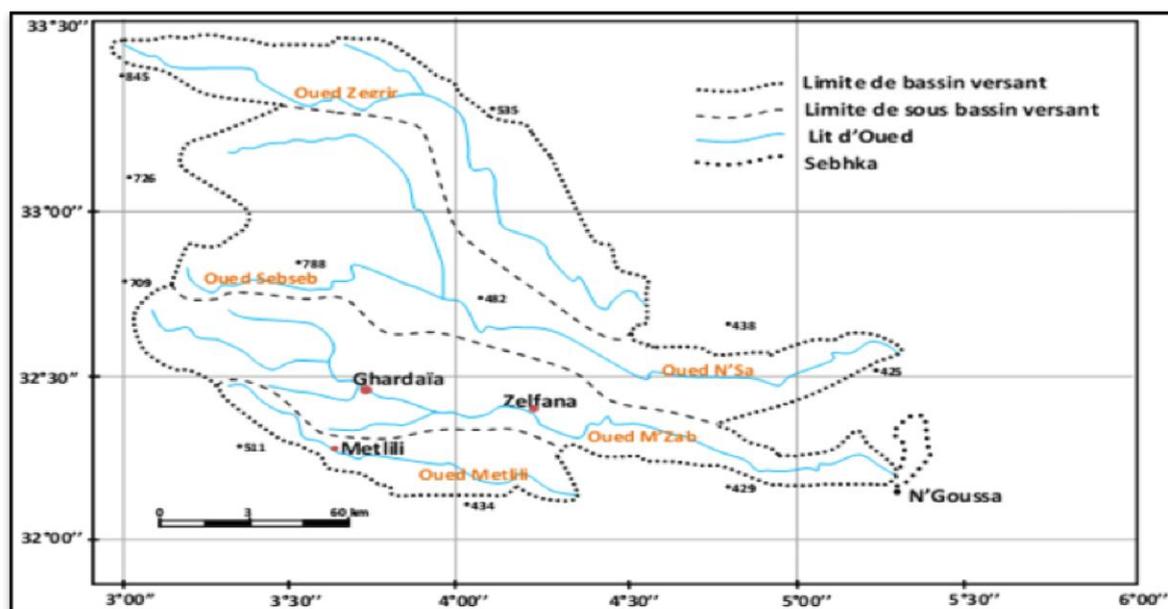


Figure N°4 Réseau hydrographique de la région du M'Zab (Messid, 2009).

1.5 RESSOURCES EN EAU

Les ressources hydrauliques de la Wilaya sont essentiellement souterraines. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant la région de Ghardaïa. Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat – Ghardaïa (Messid, 2009).

1.5.1 EAUX DE SURFACE

Les inondations créées par les crues des Oueds alimentent les nappes inféro-flux et irriguent les palmeraies par des digues (Messid, 2009).

1.5.2 EAUX DE SOUTERRAINES

1.5.2.1 NAPPE PHREATIQUE

D'une manière générale, la région est 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 les dattiers (Messid, 2009)..

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

La qualité chimique des eaux est comme suit :

- ❖ A l'amont, elle est bonne à la consommation ;
- ❖ A l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines.

1.5.2.2 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 CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, 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 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (Messid, 2009).

1.6 ETUDE CLIMATIQUE

Le climat de la wilaya est saharien, se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée.

1.6.1 TEMPERATURE

1.6.1.1 TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES

La figure N°5 montre la variation des Températures moyennes mensuelles de la série étudiée. On peut remarquer que la température moyenne annuelle autour de $22,67^{\circ}\text{C}$, la température moyenne la plus basse apparaît au mois de janvier avec $11,35^{\circ}\text{C}$, alors que la plus élevée se présente en juillet où elle atteint $35,32^{\circ}\text{C}$.

La saison chaude s'étend de mai à octobre, mois pendant lesquels les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle, alors que la saison froide s'étend de novembre jusqu'à mars. [Annexe N°1]

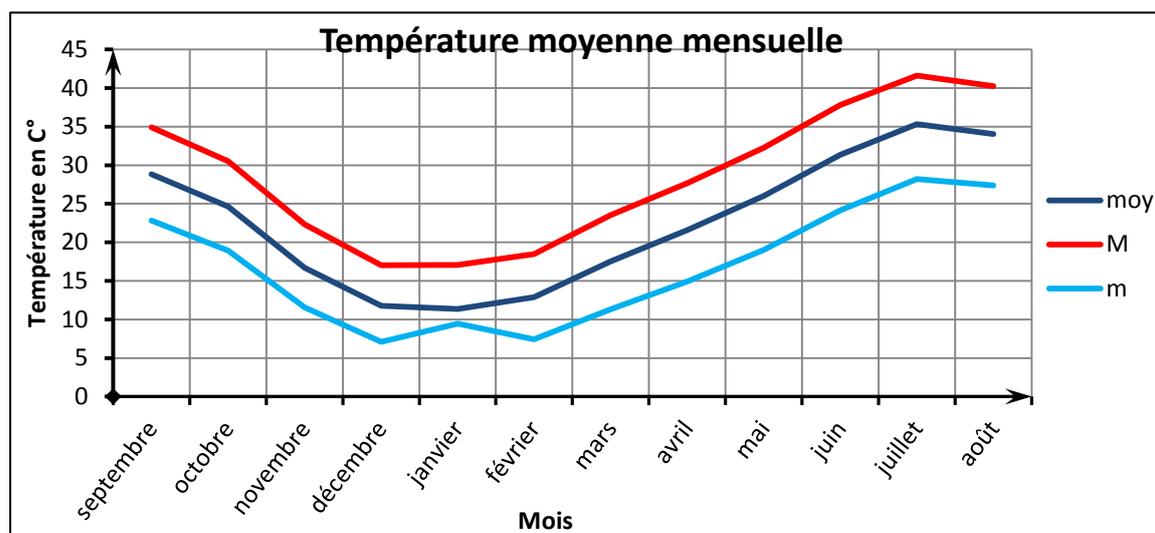


Figure N°5 Températures mensuelles (période 2004-2014)

1.6.1.2 TEMPERATURES MOYENNES MINIMALES

La figure N°5 montre la variation des Températures moyennes minimales de la série étudiée. On peut remarquer que la température moyenne minimale autour de $17,10^{\circ}\text{C}$, la température moyenne minimale la plus basse apparaît au mois de février avec $7,43^{\circ}\text{C}$, alors que la plus élevée se présente en juillet où elle atteint $28,19^{\circ}\text{C}$. [Annexe N°1]

1.6.1.3 TEMPERATURES MOYENNE MAXIMALES

La figure N°5 montre la variation des Températures moyenne maximales de la série étudiée. On peut remarquer que la température moyenne maximale autour de 28,62°C, la température moyenne maximale la plus basse apparaît au mois de janvier avec 17,04°C, alors que la plus élevée se présente en juillet où elle atteint 41,16°C. [Annexe N°1]

1.6.2 PLUVIOMETRIE

1.6.2.1 PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES

Selon les données statistiques, La variation des précipitations moyennes annuelles est représentée par la figure ci-dessous.

L'écart important entre les valeurs extrême qui est d'une valeur de $\Delta P=120.12$ mm, est un signe d'une irrégularité. La série étudiée donne une valeur moyenne des précipitations annuelles de : $P_{Moy} = 91.89$ mm. [Annexe N°1]

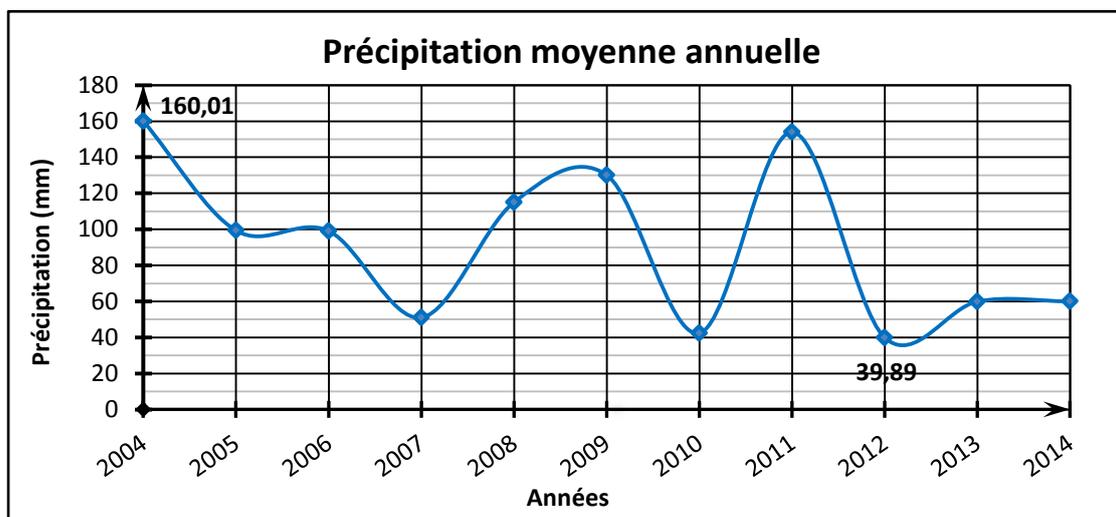


Figure N°6 Variation des précipitations moyennes annuelles

1.6.2.2 PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

Les valeurs pluviométriques moyennes mensuelles relatives à la série étudiée, traduisent clairement les variations mensuelles de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle.

Ainsi, on peut distinguer deux périodes distinctes : Une période très sèche qui correspond à la saison d'été (juin, juillet et août) caractérisée par

un déficit pluviométrique bien marqué et une période sèche qui correspond au reste de l'année.

D'autre part, le mois le plus pluvieux se situe en automne pendant le mois septembre. La période la plus sèche est représentée par juillet.

[Annexe N°1]

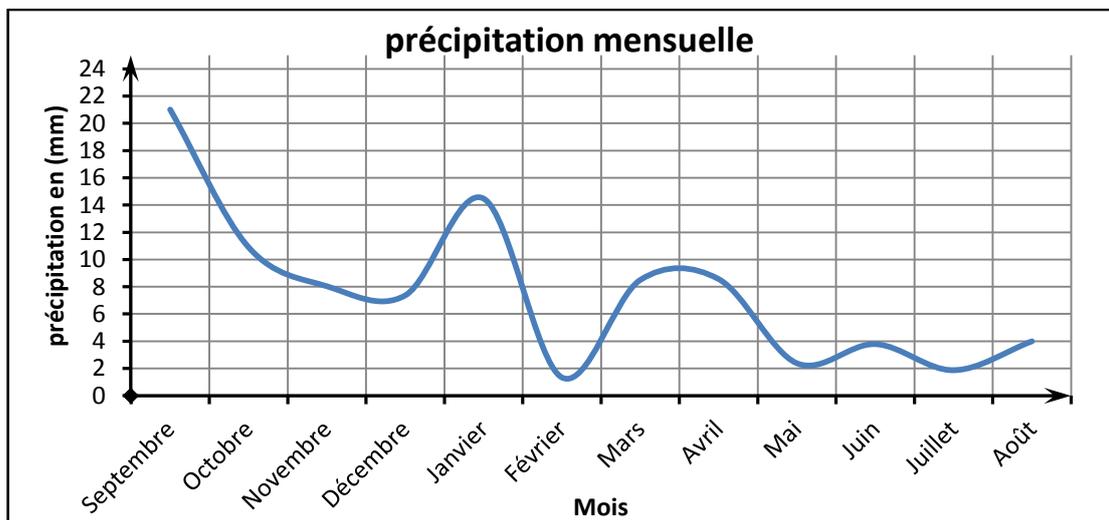


Figure N°7 Variation mensuelle des précipitations

1.6.2.3 PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES

Les valeurs pluviométriques maximales journalières relatives à la série étudiée, traduisent clairement les variations journalières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle.

On peut remarquer que la précipitation maximale la plus élevée est de 69,09 mm enregistrée en 2005, quant-à la précipitation maximale la plus faible est de 7,11 mm enregistrée en 2011. La précipitation max moyenne est de : $PJ_{Max}=23,27$ mm. [Annexe N°1]

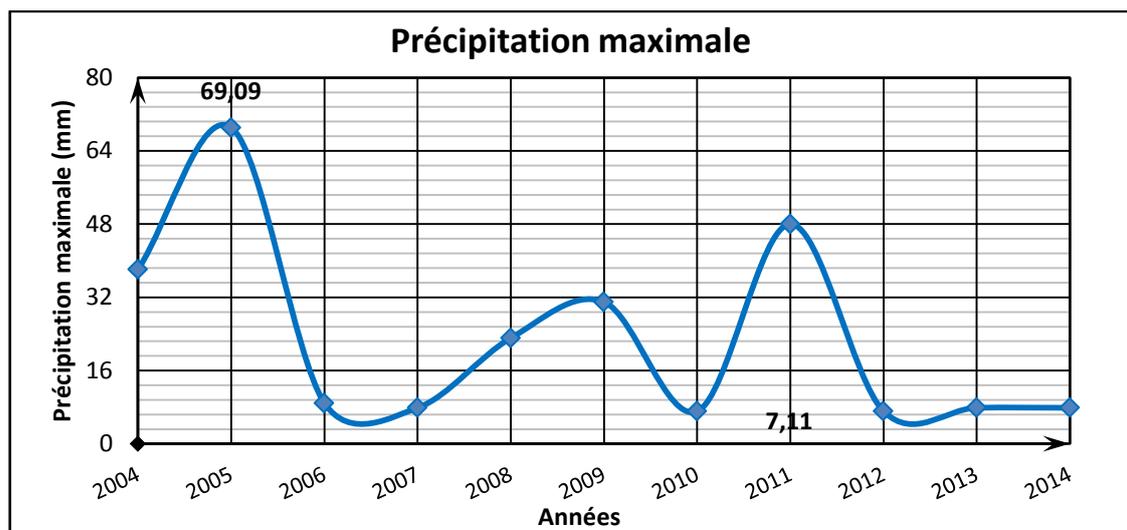


Figure N°8 Variation des précipitations maximales journalières

NOTATION. – Les calculs statistiques sont effectués à l'aide de l'Excel, en utilisant les séries pluviométriques de [Annexe 1], Les formules de base de calcul sont les suivantes (Tina, 2013):

- ❖ La moyenne : $P_{moy} = (\sum_{i=1}^N P_i)/N$
- ❖ L'écart type : $\delta_n = \sqrt{[\sum_{i=1}^N (P_i - P_{moy})^2]/N}$
- ❖ Le coefficient de variation : $C_v = \delta_n/P_{moy}$

Avec :

P_i : Précipitation en mm ;

N : Nombre d'années prises en considération.

1.6.2.4 PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES FREQUENTIELLES

La détermination de la pluie journalière maximale fréquentielle est primordiale pour la détermination par la suite de l'intensité pluviale et du débit hydrologique dans la région de Ghardaia à différentes périodes de retour. On peut l'estimer par la relation suivante (Tina, 2013):

$$P_j(\%) = \frac{P_j}{(C_v^2 + 1)^{0,5}} \cdot e^{u \cdot (\ln(C_v^2 + 1))^{0,5}}$$

Avec :

$P_j(\%)$: Pluie journalière maximale annuelle de fréquence donnée (%) en mm ;

P_j : Pluie journalière maximale annuelle moyenne en mm ;

C_v : Coefficient de variation de la série pluviométrique ;

u : Variable réduite de Gauss.

1.6.2.5 CALCUL DE L'INTENSITE PLUVIALE

Sous notre climat, les pluies journalières maximales annuelles sont modélisées par la loi Log normal qui permet de calculer les intensités maximales annuelles de durée t (en h) et de période de retour T (en an) (Tina, 2013).

$$I_p = P_f(t)/t \quad \text{Avec : } P_f(t_c) = a \times P_j(\%) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

Où :

t : Durée de pluie en heures ;

t_c : Temps de Concentration en heures ;

$P_f(t_c)$: Pluie maximale annuelle de durée t et de fréquence donnée f en mm ;

t_c : Temps de Concentration en Heures ;

a : Paramètre égal à 0,44 ;

b : Coefficient de l'exposant climatique de la station considérée ;

Le coefficient b est donné par : $b = 1 + \frac{\ln(\bar{P}_{jmax}/24) - \ln 25}{\ln 24 - \ln 0,5}$ d'où $b = 0,16$:

Où : \bar{P}_{jmax} est la moyenne des pluies journalières maximale (mm).

1.6.2.6 CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée "hydrologiquement" de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. En littérature on trouve plusieurs méthodes pour parvenir au temps de concentration (en minutes), on peut citer (Tina, 2013):

❖ D'après Kirpich : $t_c = 0,945 \cdot L^{1,115} / (H_{max} - H_{min})^{0,385}$

❖ D'après Bourier : $t_c = 4 \cdot (\sqrt[3]{S \cdot L} / \sqrt{H_{moy}})^{0,75}$

❖ D'après Giandotti : $t_c = (4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L) / 0,8 \cdot \sqrt{H_{moy}}$

Avec :

L : Longueur du talweg principal (=301,40 Km) ;

S : Surface du bassin versant (= 6114 Km²) ;

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant (=431,4m) ;

H_{max} : Altitude maximale du bassin versant (= 772 m) ;

H_{min} : Altitude minimale du bassin versant (= 124 m) ;

En considérant la moyenne générale des relations précédentes, le temps de concentration va être égale à : 24,30 h.

Les valeurs des pluies maximales et des intensités calculés sont résumées dans les tableaux suivants :

Tableau N°1 Précipitations journalières maximales fréquentielles et pluies fréquentielles

Pluie maximale annuelle et pluie fréquentielle						
Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Variable réduite de Gauss	0	0,84	1,28	1,64	2,05	2,32
Pj(%)	17,26	33,05	46,44	61,34	84,22	103,77
Pf(t)	7,61	14,57	20,47	27,05	37,13	45,75

Tableau N°2 Résultat du calcul des intensités pluviales

t (Heure)	Intensité (mm/Heure)					
Période de retour	2	5	10	20	50	100
0,5	15,22	29,14	40,95	54,09	74,27	91,51
1	7,61	14,57	20,47	27,05	37,13	45,75
2	3,81	7,29	10,24	13,52	18,57	22,88
4	1,90	3,64	5,12	6,76	9,28	11,44
6	1,27	2,43	3,41	4,51	6,19	7,63
12	0,63	1,21	1,71	2,25	3,09	3,81
24	0,32	0,61	0,85	1,13	1,55	1,91
48	0,16	0,30	0,43	0,56	0,77	0,95
72	0,11	0,20	0,28	0,38	0,52	0,64

1.6.3 HUMIDITE

Les données de la station météorologique de Ghardaïa montrent qu'il y a une période de sécheresse de mois de juin au mois de juillet et il y a une période humide qui est en automne et en hiver.

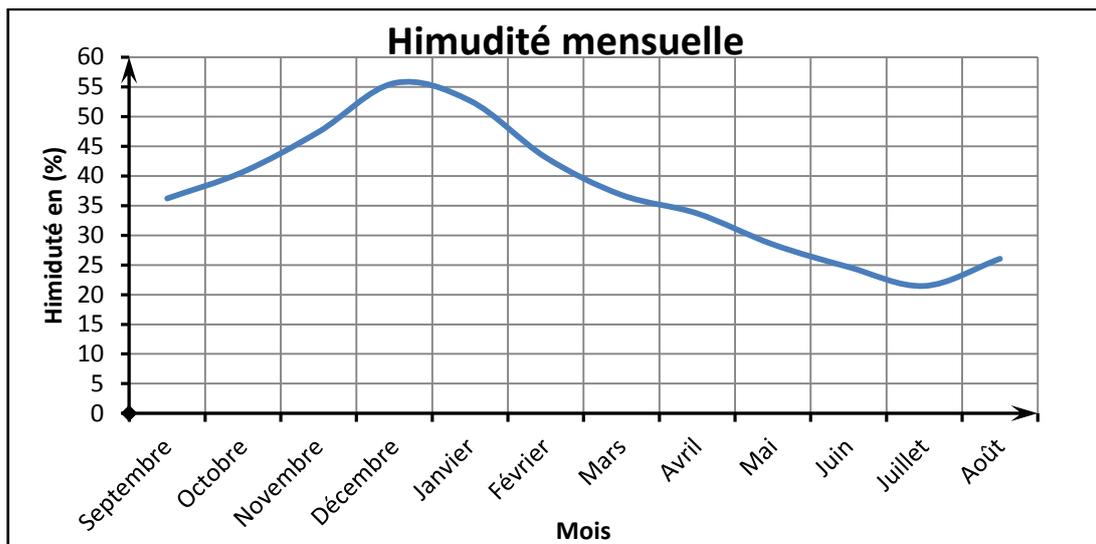


Figure N°9 Variation mensuelle des précipitations

1.6.4 EVAPORATION

La quantité d’eau évaporée dans la région de Ghardaïa est influencée par le degré de température et les vents et les précipitations, elle augmente quand ceux-ci augmentent et vice versa ;

On constate généralement des valeurs élevées (452,4mm) pendant les périodes chaudes (juin, juillet, août), les valeurs les moins élevées sont enregistrées au cours de mois de janvier ;

L’évaporation annuelle à la station de Ghardaïa est de l’ordre 3110mm. [Annexe N°1]

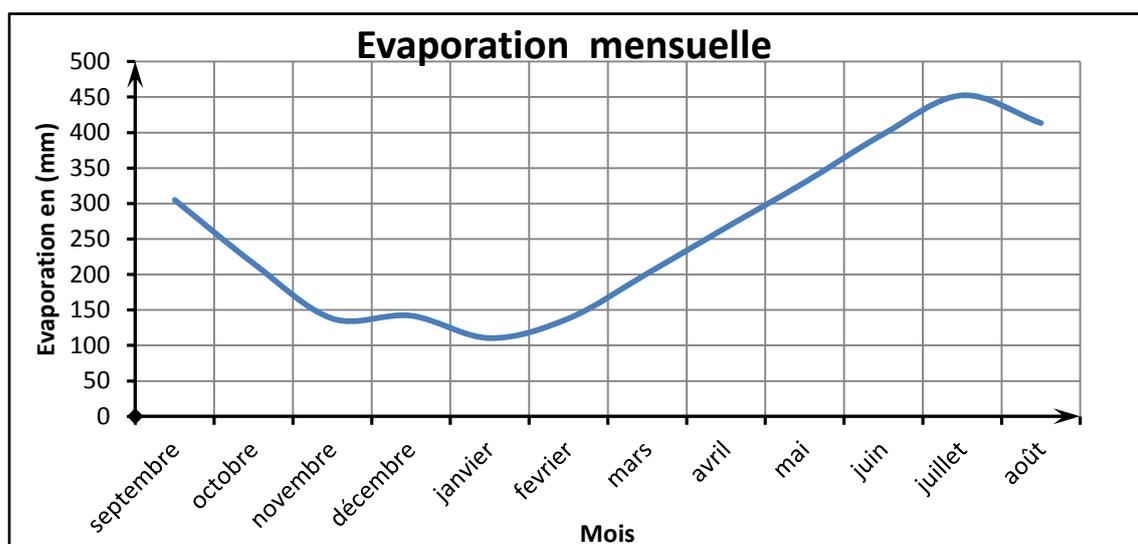


Figure N°10 Variation de l’évaporation moyenne mensuelle

1.6.5 VENTS

Les vents d'hiver sont froid sec humides de direction préférentielle NW et WNW, les vents d'été sont sec et chauds de direction préférentielle NE, les siroccos soufflent en moyenne 11 jours par an pendant la période qui va du mois de mai au mois septembre. Avec un pourcentage de vents calmes de 25,25 % (figure N°11)

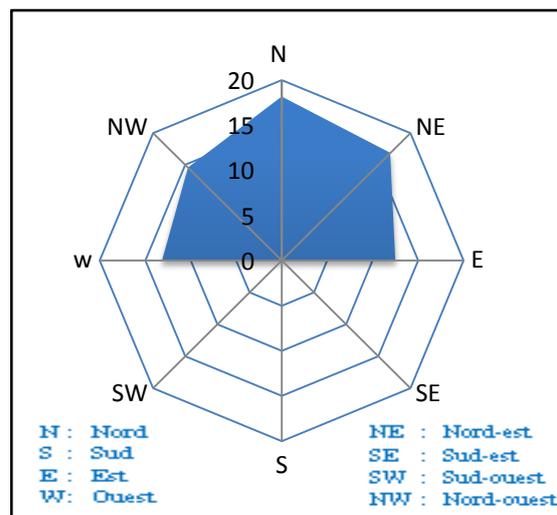


Figure N°11 Rose des vents de Ghardaïa.

La vitesse moyenne annuelle des vents est de 12,3 m/s le maximum est de l'ordre de 16 m/s. [Annexe N°1]

1.6.6 INSOLATION

Les valeurs mensuelles moyennes de l'ensoleillement au niveau de la station de mesure de Ghardaïa pour l'année 2010 sont les suivantes, Le maximum d'ensoleillement est relevé en juillet, et le minimum au mois de janvier. [Annexe N°1]

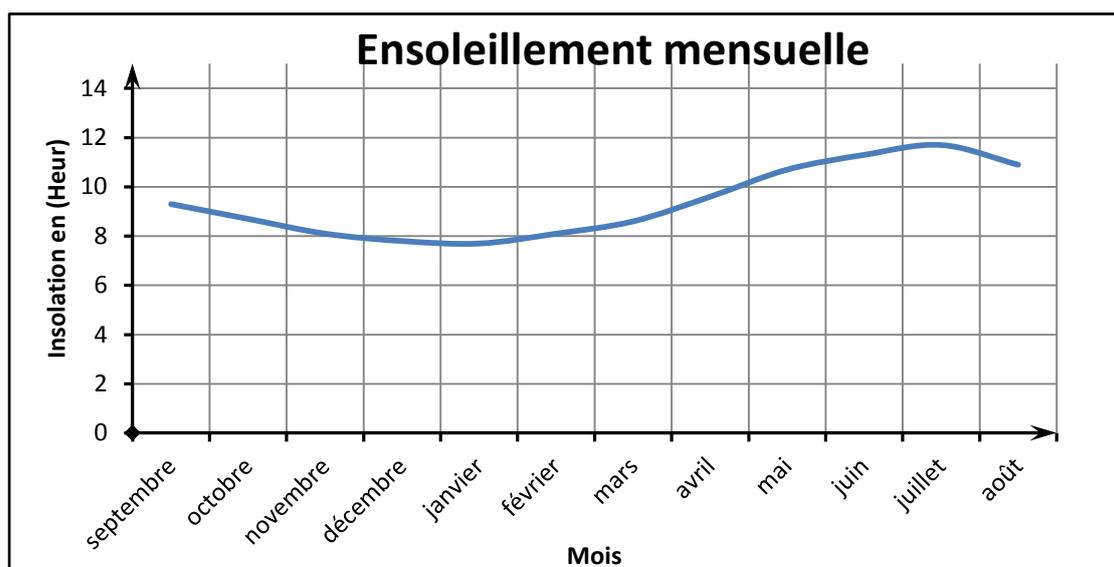


Figure N°12 Variation de l'ensoleillement moyen mensuel

1.6.7 CLASSEMENT DU CLIMAT

1.6.7.1 QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE « D'EMBERGER »

La méthode basée sur les limites des aires occupées par les différentes associations végétales, consiste à reporter sur un climagramme établi par Louis Emberger, en ordonnée la valeur de Q et en abscisse, la moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Expression définitive du quotient Q :

$$Q = \frac{1000 \times P}{\frac{M + m}{2} \times (M - m)}$$

Avec :

P : précipitation annuelle ;

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud ;

m : température moyenne minimale du mois le plus froid ;

(M et m en degré kelvin '°K', 1°K = 1°C+273,2) (Gadda, 2013).

D'après la valeur de Q (9,03) et le diagramme d'Emberger, on peut dire que le climat de notre région est **saharien à hiver chaud**.

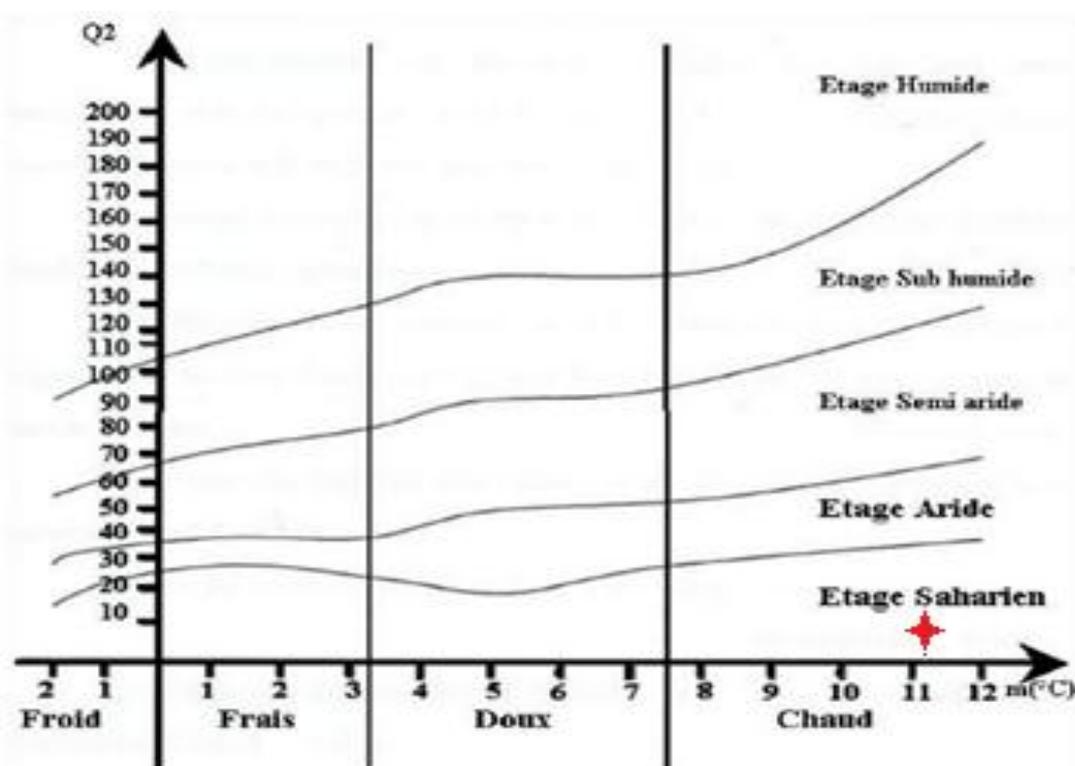


Figure N°13 Climagramme d'emberger

1.6.7.2 INDICE D'ARIDITE DE « E. MARTONNE »

Cet indice indiquera si l'irrigation de la zone considérée est indispensable, utile ou inutile. Nous considérons les indices suivants (Gadda, 2013):

a. INDICE MENSUEL

$$I_m = \frac{12 \cdot H_m}{T_m + 10}$$

P_m : indice d'aridité mensuel ;

H_m : pluviométrie mensuelle ;

T_m : température moyenne mensuelle.

b. INDICE SAISONNIER

$$I_s = \frac{4 \cdot H_s}{T_s + 10}$$

P_s : indice d'aridité saisonnier ;

H_s : pluviométrie saisonnière ;

T_s : température moyenne saisonnière.

c. INDICE ANNUEL

$$I_a = \frac{H_a}{T_a + 10}$$

P_a : indice d'aridité annuel ;

H_a : pluviométrie annuelle ;

T_a : température moyenne annuelle ;

L'indice d'aridité sera calculé pour l'année moyenne.

Tableau N°3 Résultats de calcul de l'indice climatique de Martonne

	Indice d'aridité de Martonne											
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juill.	Aoû.
I_m	13,30	14,94	17,41	20,43	19,34	15,83	13,52	12,37	10,45	9,05	7,88	9,57
I_s	4,96			9,41			4,16			2,21		
I_a	1,58											

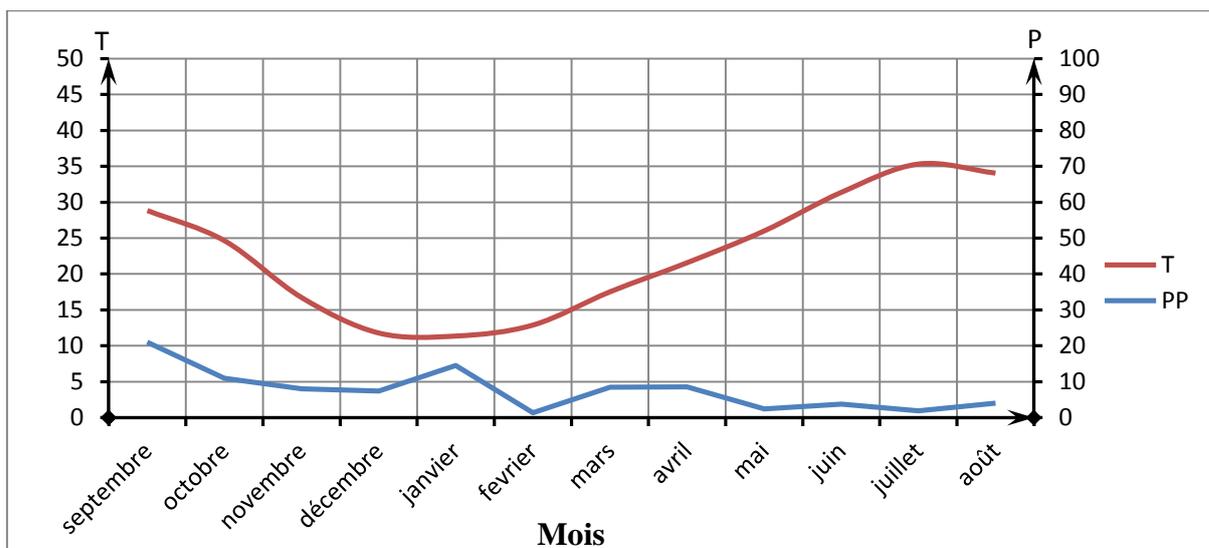
Tableau N°4 Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne

Ia	Type de climat	Irrigation
$Ia \leq 5$	Extrêmement sec	Indispensable
$5 \leq Ia \leq 10$	Très sec	
$10 \leq Ia \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 \leq Ia \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$30 \leq Ia \leq 50$	Humide	Inutile
$50 \leq Ia$	Très humide	

Dans notre région $Ia = 1,58$, classant Ghardaïa dans un climat Extrêmement sec, alors l'irrigation est indispensable.

1.6.7.3 DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN

C'est une représentation graphique de variation des précipitations et des températures en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer à la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

**Figure N°14 Diagramme ombrothermique de Gausse**

1.7 AGRICULTURE

L'agriculture représente la principale activité dans la vallée, dont l'occupation du sol est répartie en trois étages ;

- ❖ La phoéniculture (agriculture des palmeraies) ;
- ❖ Les arbres fruitiers ;
- ❖ Cultures maraîchères et fourragères en intercalaires.

Le système d'irrigation se fait par submersion traditionnelle à partir des seguias (rigoles) ; rares sont ceux pratiquants l'aspersion et le goutte à goutte (Acheur, 2014).

CHAPITRE 02

Irrigation à partir de la
STEP de EL-Atteuf

2.1. INTRODUCTION

L’irrigation à partir de la STEP d’EL-Atteuf dépend essentiellement de la qualité de l’effluent, des types des cultures, du système d’irrigation et des conceptions édaphique du sol.

Dans ce chapitre on donne une présentation générale de la STEP d’EL-Atteuf, d’une part, d’autre part, on traite l’irrigation à partir les eaux usées épurés.

2.2. PRESENTATION DE LA STEP D’ELATTEUF

2.2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La station de lagunage naturel d’EL-Atteuf, mise en service en décembre 2012. Elle se situe au lieu dit Kef Doukhane dans la commune d’El-Atteuf en aval de l’oued M’Zab (figure N°15), Pour la prise en charge des eaux usées de quatre communes de la vallée du M'zab (Daya Ben Dahoua, Ghardaïa, Bounoura et El-Atteuf), dont les débits sont estimés à plus de 46.000 m³/jour (Messid, 2009).



Figure N°15 Situation géographique de la STEP d’EL-Atteuf (Boukhalfa et Kafi, 2013).

2.2.2 CARACTERISTIQUE DE LA STEP D’EL-ATTEUF

La STEP d’El-Atteuf est caractérisée par ce qui suit :

- ❖ Capacité de traitement : 331 700 éq/hab ;
- ❖ Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³/j ;
- ❖ Surface totale : 79 Ha ;
- ❖ Nombre des lits séchage : 10 Lits de séchage de la boue ;
- ❖ Nombre des bassins : 16 devisés en 02 niveaux (Kessaissia, 2011).

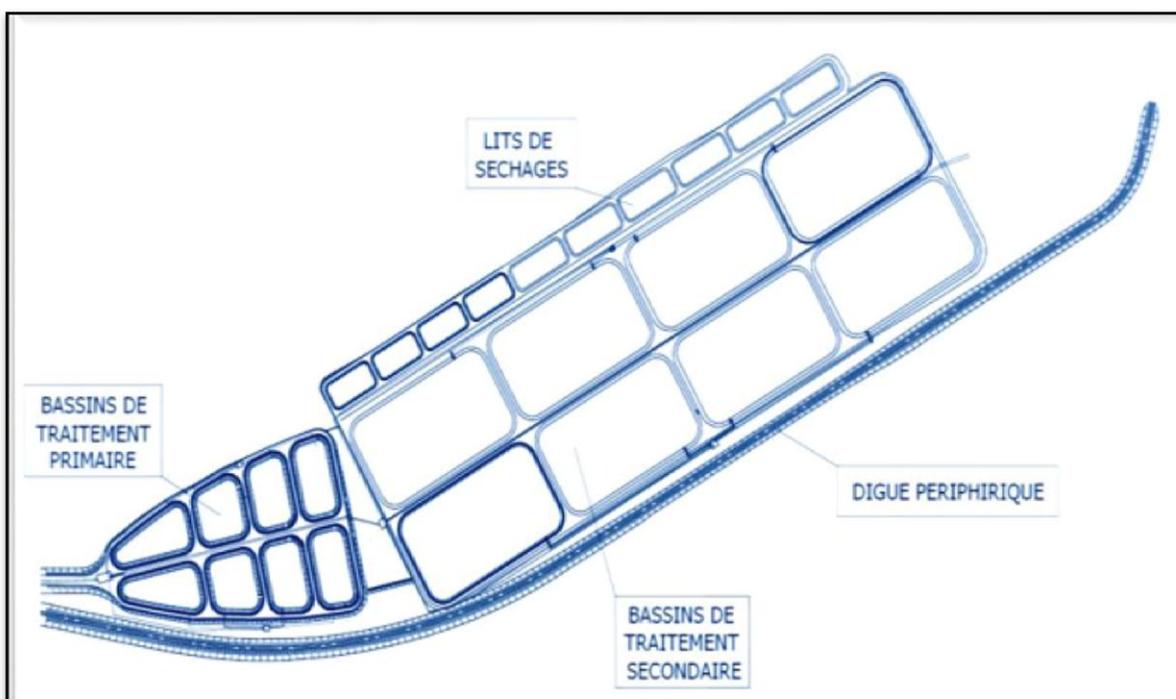


Figure N°16 Schéma explicative de la STEP d'EL-ATTEUF (Zahouani, 2013).

2.2.3 PRINCIPE DE TRAITEMENT

2.2.3.1 PRE-TRAITEMENT

Les eaux usées traité arrivent à la station d’épuration gravitairement par deux collecteurs principale en parallèle de diamètre 1000 mm, après les eaux usées passent au travers de deux dégrilleurs grossier puis fins qui retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l’eau brute, et en fin pour extraire des eaux brutes, les graviers, les sable et les particules minérales plus ou moins fines, les eaux passent par un dessableur (Zahouani, 2013)..

2.2.3.2 TRAITEMENT SECONDAIRE

Après le prétraitement, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage naturel, il s’agit d’une technique d’épuration biologique par culture libre, L’épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série ;

Les principaux processus sont :

- ❖ Décantation de MES, digestion anaérobie des matières décantées ;
- ❖ Oxydation des matières organiques biodégradables par les bactéries hétérotrophe ;
- ❖ Synthèses des algues, elle-même productrice d’oxygène (Zahouani, 2013).

2.2.3.3 TRAITEMENT DES BOUES

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes à l’air libre sur des lits de séchage.

2.2.3.4 SORTIE DES EAUX EPUREES

Les eaux épurées sont rejetées directement dans l’Oued sans aucune désinfection ou traitement de stérilisation.



Figure N°17 Rejet finale de la STEP d’EL-Atteuf

Tableau N°5 Données des bases sur la STEP d’EL-Atteuf (Kessaissia, 2011).

Capacité nominale		2030
Premier niveau		
Nombre de lagunes		08lagunes
Volume total des lagunes		174 028,50 m ³
Volume par lagune		21 753,56 m ³
Surface totale		4,97 ha
Surface par unité de lagune		0,62 ha
Profondeur des lagunes		3,6 m
Temps de séjour		3 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les...		3ans
Charge organique résiduelle		5800 kgDBO ₅ /j
Abattement DBO ₅ minimal		50%
Deuxième niveau		
Nombre de lagunes		08 lagunes
Volume total des lagunes		464 000 m ³
Volume par lagune		58 000 m ³
Surface totale		30,4 ha
Surface par unité de lagune		3,8 ha
Profondeur des lagunes		1,6 m
Temps de séjour		10 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les...		3 ans
Charge organique résiduelle		2320 kgDBO ₅ /j
Abattement DBO ₅ minimal		60%

2.2.4 IMPACT DE LA STEP D’EL-ATTEUF

L’impact de la STEP peut être résumé par les points suivants :

- ❖ Supprimer les nuisances en zones urbanisées ;
- ❖ Protéger le milieu récepteur et la nappe phréatique ;
- ❖ Réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

2.3. QUALITE DES EAUX DE LA STEP D’EL-ATTEUF

L’étude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques est importante, surtout pour l’utilisation de l’eau en l’irrigation. Le prélèvement des échantillons de l’eau à été effectué à l’entrée et à la sortie de la STEP. Quelques paramètres ont été analysés au laboratoire de

l’hydraulique à l’université de Ghardaïa, les autres paramètres sont fournis par la DREW.

2.3.1 PARAMATRE DE QUALITE DES EAUX USEES

2.3.1.1 PARAMATRES ORGANOLEPTOQUES

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l’aspect de l’échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d’une coloration, de précipités... etc.) (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ COULEUR

La coloration d’une eau est très souvent synonyme de la présence des composés dissous et corrélativement la présence du soluté induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine de visible (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ ODEUR

Une eau destinée à l’alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (Benhedid et Harrouz, 2011).

2.3.1.2 PARAMATRES PHYSIQUES

❖ TEMPERATURE

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d’effluents industriels. Ce paramètre peut influencer sur la solubilité des sels, la concentration de l’oxygène dissout et sur l’activité microbienne (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ MATIERES EN SUSPENSION (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l’eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l’eau (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ **TURBIDITE**

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée par la présence des MES fines, comme l'argile, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdes d'origine organique ou minérale (Projet irrigation, 2013).

❖ **POTENTIEL D’HYDROGENE**

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si le pH est compris entre 6 et 9. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (Projet Irrigation, 2013).

❖ **CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE)**

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau.

La conductivité d'une eau varie selon son degré d'impureté, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande plus la conductivité est grande (Projet Irrigation, 2013).

2.3.1.3 PARAMATRES CHIMIQUES

❖ **SALINITE**

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires. On considère deux catégories de conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation :

- ❖ Les dommages vis-à-vis des sols et donc, indirectement, vis-à-vis des rendements culturaux ;
- ❖ Les dommages causés aux cultures.

❖ **OXYGENE DISSOUS**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible et, le plus souvent, proche de zéro dans les eaux résiduaires urbaines brutes, de fait de concentration importante en composés réducteurs et de l'activité des microorganismes présentes. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique de milieu. (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ **DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO₅)**

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅. Elle se résume à la réaction chimique suivante : (Boutelli et Menasria, 2008).

Substrat + micro organisme + O₂ → CO₂ + H₂O + énergie + biomasse.

❖ DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d’oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l’aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d’un effluent, il permet aussi de définir son origine. Généralement la valeur de la DCO est :

DCO = 1.5 à 2 fois DBO : Pour les eaux usées urbaines ;

DCO = 1 à 10 fois DBO : Pour tout l’ensemble des eaux résiduaires ;

DCO > 2.5 fois DBO : Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO₅ et la DCO est donnée par l’équation suivante : (Boutelli et Menasria, 2008).

$$MO = (2 DBO_5 + DCO)/3$$

2.3.1.4 PARAMETRES BIOLOGIQUES

Les micro-organismes présents dans les eaux usées proviennent essentiellement des matières fécales, ils sont à l’origine du traitement biologique, ils sont constitués des :

❖ BACTERIES

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires simples et sans noyau .leur taille est comprise entre 0.1 et 10 µm. Les eaux usées contiennent en moyenne 10⁷ à 10⁸ bactéries /litre .la concentration en bactéries pathogène est de l’ordre de 10⁴/litre (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ PROTOZOAIRE

Ce sont des organismes eucaryotes, unicellulaires, mobiles de petite taille (de 1 à 500µm) certains se nourrissent essentiellement de bactéries et de molécules organiques dissoutes, alors que d’autres présentent une très grande variété de type trophique (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ **HELMINTHES**

Ce sont des vers multicellulaires, tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d’helminthes sont très résistants, la concentration en œufs d’helminthes dans les eaux usées est de l’ordre de 10^1 à 10^3 œufs /litre (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ **VIRUS**

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte .on estime leur concentration dans les eaux usées urbaines de 10^3 à 10^4 particules/l (Benhedid et Harrouz, 2011).

2.3.1.5 AUTRES INDICATEURS

Pour l’estimation de la pollution des eaux de nombreux autres facteurs pouvant être pris en compte les plus important sont :

Les éléments nutritifs notamment l’azote et le phosphore, ces deux éléments sont responsables en grande partie du phénomène d’eutrophisation rencontré dans certaines milieux aquatiques (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ **NUTRIMENTS (AZOTE, PHOSPHORE)**

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et polyphosphates) provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales.

L'azote contenu dans l'eau usée sous trois formes différentes : organique, ammonium et nitrate. Les proportions des formes d'azotes varient selon l'origine et le traitement des eaux usées.

Le phosphore comme l'azote est un nutriment essentiel à toutes les plantes. La teneur en phosphore dans l'effluent après traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l (Boutelli et Menasria, 2008).

2.3.1.6 ELEMENTS TOXIQUES

Parmi ces matières on peut trouver des phénols, des hydrocarbures, des huiles, des graisses, des métaux lourds (plomb, mercure, cuivreetc.) leurs sources sont très diversifiées (Benhedid et Harrouz, 2011).

❖ METAUX LOURS

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel sans aucun doute.

Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes donc perturbent le processus d'épuration biologique (Benhedid et Harrouz, 2011).

2.3.2 RESULTATS D'ANALYSES

Certains des paramètres énumérés ci-dessus, sont soit analysé (au laboratoire de l'hydraulique) ou transmis par la DREW (sortie de terrain et période d'analyse le 14/04/2015). Dont les résultats d'analyse obtenus sont comparés avec les différentes normes (ONM, Algérienne, MFE), pour voir leur aptitude à l'irrigation :

Tableau N°6 Resultats d'analyse et leur coparaison avec la norme
(Zahouani, 2013).

Paramètres	Unités	Effluent brut	Eau épurée	Source d'analyse	Norme de qualité d'eau d'irrigation
T	(°C)	22,71	22,79	In-situ	* 30
pH	-	7,7	8,27	In-situ	* 6,5 à 8,5
CE	(ms/cm)	4,14	3,83	Labo-Hyd Univ-Ghardaia	* < 3
Salinité	(g/l)	2,34	2,19	Donnée DRE	Pas de norme
O2 dissous	(mg/l)	3,2	6,22	Donnée DRE	* > 5
DBO5	(mg/l)	151	31	Labo-Hyd Univ-Ghardaia	** < 30
DCO	(mg/l)	373,3	104,7	Donnée DRE	** < 90
MES	(mg/l)	152	73,47	Donnée DRE	** < 30
NT	(mg/l)	40,9	33,47	Donnée DRE	** < 50
NH4+	(mg/l)	17,94	24,05	Donnée DRE	* < 2
NO2-	(mg/l)	0,29	0,3	Donnée DRE	* < 1
NO3-	(mg/l)	1,86	0,41	Donnée DRE	** < 30
PT	(mg/l)	4,3	3,8	Donnée DRE	* < 0,94
CT	(N/100ml)	431,67 .105	42766,7	Donnée DRE	*** < 50 000
CF	(N/100ml)	15,67 .106	3966,67	Donnée DRE	*** < 20 000

OMS, ** JORA, ***MFE.

Les teneurs moyennes des paramètres analysés répondent aux normes requises, c'est le cas des paramètres suivants: T (°C), pH, NO₃⁻, NO₂⁻, NT et les paramètres bactériologiques (coliformes totaux et coliformes fécaux);

l'eau épurée peut être classée comme une eau de qualité médiocre de la classe 3 (d'après le MFE) [Annexe N°3] qui est juste apte à l'irrigation.

Ainsi, on peut classer cette eau dans la catégorie B1 ($CF < 10^5$) d'après les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) [Annexe N°3] avec une irrigation restreinte pour les cultures suivants : céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt.

2.4. IRRIGATION A PARTIR LES EAUX USEES EPUREE

2.4.1 RISQUES DE L’IRRIGATION PAR LES EAUX EPUREES

2.4.2.1 RISQUE MICROBIOLOGIQUE

Dans le cas de l’agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l’intérieur des plantes, La contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux: Le consommateur, Cultures légumières, Cultures fourragères, les cultures forestier, personnel d'exploitation (Projet Irrigation, 2013).

2.4.2.2 RISQUE CHIMIQUE

Au-delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (Projet Irrigation, 2013).

2.4.2.3 RISQUE ENVIRONNEMENTAL

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont : La salinisation, l'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol, l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques et des nutriments.

Lorsque l'eau usée est utilisée correctement à des fins agricoles, plutôt que toute autre utilisation, l'environnement peut être amélioré (Projet Irrigation, 2013).

2.4.2 NORMES DE REJETE POUR L’IRRIGATION

Dans le tableau ci-dessous on résume la norme algérienne de la qualité des eaux destinées à l’irrigation.

Tableau N°7 Normes de rejets pour l’irrigation(NormesAlgériennes)
(Zahouani, 2013).

Parametere	unité	Valeur seuil
Temperature	°C	<30
Ph	-	6.5 à8.5
Oxygène dissout (*)	mgO2/l	>5
MES	mg/l	<30
DBO5	mg/l	<40
DCO	mg/l	<90
Azote total	mg/l	<50
Phosphore (PO ₄)	mg/l	<02
Huile et graisse	mg/l	<20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000CF/100Ml

Les eaux de la STEP sont donc aptes à être utilisée pour l’irrigation du périmètre agricole de Kef Doukhane.

2.4.3 PEDOLOGIE DES SOLS

En plus du climat, de la qualité des eaux, la pédologie des sols, est l’un des paramètres déterminant en irrigation, pour le connaître il faut déterminer la structure du sol, sont type et sa capacité de rétention et d’emménagement de l’eau.

Pour cela, nous allons ci-dessous donner la théorie, les analyses des sols effectuées sur terrain, ainsi que les calculs de base concernant la réserve du sol en eau.

2.4.3.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL

Le sol est un milieu vivant avec des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques qui ont chacune un rôle déterminé pour le développement des plantes. Dans ce paragraphe nous étudions les caractéristiques physiques du sol.

L’eau se trouve dans le sol sous diverses formes, selon sa position par rapport aux particules terreuses et selon son origine (figure N°18).

L’eau dans le sol se répartit en trois catégories :

❖ EAU DE RETENTION

Elle comprend deux types d’eau distincts :

L’eau hygroscopique se trouve au contact des particules solides en quantité variable en fonction surtout de la texture, mais aussi de la température de la pression et de l’humidité de l’air. Cette eau ne peut être utilisée par les plantes à cause de la très forte attraction des particules qui dépasse fortement la force de succion des plantes.

L’eau pelliculaire appelée aussi **d’adhésion**, entoure les particules du sol et leur eau hygroscopique. L’eau pelliculaire peut être en partie (la couche superficielle de la pellicule) utilisée par certaines plantes à fort pouvoir de succion.

❖ EAU CAPILLAIRE

Elle occupe une partie des interstices du sol. On distingue l’eau capillaire isolée et l’eau capillaire continue :

L’eau capillaire isolée ne subit pas l’action de la gravité ;

L’eau capillaire continue, qui se retrouve dans les zones inférieures.

Ce sont ces eaux qui sont utilisées par les plantes et qui constituent la réserve utile RU.

❖ EAU GRAVIFIQUE

Elle occupe les espaces restés libres et subit l’action de la gravité. Elle forme avec l’eau capillaire continue la catégorie des eaux libres. Les

eaux gravifiques disparaissent rapidement par écoulement et ne sont pratiquement d’aucune utilité pour les plantes.

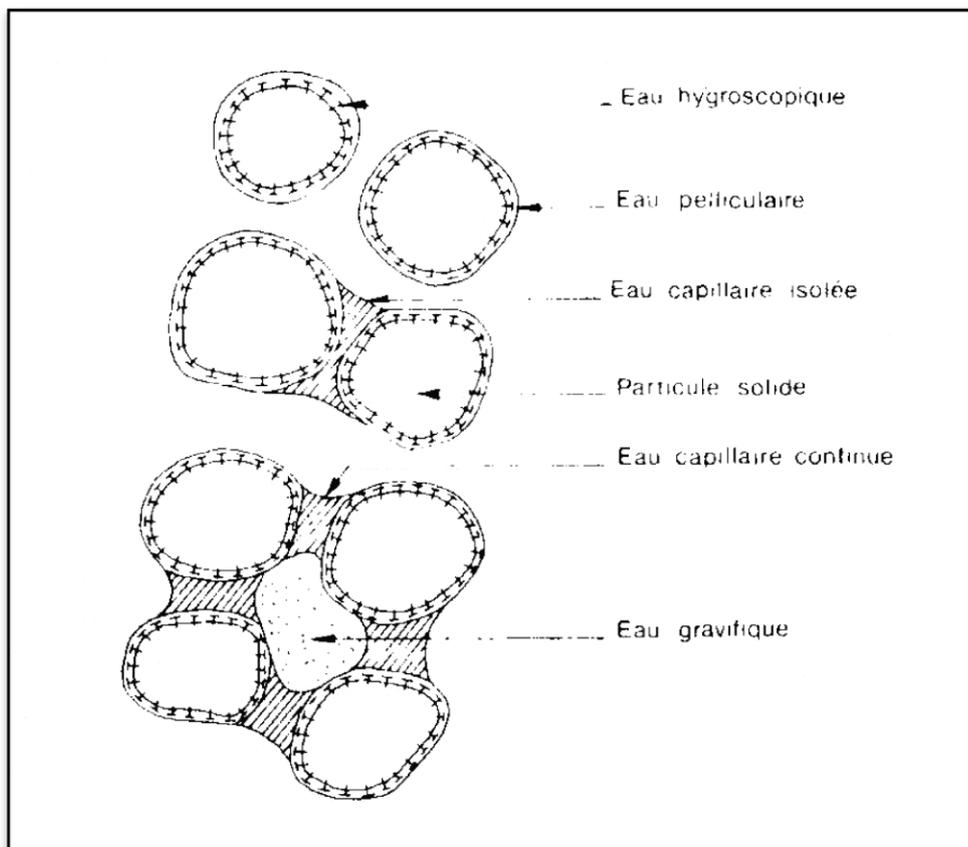


Figure N°18 Divers forme de l’eau dans le sol (Terboud, 2001).

2.4.3.2 ECHANTILLONNAGES DU SOL

Pour déterminer les caractéristiques physiques du sol qui sont nécessaires pour l’étude, nous avons effectué des prélèvements d’échantillons de sols en différents points du périmètre, à l’aide d’une tarière de 150 cm d’hauteur (Figure N°19);

Les échantillons prélevés ont servit à des analyses de perméabilité, de densité apparente, d’humidité relative et de granulométrie au niveau laboratoire de géologie à l’université de Ghardaïa. [Annexe N°2]



Figure N°19 Prélèvement du sol

Les caractéristiques de l'échantillonnage sont :

- ❖ **Date de prélèvements** : 13 /04/2015 ;
- ❖ **Topographie** : pente très faible ;
- ❖ **Situation** : Kef Doukhane ;
- ❖ **Temps** : Ensoleillé ;
- ❖ **Occupation du sol** : inexistante ;
- ❖ **Saison d'étude** : printemps.

2.4.3.3 ANALYSE DES ECHANTILLONS DU SOL

Les prélèvements du sol ont été analysés au laboratoire de géologie de l'université de Ghardaïa. Les résultats des analyses sont représenté dans les tableaux N°8 et N°9.

Ces résultats nous permettrons de déterminer les paramètres de base pour le calcul des besoins agricoles, notamment les réserves du sol en quantité d'eau, ainsi que l'aptitude des sols aux cultures.

Tableau N°8 Résultats des analyses de sol

Caractéristiques	Profil						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Profondeur (Cm)	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 – 120	120 - 140
Densité	1,6	1,55	1,52	1,5	1,45	1,32	1,32
capacité de rétention	19,91	26,58	22,99	17,89	19,00	15,98	22,50
Humidité (%)	3,44	15,84	15,91	16,51	16,00	15,91	16,19
Perméabilité	8,27.10 ⁻² (cm/s)						

Tableau N°9 Résultats d’analyse de la granulométrie

Diamètres (Ø)	Poids refus (g)	Poids refus (%)	Nature du sol
> 1,6 mm	874,44	62,81	Gravier + Cailloux
1,25 mm	22,14	1,59	Sable gros
1 mm	40,59	2,92	
800 µm	52,8	3,79	
630 µm	89,02	6,39	
500 µm	78,59	5,65	
315 µm	128,08	9,20	
250 µm	31,67	2,27	Sable fin
125 µm	46,65	3,35	
80 µm	20,28	1,46	
63 µm	4,56	0,33	
< 63 µm	3,3	0,24	Limon + Argile

2.4.4 CALCUL DES PARAMETRES DE L’APTITUDE DU SOL AUX CULTURES

Les résultats d’analyses nous permettrons de connaître l’aptitude du sol aux cultures que nous choisissons selon un assolement adéquat à la région point de vu plantes cultivées et quantités d’eau disponible.

2.4.4.1 RESERVE UTILE (RU)

C’est la quantité d’eau que le sol est capable d’emmagasiner et qui est utilisée par les plantes.

Elle est fonction de la densité du sol, du point de flétrissement, du taux d’humidité maximum et de la profondeur des racines (Terboud, 2001).

$$RU = \sum_0^h \frac{H_r - H_f}{100} \cdot dz$$

Avec :

RU : réserve utile ;

h : profondeur des racines ;

Hr : taux d’humidité maximum ;

Hf : point de flétrissement ;

dz : tranches de sol.

En général :

$$H_f = 0.55 \times H_r$$

Soit :

$$RU = \sum_0^h \frac{0.45 \times H_r}{100} \cdot dz$$

2.4.4.2 RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

La réserve utile RU n’est pas entièrement utilisée par les plantes du fait des pertes dues principalement à l’évaporation. On définit alors la réserve facilement utilisable RFU.

Cette grandeur qui dépend de facteurs aléatoires variables comme le couvert végétal est estimée par l’observation. Pour notre contré, nous adopterons la valeur des 2/3 de la RU.

Cette valeur est communément admise dans le bassin méditerranéen (Terboud, 2001).

$$RFU = \frac{2}{3} \cdot RU$$

2.4.4.3 ASSOLEMENT ET CHOIX DES CULTURES

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, nous sommes amenés à choisir un assolement qui tient compte de l’aptitude des sols, des besoins des plantes et des conditions climatiques.

L’assolement n’est qu’une technique qui consiste à procéder à une rotation des cultures sur une surface donnée pour protéger les sols et éventuellement les enrichir et lutter contre leur appauvrissement en éléments nutritifs (nitrates, phosphates, potassium, oligo-éléments...).

Les avantages des assolements sont multiples et nous pouvons citer :

- ❖ La lutte contre les mauvaises herbes ;
- ❖ Alimentation des plantes pour une bonne utilisation des éléments fertilisants, il faut faire alterner les plantes à racines profondes et celles à racines superficielles, les plantes améliorantes et les plantes épuisantes. Il peut y avoir aussi appauvrissement en oligo-éléments ;
- ❖ Protection contre les insectes et les maladies en alternant les cultures (les parasites ne trouvant plus plantes auxquelles ils sont adaptés, sont arrêtés dans leur développement) (Terboud, 2001).

Pour déterminer les besoins hydriques, on adopte un assolement composé de plantes types. Cet assolement doit tenir compte de l’aptitude agronomique des sols, des cultures.

Les plantes types retenues doivent représenter un ensemble de cultures et doivent être choisi de façon à être les plus grands consommateurs d’eau dans leur catégorie. Nous retenons en conséquence l’assolement suivant :

Tableau N°10 Choix de cultures et assolement

Cultures		Période de végétation	assolement (%)	(kc)	h (m)
Céréaliculture	Luzerne	Février à Septembre	40	0.70	0.90
Maraichères	Courge	Avril à juillet	30	0.60	1,2 à 1,8
Arboriculture	Palmiers dattiers	mai à juin septembre à novembre	15	0.75	4 à 10
	Oliviers	septembre à novembre	15	0,55	0.60 à 1

Les calculs de la RU et la RFU sont donnés par le tableau N°9 suivant :

Tableau N°11 RU et RFU

Cultures		RU (%)	RFU (%)
Maraichères	Courge	37,48	24,99
Céréaliculture	Luzerne	23,04	15,36
Arboriculture	Palmier Dattier	37,48	24,99
Arboriculture	Oliviers	23,04	15,36

2.5. SYNTHÈSE

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu la station d’épuration d’EL Atteuf, ainsi que la qualité de ses eaux, nous avons remarqué que les eaux épurées par cette station sont aptes à être utilisées pour l’irrigation du périmètre agricole de Kef Doukhane, sans présentation de risque liés à la réutilisation.

Les analyses du sol des échantillons pris à différents endroits de Kef Doukhane, nous ont permis de déterminer les paramètres pédologiques d’aptitude du sol aux cultures, principalement la capacité d’emménagement définie comme les réserves utiles et facilement utilisables, selon l’assolement de culture choisi.

Les paramètres ci-dessus, constituent par la suite, la base de calcul des besoins en eau des cultures choisies par l’assolement.

CHAPITRE 03

Systeme d'arrosage

&

Besoin en eau

3.1. INTRODUCTION

Selon l’espèce à laquelle appartient, soixante à quatre vingt dix pour cent du matériel végétal de la plante est constitué d’eau. C’est l’eau qui permet l’absorption et la translocation des sels minéraux contenus dans le sol (Projet irrigation, 2013).

C’est elle qui permet la photosynthèse en alimentant les cellules des feuilles et encore elle favorise la turbulence des fleurs pour mettre leur fécondation et ainsi donner des bonnes graines et semences (Projet irrigation, 2013).

Dans ce chapitre nous donnons une description sur les systèmes d’arrosage, ainsi que la détermination des besoins en eau des cultures, le régime d’irrigation et mode appliqué.

3.2. SYSTEME D’ARROSAGE

Les différents systèmes d’arrosages rencontrés dans le monde peuvent être ramenés (3) grands types :

- ❖ Irrigation gravitaire ;
- ❖ Irrigation par aspersion ;
- ❖ Irrigation localisée.

3.2.1. IRRIGATION GRAVITAIRE

Dans ce mode d’irrigation le ruissellement de l’eau créé par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l’action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l’eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans la surface concernée, et l’arrosage se fait soit par ruissellement ou déversement suivant des rigoles, par submersion ou inondation en recouvrant le sol par l’eau, ou par infiltration par l’intermédiaire de fossés (Figure N°20 et N°21) (Bey, 2010).

3.2.1.1. L’ARROSAGE PAR RUISSELEMENT

L’irrigation par planches ou par calant sont des sous classes de l’irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol

une mince lame d’eau qui s’infiltrera verticalement jusqu’à l’humidification de la tranche voulue du sol (Bey, 2010).

3.2.1.2. L’ARROSAGE PAR INFILTRATION (PAE RIGOLES)

C’est une méthode qui consiste à faire distribué l’eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l’eau, le reste est humecté par infiltration latérale (Bey, 2010).

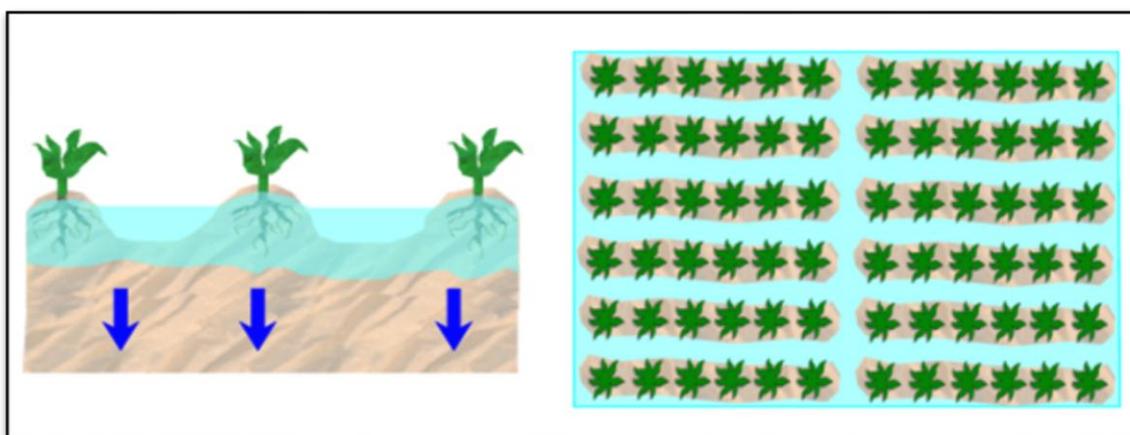


Figure N°20 L’arrosage par rigoles (Terboud, 2001).

3.2.1.3. L’ARROSAGE PAR SUBMERSION

Le principe consiste à donner au sol une couche d’eau plus au moins épaisse, qu’on laisse s’ajourner pendant le temps nécessaire pour qu’elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l’eau indispensable au développement des cultures (Bey, 2010).

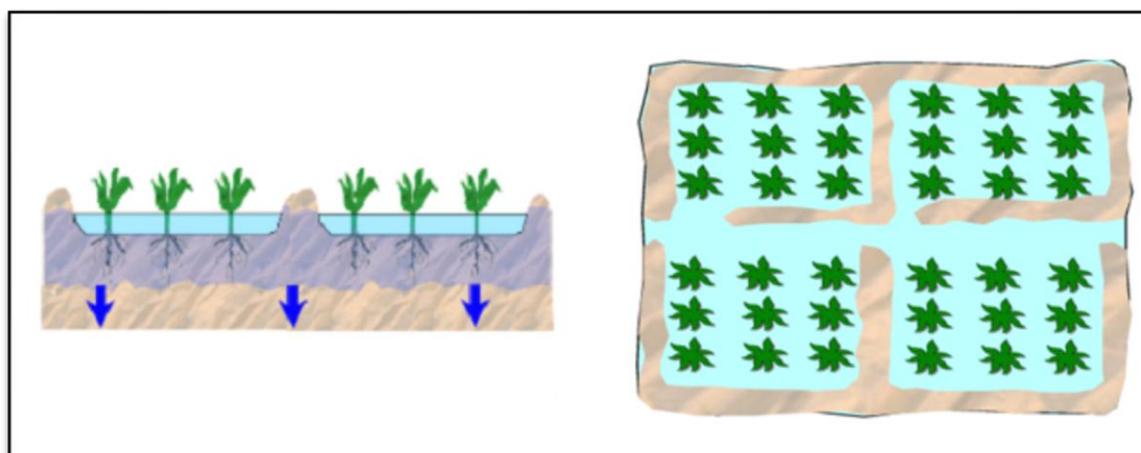


Figure N°21 L’arrosage par submersion (Terboud, 2001).

3.2.2. L’IRRIGATION PAR ASPERSION

Dans ce système d’arrosage l’eau est répandue sous forme de pluie artificielle sur le sol, grâce à l’utilisations d’appareil dits « arroseurs » appelés aussi « asperseurs » alimentés en eau sous pression, Ce mode d’irrigation permet un dosage précis des apports d’eau, donc une économie d’eau (Hachemi, 2005).

Employée depuis longtemps par les jardiniers horticulteurs et les arboriculteurs pour les cultures maraîchères florales, arbustives, fruitières, cette technique peut être utilisée pour les grandes cultures.

Ici l’eau tombe naturellement sur le sol donc dans les mêmes conditions que les précipitations atmosphériques, et s’y infiltre compte tenu seulement de la perméabilité du sol.

On distingue plusieurs types d’arroseurs (Figure N°22) (Terboud, 2001):

- ❖ Arroseurs mono-buse ;
- ❖ Arroseurs à double buses ;
- ❖ Arroseurs géant.

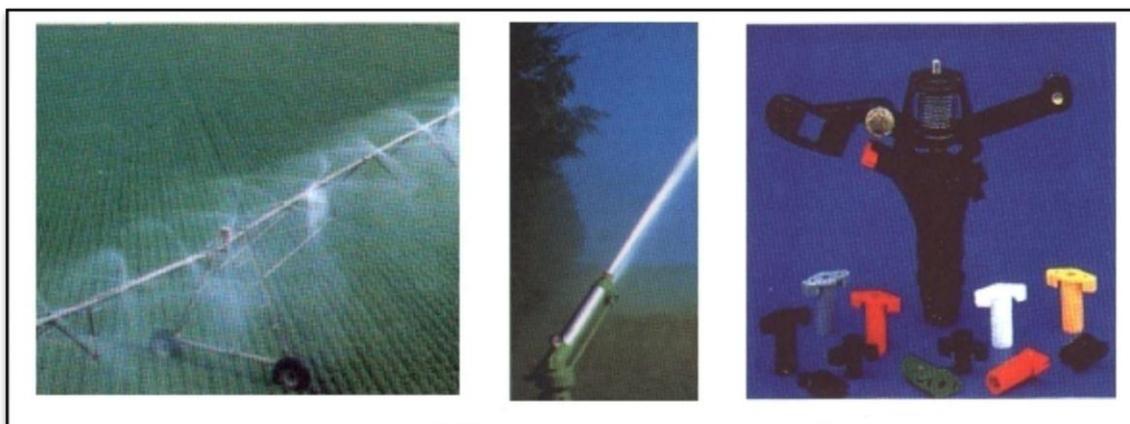


Figure N°22 Types d’asperseurs (Terboud, 2001).

Le choix du type d’asperseur dépend de la nature du sol, du type de cultures et du mode d’installation qui peut être fixe ou mobile.

3.2.3. L’IRRIGATION LOCALISEE OU MICRO-IRRIGATION

Cette méthode d’irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l’eau est appliquée sous forme de gouttes à la partie du sol devant être

alimentée seulement ; la plus grande partie du sol superficiel restant ainsi sec. L’eau est distribuée ponctuellement au niveau de la plante au moyen de distributeurs qui peuvent être des goutteurs, des mini-diffuseurs, des ajutages calibrés ou des gaines qui sont des tubes poreux (Figure N°23) (Terboud, 2001).

Le système adapté à l’irrigation localisée dépend de :

- ❖ Type de sol ;
- ❖ La nature des cultures ;
- ❖ La qualité de l’eau ;
- ❖ La configuration de la parcelle à irriguer.

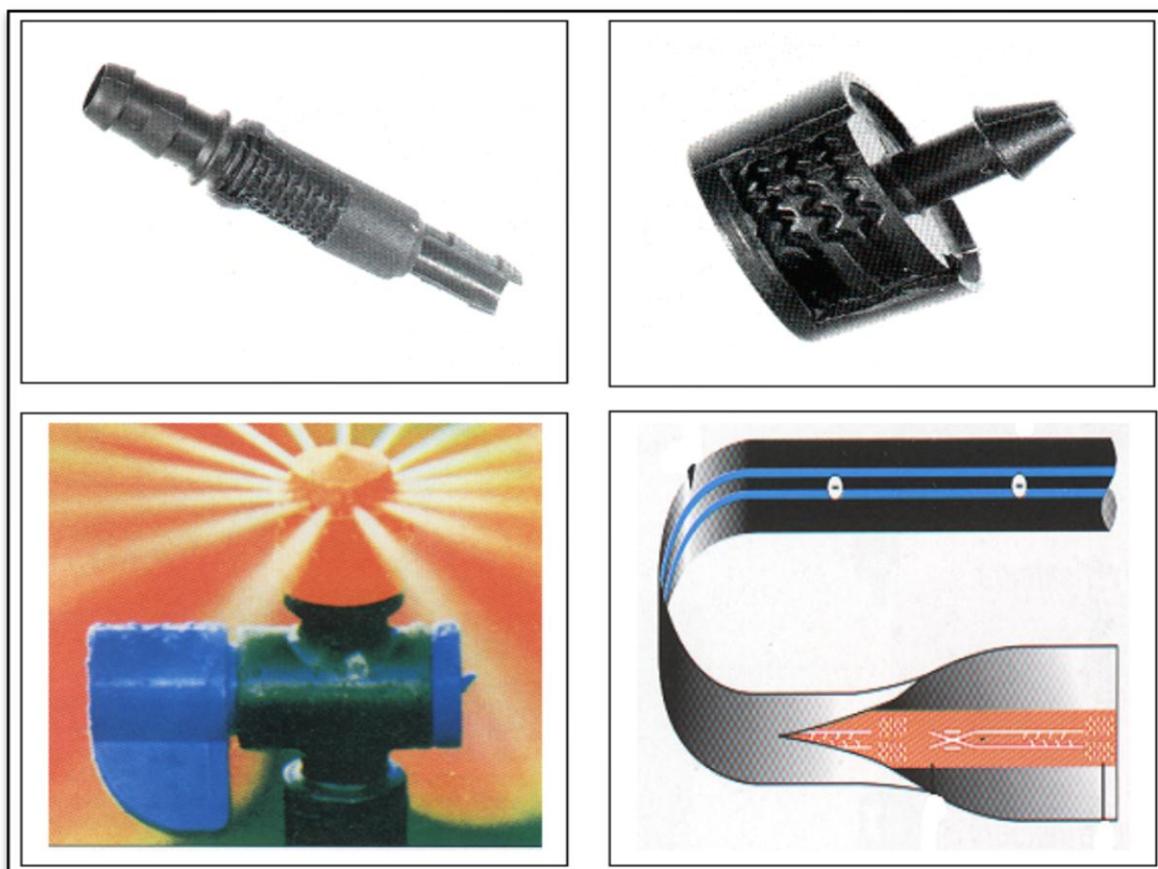


Figure N°23 Types de distributeurs (Terboud, 2001).

Pour la protection et la durée de vie des équipements à la parcelle, l’irrigation localisée ou goutte à goutte demande l’utilisation d’une eau propre, nécessitant une filtration préalable.

Ainsi, nous assurons une préfiltration à la sortie de la STEP et une filtration par modules au niveau de la parcelle.

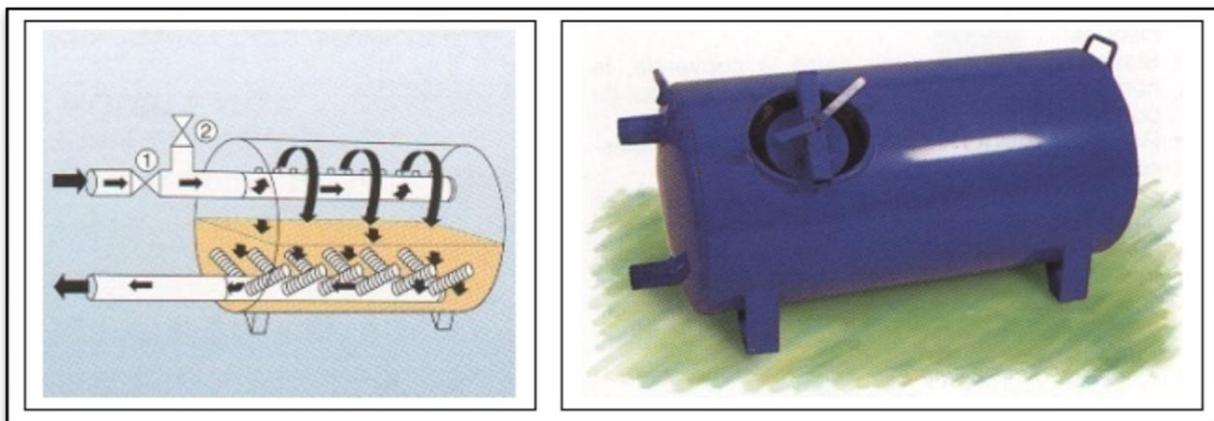


Figure N°24 Filtres (Terboud, 2001).

La filtration par modules au niveau des parcelles est assurée par un dispositif spécial dit « filtres » (Figure N°24).

La fertigation (injection de fertilisants) peut être faite directement au niveau de l’installation après le filtre, elle est assurée par un petit organe dit « injecteur » dont il existe plusieurs types (Figure N°25).



Figure N°25 : Injecteurs (Terboud, 2001).

3.2.4. LA PLASTICULTURE

C’est une méthode d’irrigation qui recourt aux protections en matière plastique (abris, tunnels, serres, paillages artificiels, etc.) pour les plantations et les semis. C’est une forme d’agriculture très intensive permettant l’obtention de fruits et légumes hors saison (poivrons, tomates...en hivernés) ou des produits spéculatifs (bananes, fraises...).

Les serres isolent les cultures pratiquées du milieu externe entraînant une importante augmentation de l’humidité dans les cellules, ce qui ralentit l’évapotranspiration et par conséquent diminue les besoins en eau (Terboud, 2001).

3.3. BESOINS EN EAU ET DEFICIT AGRICOLE

Pour estimer les apports des ressources hydriques extérieures, nous devons déterminer les besoins en eau des plantes et les déficits agricoles qui constituent ces apports. Les besoins en eau des plantes et les déficits agricoles sont calculés à partir de l’évapotranspiration et de la pluviométrie de fréquence de retour 9 années sur 10.

3.3.1. DEFINITION

En termes généraux, le besoin en eau d’une culture est équivalent au niveau d’évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale ;

De façon précise, le besoins en eau est défini comme le niveau d’évapotranspiration d’une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d’une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisantes pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré (Azouz, 2005).

3.3.2. EVAPOTRANSPIRATION

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 $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$ ou en $m^3/ha/an$.

Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an, On distingue :

3.3.2.1. L'EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE

Est définie comme « 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 » (Azouz, 2005).

3.3.2.2. L'EVAPOTRANSPIRATION 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 (Azouz, 2005).

3.3.2.3. L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE

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 E_{tr} : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'Etp selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non (Azouz, 2005).

3.3.3. METHODE D'EVALUATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION

On distingue généralement deux types :

3.3.3.1. METHODE DIRECTES

❖ L'EVAPOTRANSPIROMETRE OU CUVE LYSIMETRIQUE

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal (Azouz, 2005).

❖ LE BAC EVAPORANT

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'Etp (Azouz, 2005).

❖ L'EVAPOROMETRE PICHE

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube (Azouz, 2005).

3.3.3.2. METHODE INDIRECTES

Plusieurs relations empiriques pour le calcul de l'Etp ont été établies. Elles tiennent compte du climat et des conditions thermiques du milieu. Les plus utilisées sont celle de Turc, de Thornthwaite et de Blaney-Criddle (Azouz, 2005).

❖ METHODE DE TURC

Turc a proposé une formule pour calculer l'évapotranspiration potentielle en fonction de la température et de l'intensité de rayonnement :

Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$Etp = 0,40. (Ig + 50). \left(\frac{T}{T + 15} \right)$$

Dans laquelle :

Etp : Evapotranspiration mensuelle exprimé en millimètre d'eau par mois ;

Ig : est la radiation solaire globale du mois considéré sur une surface horizontale ; elle est exprimée en calories par cm² etpar jour ;

T : est la température moyenne mensuelle en °C du mois considéré ;

Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par (Terboud, 2001):

$$Etp = 0,40. (Ig + 50). \left(\frac{T}{T + 15} \right). \left(1 + \frac{50 - H_r}{70} \right)$$

Dans laquelle :

Hr : L’humidité de l’air en %.

La radiation solaire globale I_g est donnée par la formule suivante :

$$I_g = I_0 \cdot \left(0,18 + 0,62 \cdot \frac{h}{H}\right)$$

Avec :

I_0 : Radiation maximale théorique ;

H : Durée astronomique de jour en heure par mois ;

h : durée d’insolation de la station considérée en heure par mois ;

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

❖ METHODE DE TRONTHWAITE

Tornthwaite a mis au point une formule empirique basée sur la corrélation entre la température moyenne de l’air et le taux de transpiration des plantes :

$$Etp = 1,6 \cdot f \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a$$

Où :

$$Etp = 16 \cdot \left(\frac{10 * t}{I}\right)^a \quad i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

Dans laquelle :

F : est un facteur de correction pour la longueur du jour, le nombre de jours du mois et la latitude ; il donne la durée moyenne possible de l’ensoleillement ;

t : est la température moyenne mensuelle de l’air (°C) ;

I : est le total des 12 valeurs mensuelles de l’indice de chaleur,

$$a = \left(\frac{1,6 * I}{100}\right) + 0,5$$

$$Etp_c = K \cdot ETP$$

k : facteur de correction de latitude (=0,95) (Terboud, 2001).

❖ METHODE DE BLANEY-CRIDDLE

La méthode de Blaney-Criddle est basée sur la relation entre la consommation d’eau des plantes, la température moyenne mensuelle, la

longueur moyenne mensuelle du jour, les précipitations et du type de plantes représentées par leur coefficient cultural K_c .

L'équation de Blaney-Griddle est :

$$E_{tp} = K_c (8,13 + 0,45 t) P$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour ;

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois) ;

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année ;

Le coefficient K_c est exprimé par le rapport E_{tp}/E_{Tm} et définit le rythme de consommation d'eau de la culture. Il est déterminé expérimentalement pour chaque type de plantes (Terboud, 2001).

3.3.4. CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION

Nous résumons les calculs de l'évapotranspiration par les différentes méthodes dans les tableaux ci-dessous.

Tableau N°12 Résultat de calcul d'ETP par la formule de TURC

Mois	TURC					
	I_0 (Wh/m ² j)	I_0 (Cal/cm ² j)	h / H	I_g (Cal/cm ² ,j)	T (°C)	ETP (mm)
Janvier	5524	475,80	0,2092	147,35	11,35	32,72
Février	6954	598,97	0,2098	185,74	12,88	47,85
Mars	8606	741,26	0,2090	229,48	17,52	71,58
Avril	10140	873,39	0,2075	269,57	21,57	92,98
Mai	11118	957,62	0,2068	295,17	26,00	114,49
Juin	11480	988,80	0,2073	305,09	31,37	130,89
Juillet	11276	971,23	0,2085	300,37	35,32	138,47
Août	10514	905,60	0,2080	279,79	34,05	122,92
septembre	9218	793,97	0,2065	244,57	28,85	92,80
Octobre	7544	649,78	0,2050	199,55	24,64	70,31
novembre	5966	513,87	0,2050	157,81	16,72	45,43
décembre	5156	444,10	0,2065	136,80	11,78	30,23
Année	103496,00	8914,38		2751,29		990,68

Tableau N°13 Résultat de calcul d'ETP par la formule de THORNTHWAITE

THORNTHWAITE						
Mois	P (mm)	T (°C)	α	ETP (mm)	K	ETPC(mm)
janvier	14,48	11,35	2,49	12,70	0,95	12,07
février	1,34	12,88		17,40		16,53
mars	8,50	17,52		37,45		35,57
avril	8,57	21,57		62,92		59,77
Mai	2,38	26,00		100,20		95,19
Juin	3,79	31,37		160,05		152,04
juillet	1,87	35,32		215,03		204,28
août	3,99	34,05		196,36		186,54
septembre	21,01	28,85		129,81		123,32
octobre	10,91	24,64		87,62		83,24
novembre	8,04	16,72		33,33		31,66
décembre	7,36	11,78		13,93		13,23
Année	92,23	272,06		1066,79		1013,45

Tableau N°14 Résultat de calcul d'ETP par la formule de BLANEY-CRIDDLE

BLANEY-CRIDDLE							
Mois	t (°C)	P (%)	ETP (mm)				ETP(mm)
			courge	Luzerne	Palmier dattier	Olivier	
Janvier	11,35	6,84	-	-	-	-	-
Février	12,88	7,20	-	31,99	-	-	31,99
Mars	17,52	7,64	-	41,74	-	-	41,74
Avril	21,57	8,53	50,23	50,23	-	-	100,46
Mai	26,00	9,51	64,31	64,31	40,93	-	169,56
Juin	31,37	10,04	40,22	73,74	46,93	-	160,90
Juillet	35,32	10,40	46,47	85,20	-	-	131,67
Août	34,05	9,69	-	77,49	-	-	77,49
Septembre	28,85	8,27	-	57,59	36,65	28,79	123,03
Octobre	24,64	7,73	-	-	32,25	25,34	57,59
Novembre	16,72	7,20	-	-	23,67	18,60	42,26
Décembre	11,78	6,93	-	-	-	-	-
Total							936,68

Tableau N°15 Récapitulation des calculs de l’ETP (en mm)

	TURK	THORNTHWAITE	BLANEY-CRIDDLE
Janvier	32,72	12,07	-
Février	47,85	16,53	31,99
Mars	71,58	35,57	41,74
Avril	92,98	59,77	100,46
Mai	114,49	95,19	169,56
Juin	130,89	152,04	160,90
Juillet	138,47	204,28	131,67
Août	122,92	186,54	77,49
Septembre	92,80	123,32	123,03
Octobre	70,31	83,24	57,59
Novembre	45,43	31,66	42,26
Décembre	30,23	13,23	-
Total	990,68	1013,45	936,68

Nous remarquons que les valeurs données par les différentes formules sont relativement dispersées.

En effet, l’ETP est rarement mesurée, elle est le plus souvent calculée par des formules à partir de données climatiques mesurées.

Ces trois formules ne sont pas toutes équivalentes, leur validité et leur représentativité varient selon les paramètres utilisés.

Nous adoptons pour notre étude la relations de Blaney-Criddle, parce qu’elle intègre les conditions du milieu et les caractéristiques des plantes par l’intermédiaire du coefficient cultural K_c .

3.3.5. DEFICIT AGRICOLE

La plante puise continuellement l’eau contenue dans le sol, d’une part pour sa propre constitution, et d’autre part lors du processus de l’évapotranspiration. Cette élimination de l’eau du sol est compensée par des apports extérieurs, sous formes de précipitations, rosée, condensation...etc.

Dans beaucoup de régions, et en particuliers dans les zones arides et semi-arides, du fait de l’irrégularité des apports extérieurs, la compensation est généralement insuffisante, et pendant certaines périodes les plantes manqueront d’eau. On dit alors qu’il y a un déficit agricole.

Par la suite, nous négligerons les apports en rosée et en condensation, et le déficit agricole sera fonction uniquement de l’Etp, des précipitations et de la RFU : (Terboud, 2001)

$$D_i = Etp_i - P_i - K_{i-1} \text{ (RFU)}$$

- ❖ D_i déficit agricole du mois i ;
- ❖ P_i précipitation pendant le mois i ;
- ❖ K_{i-1} (RFU) est la fraction de la réserve facilement utilisable non consommée le mois précédant et qui est susceptible d’être utilisée par les plantes pendant le mois en cours.

3.3.6. BESOINS EN EAU DES CULTURES

Les besoins B_i en eau varient suivant les plantes, les mois et les années et correspondent à l’apports d’eau complémentaires équivalent aux déficits agricoles donnés par la relation :

$$Etp_i - P_i - K_{i-1} \text{ (RFU)}$$

Nous résumons dans le tableau N°16 les résultats des calculs des déficits agricoles et des besoins en eau mensuels.

Tableau N°16 Déficit agricole et besoins en eau

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août
Luzerne	57,59	-	-	-	-	31,99	41,74	50,23	64,31	73,74	85,20	77,49
Courge	-	-	-	-	-	-	-	50,23	64,31	40,22	46,47	-
Palmier dattier	36,65	32,25	23,67	-	-	-	-	-	40,93	46,93	-	-
Olivier	28,79	25,34	18,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Etp (mm)	123,03	57,59	42,26	0,00	0,00	31,99	41,74	100,46	169,56	160,90	131,67	77,49
Pi (mm)	21,01	10,91	8,04	7,36	14,48	1,34	8,50	8,57	2,38	3,79	1,87	3,99
K_{i-1} (RFU) (mm)	0,00	0,00	0,00	7,36	14,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Déficit (mm)	102,02	46,68	34,23	7,36	21,84	16,17	33,24	91,90	167,18	157,11	129,80	73,50
Besoins (mm)	102,02	46,68	34,23	0	0,00	16,17	33,24	91,89	167,18	157,11	129,80	73,50

3.4. REGIME D’IRRIGATION DES CULTURES AGRICOLES

Les besoins B_i en eau varient suivant les plantes, les mois et les années, et correspondent à l’apport d’eau complémentaire équivalent aux déficits agricoles donnés par la relation :

$$Etp_i - P_i - K_{i-1} \text{ (RFU)}.$$

Une fois les besoins en eau de la zone à irriguer déterminés, le problème est de répartir ces besoins sur les parcelles de façon que chacune d’elles reçoive la dose correcte au moment opportun.

C’est un problème délicat et complexe qui dépend des types de sols, des dimensions des parcelles et des cultures pratiquées.

Trois modes de répartition peuvent être employés : (Terboud, 2001)

- ❖ La distribution continue ;
- ❖ La distribution par rotation ;
- ❖ La distribution à la demande.

3.4.1. MODE DE DISTRIBUTION

3.4.1.1. DISTRIBUTION CONTINUE

Son principe est de donner à chaque exploitation le débit qui lui est nécessaire, d’une façon continue pendant toute la période des arrosages (Terboud, 2001).

3.4.1.2. DISTRIBUTION PAR ROTATION

L’eau est délivrée aux exploitants selon un calendrier précis et fixe. La parcelle reçoit le débit nécessaire sous forme d’un volume délivré pendant un intervalle de temps prédéterminé (Terboud, 2001).

3.4.1.3. DISTRIBUTION A LA DEMANDE

Elle consiste à livrer l’eau à l’irrigant quand il la demande parce que les plantes en ont besoin à ce moment-là.

Il s’agit donc d’adopter pour l’irrigation les mêmes modalités de distribution que dans les services d’alimentation en eau potable (Terboud, 2001).

3.4.2. CHOIX DU MODE DE DISTRIBUTIONS

La distribution continue est une distribution non économique ; l’eau est distribuée continuellement sans tenir compte des périodes successives du développement végétal et sa répartition est mal assurée sur les zones à irriguer.

La distribution par rotation présente l’inconvénient de ne pas tenir compte de la variation des besoins de la plante au cours de son cycle végétatif ce qui entraîne des rendements plus faibles.

La distribution à la demande offre l’avantage de fournir l’eau à la plante suivant ses besoins. Elle n’est pas contraignante pour les fellahs mais demande pour une meilleure efficacité une automatisation asservie à l’humidité du sol, aux besoins instantanés des plantes (irrigation programmée) et au temps d’arrosage (irriguer par exemple la nuit pour éviter des pertes importantes par évaporation).

3.5. CHOIX DU MODE D’IRRIGATION

3.5.1. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L’IRRIGATION GRAVITAIRE

Le principal avantage de l’irrigation gravitaire est qu’elle ne demande pas des installations coûteuses au niveau de la parcelle et ne nécessite pas de bonnes connaissances en irrigation de la part des fellahs qui en ont une bonne expérience.

Seulement, ce système d’irrigation présente plusieurs inconvénients dont nous citons :

- ❖ Une consommation abusive d’eau ;
- ❖ Des importantes pertes d’eau dues au ruissellement, à l’évaporation ou encore par percolation ;
- ❖ Favorise le développement des mauvaises herbes ;
- ❖ Difficultés de gestions dans la répartition des eaux ;
- ❖ Nécessite d’importants terrassements pour obtenir des parcelles horizontales qui augmentent les coûts des investissements (Terboud, 2001).

3.5.2. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L’IRRIGATION PAR ASPERSION

L’inconvénient majeur de l’aspersion réside dans le fait qu’elle nécessite au départ, pour chaque irriguant, une dépense importante pour l’achat des équipements, ainsi que dans le développement des mauvaises

herbes. Nous observons aussi par temps ensoleillé la formation de gouttelettes qui peuvent provoquer des brûlures sur les feuilles (il est alors conseillé par temps très ensoleillé d’irriguer la nuit).

Cependant, ces inconvénients sont négligeables devant les avantages de l’aspersion :

- ❖ L’inutilité d’aménagements préalables de la surface à irriguer ;
- ❖ la méthode peut être employée aisément aussi bien sur des terrains accidentés que sur des terrains à pente nulle ;
- ❖ L’utilisation pour tous les types de sol ;
- ❖ Forte oxygénation de l’eau projetée en pluie ;
- ❖ L’utilisation des fertilisants en solution dans l’eau ;
- ❖ Réalise une importante économie d’eau ;
- ❖ Peut être commandée par automatisation (Terboud, 2001).

3.5.3. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L’IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE [11]

L’inconvénient de l’irrigation goutte à goutte réside dans le coût très élevé de l’achat et l’installation des équipements. Il demande certaines connaissances en irrigation et nécessite également une filtration des eaux et un soin particulier pour l’entretien des équipements.

Pour ce qui est des avantages, nous citons :

- ❖ Arrosage de la fraction utile du sol ;
- ❖ Lutte contre le développement des mauvaises herbes ;
- ❖ Utilisation de faibles débits avec des pressions modérées ;
- ❖ Assure une meilleure économie d’eau ;
- ❖ Ne mouille pas les feuillages ;
- ❖ Convient bien à l’irrigation fertilisante (par injection d’engrais) ;
- ❖ S’adapte dans la plupart des cas à l’automatisation ;
- ❖ S’adapte aux types des sols, à la nature des cultures et à la configuration topographique des parcelles à irriguer ;
- ❖ Répartition des sels à la périphérie des bulbes ce qui n’entravera pas le développement des plantes.

Le choix dépend de la comparaison entre les systèmes d’irrigation et de la quantité d’eau utilisée (Terboud, 2001).

Tableau N°17 Choix du système d’arrosage

culture	Système d'Arrosage
Luzerne	Aspersion
Palmier Dattier	Gravitaire
Olivier	Goutte à Goutte
Courge	

3.6. PARAMETRES D’ARROSAGE

3.6.1. DOSE MAXIMALE THEORIQUE

La dose maximale théorique est la quantité maximale d’eau que le sol est capable d’emmagasiner et qui est susceptible d’être utilisée par les plantes.

$$v = \sum_{i=1}^n \frac{H_{ri} - H_{fi}}{100} \cdot h_i$$

v : dose maximale théorique (mm) ;

h_i : profondeur des racines (mm) ;

H_r et H_f en % du volume.

Pour un hectare :

$$V = 10 \cdot v \text{ (en m}^3\text{/ha)}$$

Elle est égale au volume des eaux capillaires et dépend des caractéristiques des sols (Terboud, 2001).

3.6.2. DOSE PRATIQUE D’ARROSAGE (D_p)

Elle est estimée généralement à 2/3 de V , soit :

$$D_p = \frac{2}{3} V \text{ (en m}^3\text{/ha)}$$

Ceci pour tenir compte des différentes pertes qui se produisent dans le sol.

3.6.3. ESPACEMENT D’ARROSAGE (N_i)

Le nombre d’arrosage pendant le mois i est donné par la relation :

$$N_i = \frac{B_i}{D_p}$$

Comme N_i n’est généralement pas entier, on prendra comme nombre d’arrosages le nombre entier juste supérieur à N_i .

3.6.4. DOSE REELLE (Dr)

La dose réelle est la quantité d’eau qu’on répartira sur la parcelle pendant la durée d’arrosage :

$$Dr_i = \frac{B_i}{N_i} \text{ (en m}^3\text{/ha)}$$

3.6.5. MODULE (m)

Le module (m) est fonction de la perméabilité du sol (K). Il faut donner autant d’eau que le sol est capable d’en absorber par infiltration. Il conviendrait cependant de relier le module (m) à la vitesse de filtration (K) :

$$m = K.S \text{ (en m}^3\text{/s/ha)}$$

Nous résumons dans les tableaux N°18, 19, 20 et 21 les calculs des premiers paramètres d’arrosage pour chaque type de plantes :

Tableau N°18 Paramètre d’arrosage pour l’arboriculture (Palmier Dattier)

Palmier dattier								
Mois	P	Etp	B _i	V	Dp	N _i	Dr	m
	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)		(m ³ /ha)	(m ³ /s/ha)
Janvier	14,48	-	-	695,20	463	-	-	8,27
Février	1,34	-	-			-	-	
Mars	8,50	-	-			-	-	
Avril	8,57	-	-			-	-	
Mai	2,38	40,93	38,55			1	385,48	
Juin	3,79	46,93	43,14			1	431,41	
Juillet	1,87	-	-			-	-	
Août	3,99	-	-			-	-	
Septembre	21,01	36,65	15,63			1	156,33	
Octobre	10,91	32,25	21,34			1	213,43	
Novembre	8,04	23,67	15,63			1	156,30	
Décembre	7,36	-	-			-	-	

Tableau N°19 Paramètre d’arrosage pour l’arboriculture (Olivier)

Olivier								
Mois	P	Etp	B _i	V	Dp	N _i	Dr	m
	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)		(m ³ /ha)	(m ³ /s/ha)
Janvier	14,48	-	-	496,19	331	-	-	8,27
Février	1,34	-	-			-	-	
Mars	8,50	-	-			-	-	
Avril	8,57	-	-			-	-	
Mai	2,38	-	-			-	-	
Juin	3,79	-	-			-	-	
Juillet	1,87	-	-			-	-	
Août	3,99	-	-			-	-	
Septembre	21,01	28,79	7,78			1	77,80	
Octobre	10,91	25,34	14,43			1	144,32	
Novembre	8,04	18,60	10,56			1	105,59	
Décembre	7,36	-	-			-	-	

Tableau N°20 Paramètre d’arrosage pour la Céréaliculture (Luzerne)

luzerne								
Mois	P	Etp	B _i	V	Dp	N _i	Dr	m
	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)		(m ³ /ha)	(m ³ /s/ha)
Janvier	14,48	-	-	496,19	331	-	-	8,27
Février	1,34	31,99	30,65			1	306,47	
Mars	8,50	41,74	33,24			2	166,22	
Avril	8,57	50,23	41,66			2	208,32	
Mai	2,38	64,31	61,94			2	309,68	
Juin	3,79	73,74	69,96			3	233,19	
Juillet	1,87	85,20	83,33			3	277,76	
Août	3,99	77,49	73,50			3	244,99	
Septembre	21,01	57,59	36,57			2	182,87	
Octobre	10,91	-	-			-	-	
Novembre	8,04	-	-			-	-	
Décembre	7,36	-	-			-	-	

Tableau N°21 Paramètre d’arrosage pour le Maraîchère (Courge)

Courge								
Mois	P	Etp	B _i	V	Dp	N _i	Dr	m
	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /ha)	(m ³ /ha)		(m ³ /ha)	(m ³ /s/ha)
Janvier	14,48	-	-	592,56	395	-	-	8,27
Février	1,34	-	-			-	-	
Mars	8,50	-	-			-	-	
Avril	8,57	50,23	41,66			2	208,32	
Mai	2,38	64,31	61,94			2	309,68	
Juin	3,79	40,22	36,44			1	364,37	
Juillet	1,87	46,47	44,60			2	223,01	
Août	3,99	-	-			-	-	
Septembre	21,01	-	-			-	-	
Octobre	10,91	-	-			-	-	
Novembre	8,04	-	-			-	-	
Décembre	7,36	-	-			-	-	

3.6.6. DEBIT FICTIF CONTINU

C'est la quantité d'eau distribuée en continu par hectare ; elle varie d'un mode d'irrigation à un autre. Elle est donnée par la relation suivante :

$$Q_{FC} = \frac{B_i}{E_r} \times Ca \text{ (en l/s/ha)}$$

Avec:

E_r l'efficacité de répartition, il correspond au rendement de chaque système d'irrigation et il doit être inférieur à 1 ;

Ca coefficient d'application au champ, qui est le rapport de tous les volumes mouillés entourant les champs des racines de toutes les plantes par le volume de toute la zone irriguée qui est égale à la surface de la zone en question par la profondeur des racines des plantes de cette même zone. Ce coefficient doit être inférieur ou égal à 1 (Terboud, 2001).

3.6.6.1. IRRIGATION GRAVITAIRE

L'eau est répartie par submersion sur l'ensemble des parcelles concernées par l'irrigation, de façon qu'aucune partie de ces parcelles ne soit épargnée.

Le coefficient d’application au champ (Ca) est égal à 1, ce qui occasionne d’importantes pertes par évaporation et infiltration entraînant une faible efficacité d’utilisation de la ressource hydrique (Er) que nous prendrons égale à 50%.

Pour notre étude, nous adopterons la submersion pour le Palmier Dattier.

3.6.6.2. IRRIGATION PAR ASPERSION

En irrigation par aspersion, l’application de l’eau sur l’aire occupée par les cultures est uniforme, entraînant une efficacité d’irrigation de l’ordre de 70%.

L’implantation des asperseurs suit une configuration géométrique rectangulaire, carrée ou triangulaire (Figure N°26) de façon que toutes les parties de la parcelle soient irriguées ce qui entraînerait un coefficient d’application au champ (Ca) égal à 1.

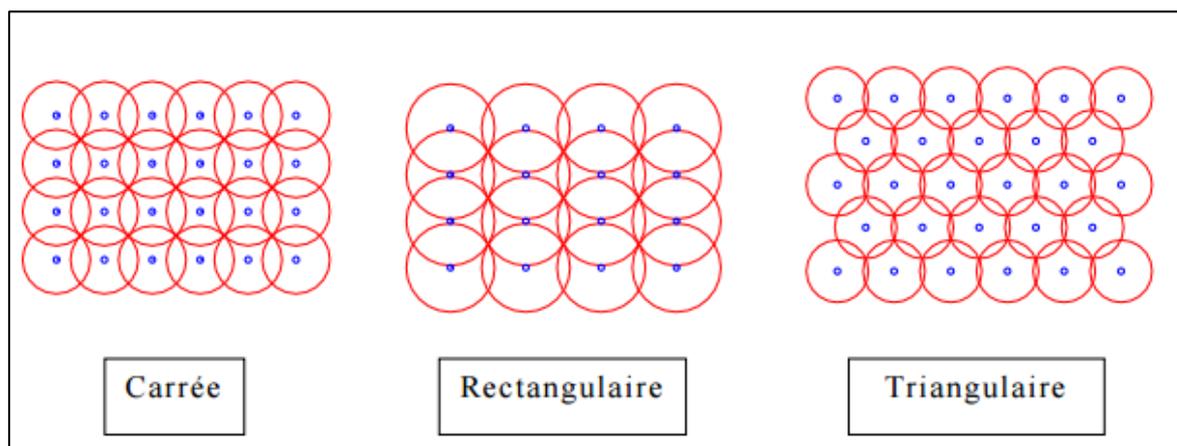


Figure N°26 Implantation des asperseurs

La disposition triangulaire offre un nombre réduit d’asperseurs et une meilleure répartition de la pluviométrie avec un recouvrement minimum, c’est cette disposition que nous recommandons.

Le nombre d’appareils (N₀) dans l’hectare est donnée par :

$$N_0 = \frac{S}{\sigma} \times (1 - \% \text{ de recouvrement})$$

N₀ nombre d’asperseurs utilisés dans un hectare,

S la surface d’un hectare,

σ la surface irriguée par l’asperseur,

Le nombre d’asperseurs final (N) par hectare correspond au nombre d’asperseurs utilisés dans un hectare (N_0) par l’espacement d’arrosage (N_i) :

$$N = \frac{N_0}{N_i}$$

Pour notre projet, nous adopterons l’aspersion pour la Luzerne.

3.6.6.3. IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE

Les distributeurs fournissent à la plante juste la quantité d’eau nécessaire à son développement et pendant toute la période végétale en maintenant l’humidité nécessaire au développement des cultures. L’efficacité d’irrigation sera donc élevée, et sera prise égale à 80%.

L’eau sortant d’un ou de plusieurs distributeurs crée dans le sol une zone humide dite « bulbe » dans lequel l’eau se transmet par capillarité en un écoulement non saturé vers la périphérie du bulbe. La forme du bulbe dépend du type du sol, du débit et de la durée totale de l’arrosage et est proche d’un demi-ellipsoïde géométrique (Figure N°27).

Pour plus de sécurité nous considérons des bulbes cylindriques dont le volume est donné par :

$$V_{\text{bulbe}} = \pi r^2 h \text{ (en m}^3\text{)}$$

Le coefficient d’application au champ (Ca) est déterminé par le rapport du volume mouillé de tous les bulbes par le volume égal au produit de la surface de la parcelle par la profondeur des racines :

$$Ca = \frac{N \times V_{\text{bulbe}}}{S \times h}$$

N : le nombre des bulbes ;

V_{bulbe} : le volume de bulbe ;

S : la superficie à irriguer.

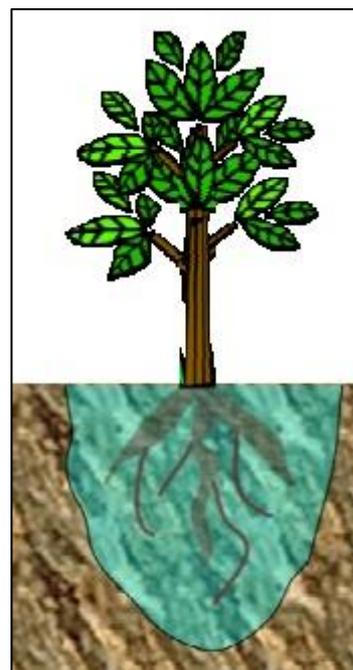


Figure N°27 Forme de bulbe (Terboud, 2001).

Le nombre de distributeurs dépend du type de cultures implantées et de leurs besoins en eau. Il varie d’un à plusieurs distributeurs par arbre pour l’arboriculture et à un distributeur par plante pour les cultures maraîchères.

L’écartement entre les distributeurs est fonction de la distance entre les plantes.

Pour notre étude, nous adopterons la localise pour l’Olivier, et localisé par gaines pour la Courge.

Dans notre cas nous utilisons l’irrigation goutte à goutte pour l’arboriculture et le maraîchage et nous procédons aux calculs de E_a pour l’arboriculture représenté par les agrumes et le maraîchage représenté par la tomate.

❖ POUR L’ARBORICULTURE

L’écartement entre arbre est de 5 m, le nombre d’arbres par hectare sera de 400 arbres ; sachant que la profondeur des racines des Oliviers est de 1.00 m, le coefficient d’application au champ est de 78.53% ; nous adoptons :

$$C_a = 80\%.$$

❖ POUR LES MARAICHÈRES

L’écartement entre les plants de Courge qui représente le maraîchage est de 0.6m entre les pieds et de 1m entre les lignes, sachant que la profondeur des racines est de 1.20 m, le coefficient d’application au champ est de 54.84% ; nous adoptons :

$$E_a = 60\%.$$

Nous donnerons plus bas les calculs du débit fictif continu (QFC) dans les tableaux N°23, 24, et 25.

3.6.7. DUREE D’ARROSAGE (T)

C’est le temps nécessaire pour déverser sur le sol la dose réelle d’arrosage (Terboud, 2001).

3.6.7.1. IRRIGATION GRAVITAIRE

$$T = \frac{D_r}{m} \text{ (en heures)}$$

3.6.7.2. IRRIGATION PAR ASPERSION

La durée d’arrosage (T') en aspersion dépend de la densité d’aspersion ; cette dernière est une caractéristique technique qui dépend de l’asperseur au même titre que la pression de service. Elle est fixée indépendamment des caractéristiques du sol, et n’est pas nécessairement égale à la vitesse de filtration K ($\delta \leq K$). La surface de l’unité parcellaire d’arrosage (s) est déterminée par le rapport du module m par la densité d’aspersion (δ en mm) et la durée (T') est définie par le rapport de la dose réelle par la densité d’aspersion (Terboud, 2001) :

$$T' = \frac{Dr}{\delta} \text{ (en heures)}$$

3.6.7.3. IRRIGATION LOCALISEE

La durée d’arrosage par goutte à goutte est plus importante que les autres types d’arrosage. Elle varie selon le débit du distributeur utilisé et la nature de la culture (Terboud, 2001):

$$T'' = \frac{B_i}{q_g \times N_p} \times Ca \text{ (en heures)}$$

B_i : besoins journaliers en m^3 ;

q_g : débit du goutteur en m^3/h ;

N_p : nombre de plantes par ha.

Le débit des distributeurs est une caractéristique technique définie lors de la fabrication de l’appareil.

Comme l’eau est distribuée en petite quantité à la plante, la fréquence d’arrosage sera plus importante et se fera journalièrement en fonction de la demande.

Remarque

Pour une distribution automatisée, les temps d’arrosage définis plus haut, n’auront aucune signification dans la mesure où le réseau fournira les débits nécessaires en fonction des besoins instantanés des plantes.

Nous résumons dans le tableau N°22, les temps d’arrosage pour chaque système d’irrigation et pour chaque type de plantes :

Tableau N°22 Durée d’arrosage pour chaque culture

Mois	Durées d'arrosage			
	Luzerne	Courge	Olivier	palmier dattier
	Aspersion	Goutte à Goutte		Submerssion
	T' (h)	T'' (h)	T'' (h)	T (h)
Janvier	-	-	-	-
Février	4	-	-	-
Mars	3	-	-	-
Avril	3	0.08	-	-
Mai	3	0.07	-	0.39
Juin	3	0.07	-	0.43
Juillet	3	0.08	-	-
Août	4	-	-	-
Septembre	3	-	4	0.32
Octobre	-	-	7	0.43
Novembre	-	-	5	0.31
Décembre	-	-	-	-

3.6.8. VOLUME D’EAU MOBILISE

C’est la quantité d’eau en m³ livrée à tout le périmètre pendant toutes les périodes d’arrosage (Terboud, 2001):

$$V = Q_{FC} \times T \times S$$

Avec :

V : volume d’eau livré aux cultures en m³ ;

Q_{FC} : le débit fictif continu en m³/s.ha ;

T : la période d’arrosage ;

S : la superficie du périmètre.

Nous résumons dans les tableaux N°23, 24, et 25, suivant les résultats de calcul du débit fictif continu et du volume d’eau mobilisé.

Tableau N°23 Q_{FC} et volume d’eau mobilisé pour Luzerne (Aspersion)

Volume d'eau mobilisé par aspersion (Luzerne)												
	Sep,	Oct,	Nov,	Déc,	Jan,	Fév,	Mars,	Avril	Mai	Juin	Juill,	Août
Besoins (mm)	57,59	-	-	-	-	31,99	41,74	50,23	64,31	73,74	85,20	77,49
QFC (mm)	82,27	-	-	-	-	45,70	59,63	71,76	91,88	105,35	121,71	110,70
QFC (l/s/ha)	0,32	-	-	-	-	0,19	0,22	0,28	0,34	0,41	0,45	0,41
Q_{FC} (m ³ /s)	0,0039	-	-	-	-	0,0023	0,0028	0,0034	0,0043	0,0050	0,0056	0,0051
V (m ³ /ha)	822,70	-	-	-	-	456,96	596,32	717,59	918,78	1053,48	1217,08	1107,02
Vtot (m ³ /ha)	6890											
Vtot (m ³)	85435											

Tableau N°24 Q_{FC} et volume d’eau mobilisé pour le Palmier dattier (Gravitaire)

Volume d'eau mobilisé Gravitaire (Palmier dattier)												
	Sep,	Oct,	Nov,	Déc,	Jan,	Fév,	Mars,	Avril	Mai	Juin	Juill,	Août
Besoins (mm)	36,65	32,25	23,67	-	-	-	-	-	40,93	46,93	-	-
QFC (mm)	73,30	64,50	47,34	-	-	-	-	-	81,85	93,86	-	-
QFC (l/s/ha)	0,28	0,24	0,18	-	-	-	-	-	0,31	0,36	-	-
Q_{FC} (m ³ /s)	0,0013	0,0011	0,0008	-	-	-	-	-	0,0014	0,0017	-	-
V (m ³ /ha)	732,95	644,96	473,35	-	-	-	-	-	818,55	938,56	-	-
Vtot (m ³ /ha)	3608											
Vtot (m ³)	16779											

Tableau N°25 Q_{FC} et volume d’eau mobilisé pour l’Olivier (Localisé)

Volume d'eau mobilisé Goutte à Goutte (Olivier)												
	Sep,	Oct,	Nov,	Déc,	Jan,	Fév,	Mars,	Avril	Mai	Juin	Juill,	Août
Besoins (mm)	28,79	25,34	18,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QFC (mm)	30,59	26,92	19,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QFC (l/s/ha)	0,12	0,10	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_{FC} (m ³ /s)	0,0005	0,0005	0,0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V (m ³ /ha)	305,94	269,21	197,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vtot (m ³ /ha)	773											
Vtot (m ³)	3593											

Tableau N°26 Q_{FC} et volume d’eau mobilisé pour la Courge (Localisé)

	Volume d'eau mobilisé Goutte à Goutte (Courge)											
	Sep,	Oct,	Nov,	Déc,	Jan,	Fév,	Mars,	Avril	Mai	Juin	Juill,	Août
Besoins (mm)	-	-	-	-	-	-	-	50,23	64,31	40,22	46,47	-
QFC (mm)	-	-	-	-	-	-	-	53,37	68,33	42,74	49,37	-
QFC (l/s/ha)	-	-	-	-	-	-	-	0,21	0,26	0,16	0,18	-
Q_{FC} (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	0,0019	0,0024	0,0015	0,0017	-
V (m ³ /ha)	-	-	-	-	-	-	-	533,70	683,34	427,38	493,75	-
Vtot (m ³ /ha)	2138											
Vtot (m ³)	19885											

3.7. SYNTHÈSE

Dans ce chapitre nous avons déterminé les différents paramètres du système d’arrosage, ainsi que les systèmes d’irrigation pour chaque type de culture choisi par l’assolement.

Ceci nous a permis de déterminer les besoins en eau de cultures en fonction du mode d’irrigation appliqué et convenable à chaque plante. En effet, nous avons utilisé le gravitaire pour le palmier dattier, l’aspersion pour la luzerne et l’irrigation localisée pour l’olivier et la courge.

Nous avons abouti à :

- ❖ La luzerne est la plus consommatrice d’eau à l’hectare, le système d’arrosage par aspersion lui reste le plus adapté ;
- ❖ L’irrigation gravitaire point de vue consommation, malgré qu’elle est cerné uniquement autour du d’arbre du palmier dattier, constitue une méthode très consommatrice d’eau ;
- ❖ Quant-au goutte à goutte appliqué à la courge et l’olivier, il est le mode le plus économique point de vue consommation d’eau.

CHAPITRE 04

Dimensionnement
du réseau d'irrigation

4.1. INTRODUCTION

Dans les chapitres précédents, nous avons déterminé les besoins en eau des plantes et les débits nécessaires à l'irrigation. Dans ce chapitre, nous allons dimensionner les différents ouvrages qui doivent véhiculer les quantités d'eaux déterminées jusqu'à la parcelle pour être réparties entre les plantes. Ces ouvrages se composent d'une tête morte et d'un réseau de distribution (Figure N°28).

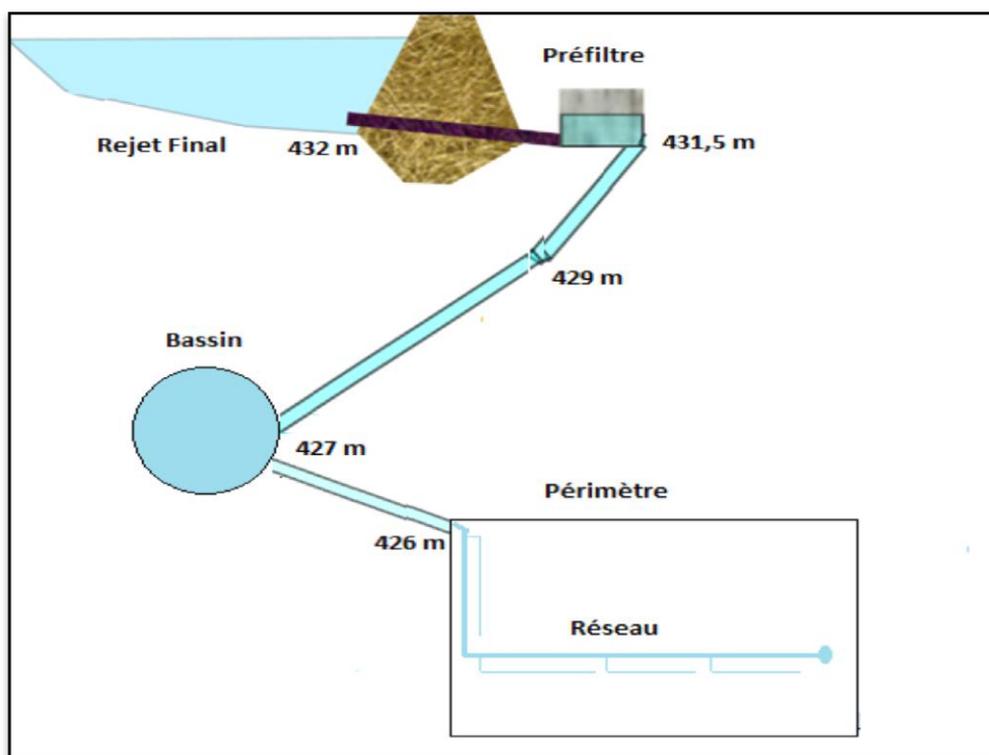


Figure N°28 Schéma vertical

4.2. LA TETE MORTE

Nous appelons tête morte, l'ouvrage qui lie le lieu de mobilisation (bassin, barrage, source, forage ou puits) au réseau de distribution. Dans notre cas, la tête morte est composée des organes suivants :

- ❖ Une prise au niveau du rejet final de la STEP avec une station de pré-filtration à la côte 432 m ;
- ❖ Une adduction gravitaire de la prise du rejet finale jusqu'à un bassin de stockage de côte 427 m ;
- ❖ Une conduite gravitaire liant le bassin au réseau de distribution à la côte 425 m.

Tous les ouvrages de la tête morte sont dimensionnés avec le débit de pointe, soit :

$$Q_p = Q_{FCP} \times S$$

Avec :

- Q_p : le débit de pointe ;
- Q_{FCP} : le débit fictif continu de pointe ;
- S : la superficie totale du périmètre.

4.2.1. PRISE DU STEP ET STATION DE PREFILTRATION

La prise du STEP sera munie d'une vanne papillon (Figure N°29) permettant le déversement du débit nécessaire dans un canal qui alimente un pré-filtre pour l'élimination de la plus grande partie des matières en suspension. La vanne sera asservie au débit demandé par commande aval.



Figure N°29 vanne papillon (Terboud, 2001).

La pré-filtration est composée de bassins rectangulaires utilisant le procédé de filtration simple et rapide, en l’occurrence, les bassins sont remplis de sables de granulométrie de 1 mm sur une hauteur de 1,20 m.

La charge hydraulique (Ch) sur les filtres est prise égale à 5 m³/m².h (en générale, elle variera de 3 à 7 m³/m².h).

La surface des lits (S_f) est donnée par la relation : (Terboud, 2001).

$$S_f = \frac{Q(\text{en m}^3/\text{h})}{\text{Ch}(\text{en m}^3/\text{m}^2.\text{h})} \text{ (en m}^2\text{)}$$

Soit S_f égale à 210 m². Nous choisissons 5 bassins de 42 m² (6 × 7).

4.2.2. ADDUCTION : STATION PREFILTRATION – BASSIN DE STOCKAGE

C’est une canalisation gravitaire qui dérive la totalité du débit nécessaire à partir du STEP jusqu’au point de côte 427 m.

Tableau N°27 Caractéristiques de la conduite d’adduction Station préfiltration et bassin de stockage

Longueur (L en m)	3109
Diamètre (D en mm)	630
Epaisseur (ép en mm)	8.0
Vitesse (V₀ en m/s)	1
Débit (Q en m³/s)	0,3

4.2.3. BASSIN DE STOCKAGE

Le bassin de stockage est un ouvrage dont le rôle principal est la mise en charge du périmètre et la régularisation du débit dans le réseau.

La capacité de cet ouvrage n’ayant qu’un rôle minime, nous optons pour 2 bassins circulaires en béton armé, de 2500 m³.

4.2.4. ADDUCTION : BASSIN DE STOCKAGE – RESEAU

C'est une adduction qui relie le bassin (côte 427 m) à l'entrée du réseau de distribution (côte 426 m).

Cette canalisation est dimensionnée de la même façon que le premier tronçon de la tête morte (Tableau N°28).

4.3. LE RESEAU PRINCIPAL D'IRRIGATION

Le réseau d'irrigation est composé d'une canalisation principale d'alimentation sur laquelle sont branchées les conduites secondaires, alimentant chaque type de parcelles.

Les conduites tertiaires, seront branchées par les fellahs sur les canalisations secondaires ; pour la luzerne, des conduites assurant 0.2 bars pour alimenter les canons arroseur ayant une portée de 30 ml. (Figure N°30).



Figure N° 30 Canon arroseur de 30 ml de porté (0.2 bars)

Pour la Courge, les conduites tertiaires branchées sur la canalisation secondaire sont sous forme de gaines en PEBD perforées à chaque 60 cm, et y sont installées en parallèle sur une distance de 1 m, au dessus des tranchées des rigoles de 20 cm.

Les rangées d'oliviers sont desservies par des canalisations en PEBD sur lesquelles sont branchés des goutteur de débit adéquat à la plante (soit 2 l/h).

La conduite secondaire d'alimentation de la parcelle des palmiers dattiers, répartie le débit d'irrigation dans un bassin rectangulaire de 20 cm de profondeur, à partir duquel les rigoles sont alimentées gravitairement, le diamètre appliqué autour des troncs d'arbre est de 01 m.

Ci-dessous on présente le schéma vertical du périmètre projeté (Figure 31). [Annexe N°4].

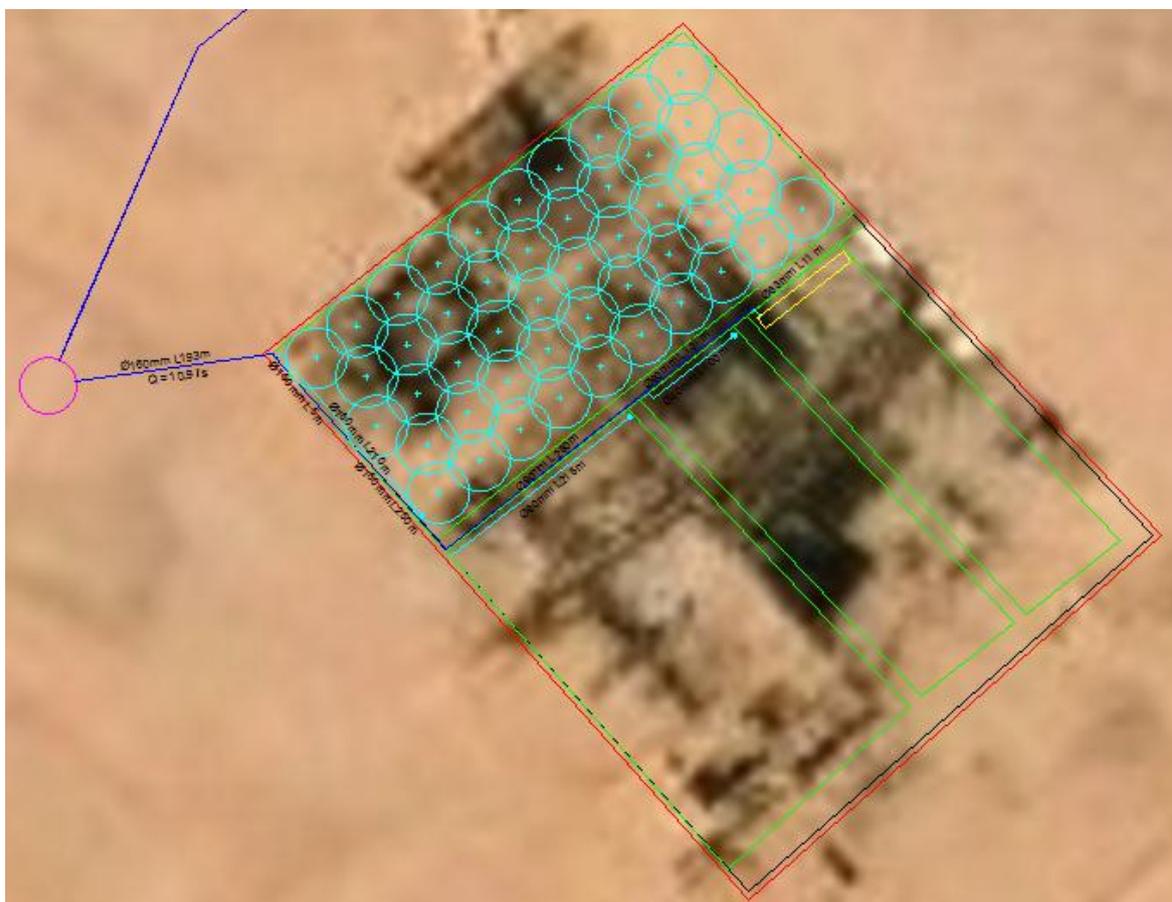


Figure N° 31 Schéma d'alimentation du périmètre projeté

4.4. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION

L'adduction et le réseau sont dimensionnée par la formule de Manning – Strikler donnée par (Terboud, 2001).:

$$Q = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec :

K_s : Coefficient dépendant de la rugosité de la conduite,

S_m : Surface mouillée de la conduite = $\frac{\pi \cdot D^2}{4}$, la conduite étant en charge,

R_h : Rayon hydraulique de la conduite = $\frac{D}{4}$ et

I : Pente de la côte hydraulique.

Le diamètre (D) de la conduite est donné par relation suivante :

$$D = \left(\frac{4^{5/3}}{K \times \pi \times \sqrt{I}} \times Q \right)^{3/8}$$

Une fois le diamètre déterminé nous vérifions la valeur de la vitesse (V) d'écoulement :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

4.5. RESULTAT DE CALCUL

Les résultats des calculs sont résumés dans le Tableau N°28.

Tableau N°28 Dimensionnement le Réseau

<i>Maille</i>	Tronçon	<i>k</i>	<i>L</i>	Pente I	<i>DEBIT</i>	<i>Diamètres</i>			<i>V</i>	<i>pdcl T</i>	<i>C,T,N</i>		<i>PIEZO,</i>		<i>p</i>
			<i>ML</i>	(m/m)	(<i>L/s</i>)	<i>C (m)</i>	<i>N (mm)</i>	<i>In (mm)</i>	(<i>m/s</i>)	<i>pdcl</i>	<i>amon</i>	<i>aval</i>	<i>amon</i>	<i>aval</i>	(<i>m</i>)
Adduction	Bassin--1	90	193	0,0052	10,88	0,141	160	144	0,67	1,03	427,00	426,00	447,00	445,97	19,97
	01--02		5	0,0040	10,88	0,148	160	144	0,67	0,03	426,00	425,00	445,97	445,94	20,94
Luzerne	02--03		210	0,0048	5,63	0,112	110	94	0,81	2,06	425,00	424,00	445,94	443,88	19,88
	02--04		250	0,0040	5,24	0,113	110	94	0,76	2,14	425,00	424,00	445,94	443,80	19,80
Courge	04--05		215	0,0047	2,37	0,081	90	74	0,55	1,13	424,00	423,00	443,80	442,67	19,67
	04--06		250	0,0040	2,87	0,090	90	74	0,67	1,87	424,00	423,00	443,80	441,93	18,93
Olivier	06--07		100	0,0100	0,55	0,041	40	24	1,21	1,81	423,00	422,00	441,93	440,12	18,12
	06--08		131	0,0038	2,32	0,084	90	74	0,54	0,66	423,00	422,50	441,93	441,27	18,77
Palmier Dattier	08--09		11	0,0455	1,68	0,047	63	47	0,97	0,17	422,50	422,00	441,27	441,10	19,10

CHAPITRE 05

Assainissement Agricole

5.1. INTRODUCTION

Les assainissements agricoles englobent toutes les techniques propres à éliminer les eaux en excès dans le sol et celles en ruissellement ou en stagnation sur les terrains, nuisibles à l'agriculture. Les principales techniques sont : les corrections des cours d'eau, les canaux d'assainissement, les ouvrages de relèvement des eaux et les drainages (Terboud, 2001).

En assainissement agricole, seule l'eau souterraine excédentaire et de ruissellement doivent être éliminées. Il s'agit de conserver au sol une humidité suffisante.

Parmi les cas particuliers d'assainissement agricole il existe les drainages, propre à éliminer les eaux souterraines excédentaires et les eaux superficielles par un réseau de colatures, de massifs drainant enveloppés de géotextiles et de conduites perforées préalablement enterrées. Dans le cas de drainage par conduites perforées il est possible d'accélérer le drainage et d'augmenter les débits à évacuer par aspiration d'air à travers les tubes enterrés. Ces eaux sont écoulées jusqu'à un émissaire naturel ou artificiel.

L'assainissement des terres par drainage présente de multiples avantages dont les principaux sont : (Terboud, 2001).

- ❖ Aération des sols drainés ;
- ❖ Favorise la nitrification des sols ;
- ❖ Assure une pénétration plus profonde des racines dans le sol ;
- ❖ Facilite la culture des sols ;
- ❖ Provoque la disparition des mauvaises herbes et des maladies des plantes cultivées.

Il est souvent nécessaire de drainer les sols et d'évacuer les eaux excédentaires à l'extérieur même du périmètre.

5.2. DRAINAGE DES EAUX SUPERFICIELLES PAR COLATURES

Les colatures sont des canaux en terre réalisées aux limites des parcelles et servant à évacuer les eaux pluviales excédentaires vers l'Oued

(Figure N°32). Les eaux évacuées proviennent soit par écoulement superficiel soit par écoulements souterrains (Terboud, 2001)..

L'entretien des colatures qui se résumera au curage et au faucardage, sera assuré par l'exploitant.

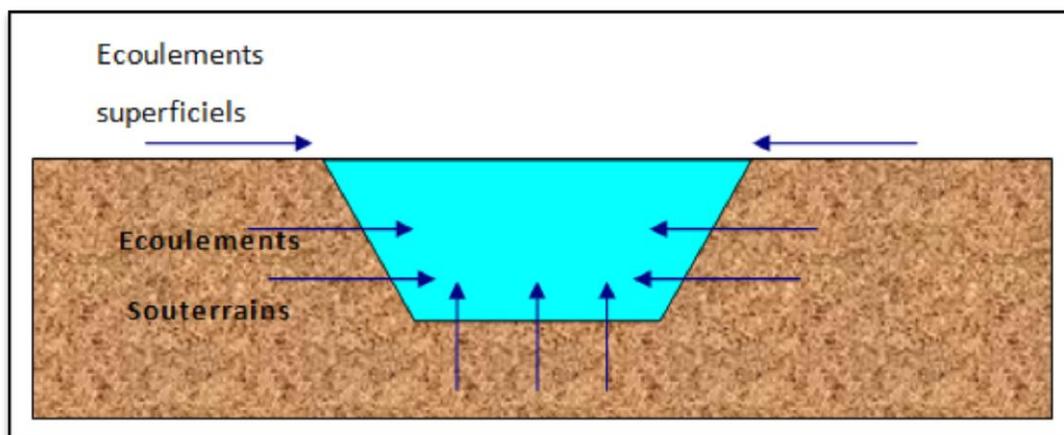


Figure N°32 Drainage par colatures (Terboud, 2001).

5.3. DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES EXCEDENTAIRES

5.3.1. TARISSEMENT ET ECARTEMENT DES DRAINS EN DESSUS DE SUBSTRATUM

Les drains utilisés seront posés à une profondeur (H). Pour leur dimensionnement nous admettrons qu'en cas de saturation du sol, le faite de la nappe atteindra la surface des sols.

Dans ce cas, nous devons rabattre ce faite jusqu'au niveau inférieur aux racines des arbres ($d = H - H_1$) (Figure N°33). Le mouvement de rabattement sera alors fonction du temps (t) soit :

$$d = f(t).$$

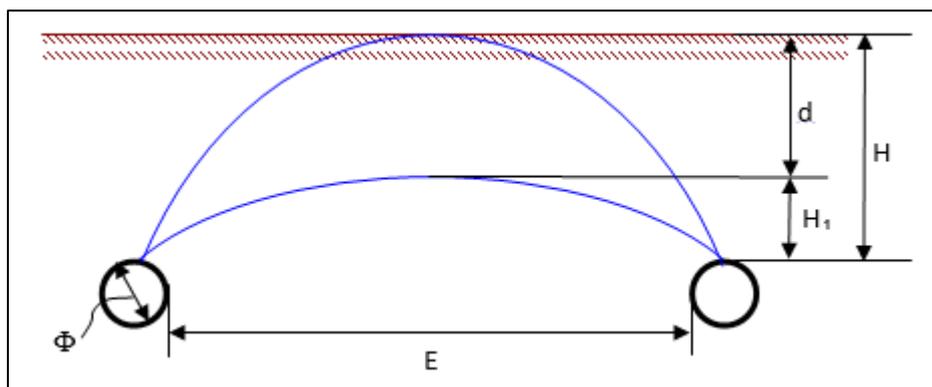


Figure N°33 Tarissement et écartement des drains

S'agissant d'assainissement par drains parallèles, nous pouvons supposer que ce mouvement sera fonction :

- ❖ Des paramètres géométriques du drainage, soit la profondeur H , l'écartement E et le diamètre des drains et la perméabilité des massifs filtrants ;
- ❖ Des propriétés physiques du sol, soit la vitesse de filtration par unité de pente K , le coefficient d'emménagement S .

Pour un substratum imperméable situé à une grande profondeur sous les drains, la directrice de la nappe peut être assimilée à un arc de parabole ayant pour axe la médiatrice d'un segment reliant les deux drains.

Dans le cas général, c'est-à-dire quelle que soit la profondeur du substratum imperméable, nous nous donnons la hauteur de rabattement $d = H - H_1$ que nous désirons réaliser en un temps T et nous utilisons la formule dérivée de la relation de Boussinesq :

$$T = \frac{0,26 \times S \times E^2}{K_2 \times e} \times \log \frac{(1,8e + H_1 \frac{K_1}{K_2}) \times H}{(1,8e + H \frac{K_1}{K_2}) \times H_1}$$

Avec:

T : Durée du rabattement (en s) ;

S : Coefficient d'emménagement ;

E : Ecartement des files de drains (en m) ;

H : Hauteur maximale de la nappe au-dessus des drains à l'instant initial, dans notre cas H est la profondeur des drains (en m) ;

H_1 : Hauteur maximale de la nappe au-dessus des drains au bout du temps T (en m) ;

K_1 et K_2 : Vitesses de filtration par unité de gradient hydraulique dans la direction perpendiculaire aux drains, respectivement au-dessus et au-dessous des drains (en m/s) ;

e : Epaisseur de la couche équivalente, fonction de E , de la distance z du substratum imperméable au plan des files de drains et de leur diamètre (m).

Lorsque les drains reposent sur le substratum imperméable la directrice de la nappe peut être assimilée à un arc d'ellipse ayant pour grand axe une droite reliant deux drains. En cas de régime variable (ce qui est notre cas), la formule précédente devient :

$$E^2 = \frac{4,8KHH_1T}{S(H - H_1)}$$

Remarque :

La détermination des caractéristiques K , H_{Sat} (humidité saturante) et H_r du sol concerné par le drainage au laboratoire de l'université à partir d'échantillons prélevés sur le terrain.

5.3.2. DRAINAGE PAR GEOTEXTILE

La géotextile est un tissu synthétique composé de polypropylène et de nylons. Les fibres sont liées entre elles par le procédé de thermo-fusion. C'est un matériau léger, solide et de grande résistance mécanique ; il peut être utilisé pour (Terboud, 2001):

- ❖ La filtration des terrains perméables ;
- ❖ Séparation des phases liquides des phases solides.

Il convient pour le drainage des terrains peu perméables avec ses caractéristiques de filtration et de séparation.

Les drains sont alors constitués d'un massif de ballastes enveloppés de géotextiles selon la figure N°34 :

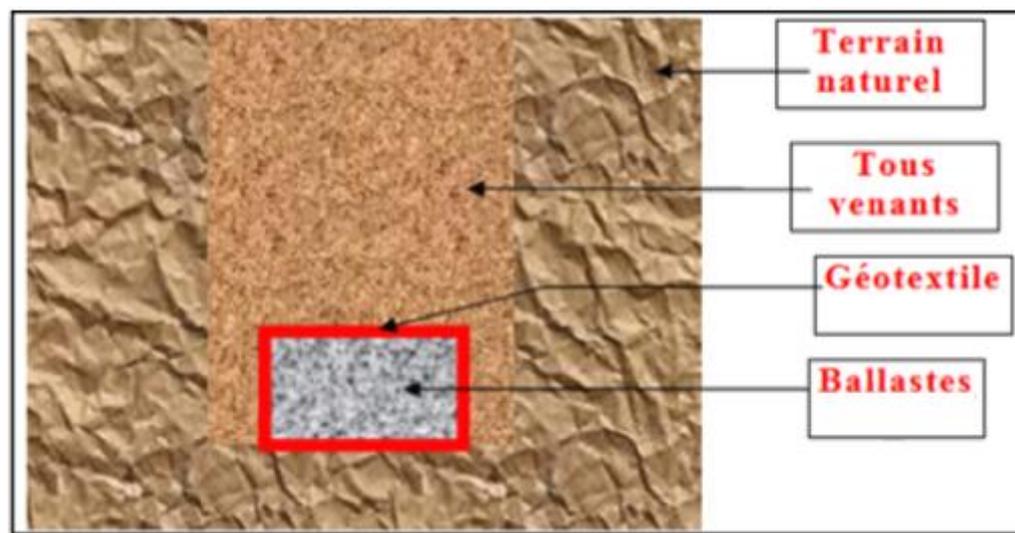


Figure N°14 Drainage par géotextile

5.3.3. DRAINAGE PAR DRAINS EN TUYAUX PERFORES

L'élimination des eaux excédentaires se fera par des drains en PVC perforés sur leurs moitiés supérieures et posés dans des massifs filtrants en graviers et sable (Figure N°35) à une profondeur H et selon une pente de terrain (Terboud, 2001).

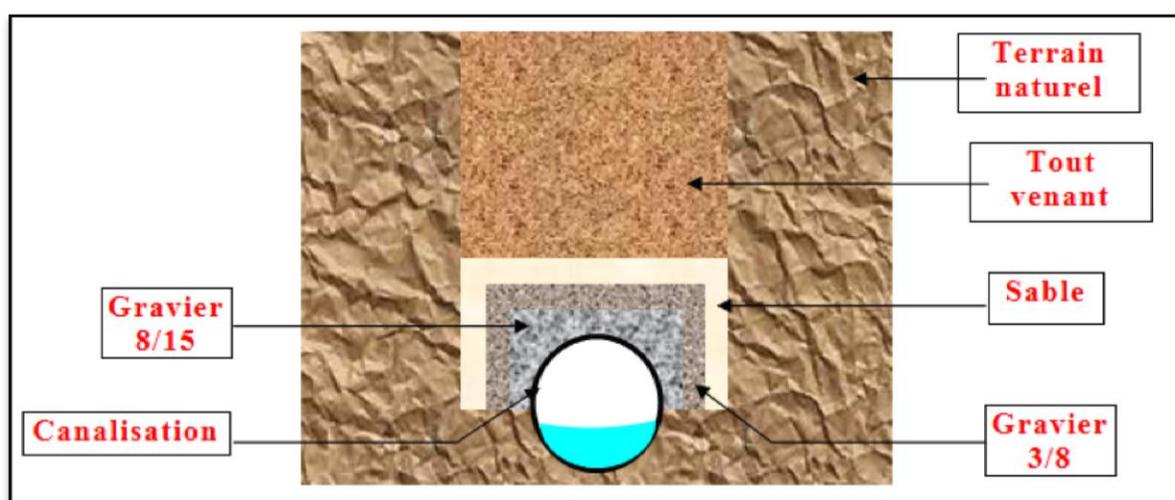


Figure N°35 Drainage par tuyaux perforés

Pour dimensionner les drains nous calculons le débit unitaire évacué par mètre linéaire (ml). Ce dernier est donné par la relation suivante:

$$q = \frac{2 \times K \times H^2}{E \times \left[1 + \frac{16 \times K}{H_{SAT} \times E^2 \times \pi} \times H \times T \right]^2}$$

Le calcul donne un débit unitaire de $6,5 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$. Le diamètre de nos drains est donné par la formule :

$$D = 2 \times \left(\frac{2^{5/3}}{K \cdot \pi \cdot \sqrt{I}} Q \right)^{3/8}$$

Nous résumons dans le tableau N°29 suivant les calculs de l'écartement entre les drains :

Tableau N°29 Calcul d'écartement entre les drains

K (en m/s)	$8,27 \cdot 10^{-4}$
H (en m)	1,5
H_1 (en m)	1
$d = H - H_1$ (en m)	0,5
$T = d / K$ (en s)	1209
$S = H_{\text{Sat}} - H_r$	0,0159
(en m)	3,01

CHAPITRE 05

Assainissement Agricole

5.1. INTRODUCTION

Les assainissements agricoles englobent toutes les techniques propres à éliminer les eaux en excès dans le sol et celles en ruissellement ou en stagnation sur les terrains, nuisibles à l'agriculture. Les principales techniques sont : les corrections des cours d'eau, les canaux d'assainissement, les ouvrages de relèvement des eaux et les drainages (Terboud, 2001).

En assainissement agricole, seule l'eau souterraine excédentaire et de ruissellement doivent être éliminées. Il s'agit de conserver au sol une humidité suffisante.

Parmi les cas particuliers d'assainissement agricole il existe les drainages, propre à éliminer les eaux souterraines excédentaires et les eaux superficielles par un réseau de colatures, de massifs drainant enveloppés de géotextiles et de conduites perforées préalablement enterrées. Dans le cas de drainage par conduites perforées il est possible d'accélérer le drainage et d'augmenter les débits à évacuer par aspiration d'air à travers les tubes enterrés. Ces eaux sont écoulées jusqu'à un émissaire naturel ou artificiel.

L'assainissement des terres par drainage présente de multiples avantages dont les principaux sont : (Terboud, 2001).

- ❖ Aération des sols drainés ;
- ❖ Favorise la nitrification des sols ;
- ❖ Assure une pénétration plus profonde des racines dans le sol ;
- ❖ Facilite la culture des sols ;
- ❖ Provoque la disparition des mauvaises herbes et des maladies des plantes cultivées.

Il est souvent nécessaire de drainer les sols et d'évacuer les eaux excédentaires à l'extérieur même du périmètre.

5.2. DRAINAGE DES EAUX SUPERFICIELLES PAR COLATURES

Les colatures sont des canaux en terre réalisées aux limites des parcelles et servant à évacuer les eaux pluviales excédentaires vers l'Oued

(Figure N°32). Les eaux évacuées proviennent soit par écoulement superficiels soit par écoulements souterrains (Terboud, 2001)..

L'entretien des colatures qui se résumera au curage et au faucardage, sera assuré par l'exploitant.

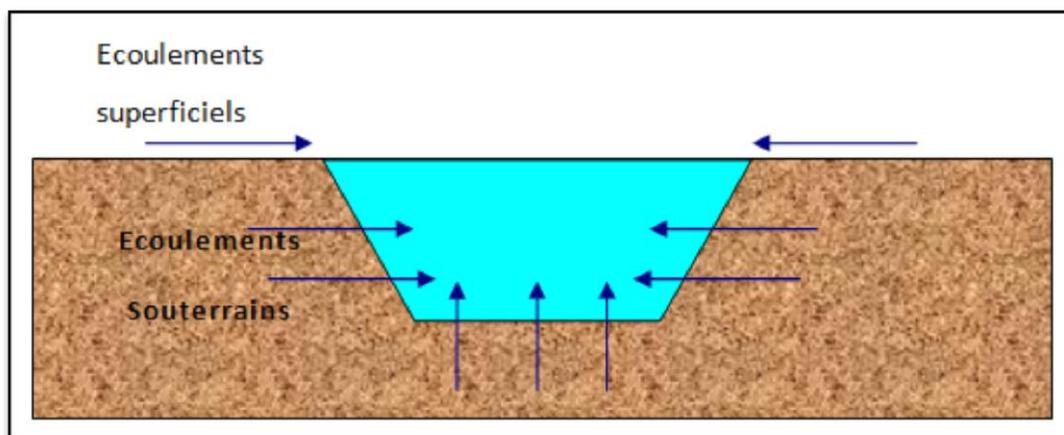


Figure N°32 Drainage par colatures (Terboud, 2001).

5.3. DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES EXCEDENTAIRES

5.3.1. TARISSEMENT ET ECARTEMENT DES DRAINS EN DESSUS DE SUBSTRATUM

Les drains utilisés seront posés à une profondeur (H). Pour leur dimensionnement nous admettrons qu'en cas de saturation du sol, le faite de la nappe atteindra la surface des sols.

Dans ce cas, nous devons rabattre ce faite jusqu'au niveau inférieur aux racines des arbres ($d = H - H_1$) (Figure N°33). Le mouvement de rabattement sera alors fonction du temps (t) soit :

$$d = f(t).$$

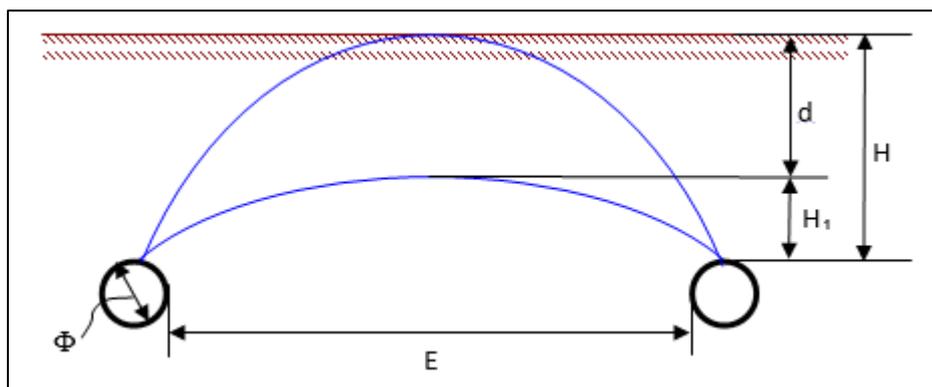


Figure N°33 Tarissement et écartement des drains

S'agissant d'assainissement par drains parallèles, nous pouvons supposer que ce mouvement sera fonction :

- ❖ Des paramètres géométriques du drainage, soit la profondeur H , l'écartement E et le diamètre des drains et la perméabilité des massifs filtrants ;
- ❖ Des propriétés physiques du sol, soit la vitesse de filtration par unité de pente K , le coefficient d'emmagasinement S .

Pour un substratum imperméable situé à une grande profondeur sous les drains, la directrice de la nappe peut être assimilée à un arc de parabole ayant pour axe la médiatrice d'un segment reliant les deux drains.

Dans le cas général, c'est-à-dire quelle que soit la profondeur du substratum imperméable, nous nous donnons la hauteur de rabattement $d = H - H_1$ que nous désirons réaliser en un temps T et nous utilisons la formule dérivée de la relation de Boussinesq :

$$T = \frac{0,26 \times S \times E^2}{K_2 \times e} \times \log \frac{(1,8e + H_1 \frac{K_1}{K_2}) \times H}{(1,8e + H \frac{K_1}{K_2}) \times H_1}$$

Avec:

T : Durée du rabattement (en s) ;

S : Coefficient d'emmagasinement ;

E : Ecartement des files de drains (en m) ;

H : Hauteur maximale de la nappe au-dessus des drains à l'instant initial, dans notre cas H est la profondeur des drains (en m) ;

H_1 : Hauteur maximale de la nappe au-dessus des drains au bout du temps T (en m) ;

K_1 et K_2 : Vitesses de filtration par unité de gradient hydraulique dans la direction perpendiculaire aux drains, respectivement au-dessus et au-dessous des drains (en m/s) ;

e : Epaisseur de la couche équivalente, fonction de E , de la distance z du substratum imperméable au plan des files de drains et de leur diamètre (m).

Lorsque les drains reposent sur le substratum imperméable la directrice de la nappe peut être assimilée à un arc d'ellipse ayant pour grand axe une droite reliant deux drains. En cas de régime variable (ce qui est notre cas), la formule précédente devient :

$$E^2 = \frac{4,8KHH_1T}{S(H - H_1)}$$

Remarque :

La détermination des caractéristiques K , H_{Sat} (humidité saturante) et H_r du sol concerné par le drainage au laboratoire de l'université à partir d'échantillons prélevés sur le terrain.

5.3.2. DRAINAGE PAR GEOTEXTILE

La géotextile est un tissu synthétique composé de polypropylène et de nylons. Les fibres sont liées entre elles par le procédé de thermo-fusion. C'est un matériau léger, solide et de grande résistance mécanique ; il peut être utilisé pour (Terboud, 2001):

- ❖ La filtration des terrains perméables ;
- ❖ Séparation des phases liquides des phases solides.

Il convient pour le drainage des terrains peu perméables avec ses caractéristiques de filtration et de séparation.

Les drains sont alors constitués d'un massif de ballastes enveloppés de géotextiles selon la figure N°34 :

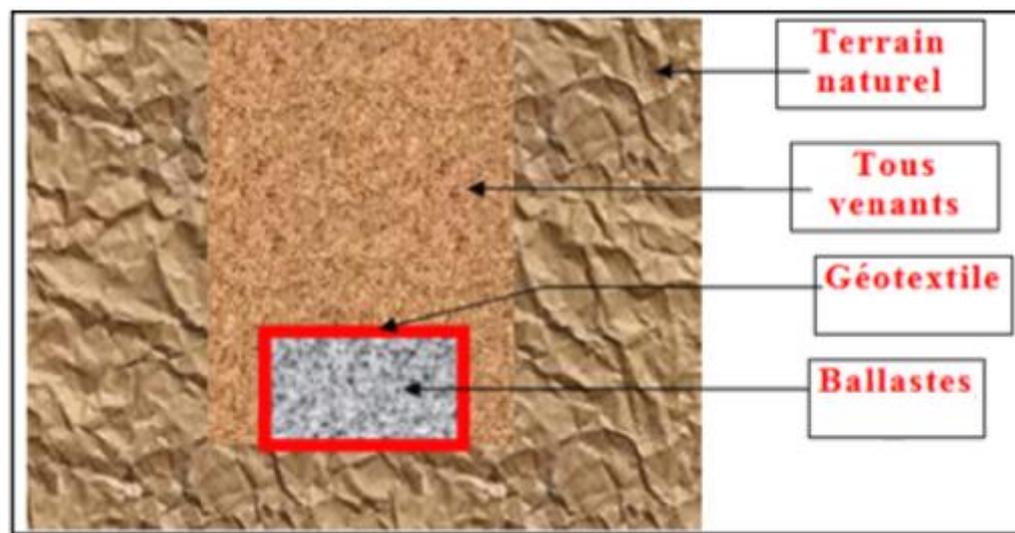


Figure N°14 Drainage par géotextile

5.3.3. DRAINAGE PAR DRAINS EN TUYAUX PERFORES

L'élimination des eaux excédentaires se fera par des drains en PVC perforés sur leurs moitiés supérieures et posés dans des massifs filtrants en graviers et sable (Figure N°35) à une profondeur H et selon une pente de terrain (Terboud, 2001).

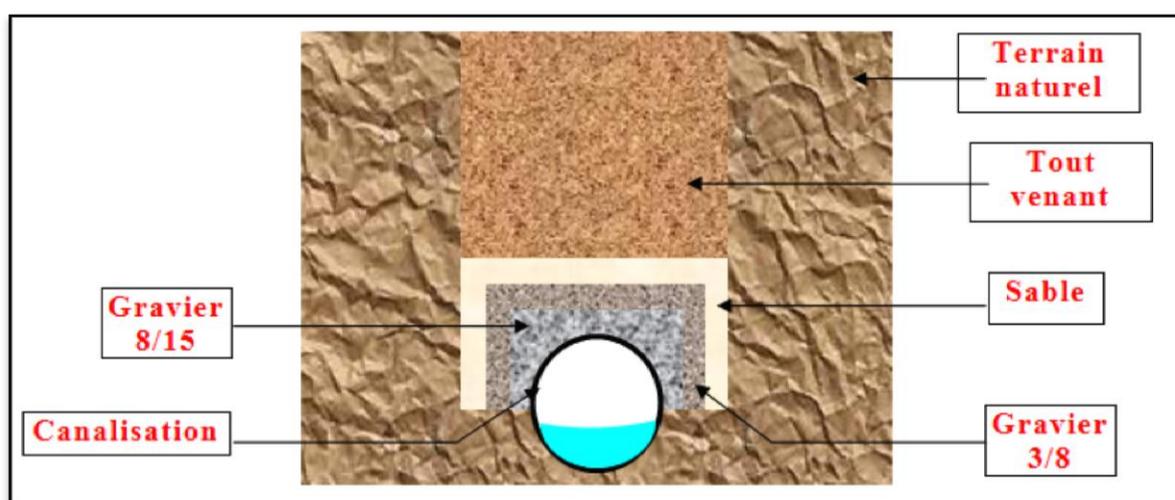


Figure N°35 Drainage par tuyaux perforés

Pour dimensionner les drains nous calculons le débit unitaire évacué par mètre linéaire (ml). Ce dernier est donné par la relation suivante:

$$q = \frac{2 \times K \times H^2}{E \times \left[1 + \frac{16 \times K}{H_{SAT} \times E^2 \times \pi} \times H \times T \right]^2}$$

Le calcul donne un débit unitaire de $6,5 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$. Le diamètre de nos drains est donné par la formule :

$$D = 2 \times \left(\frac{2^{5/3}}{K \cdot \pi \cdot \sqrt{I}} Q \right)^{3/8}$$

Nous résumons dans le tableau N°29 suivant les calculs de l'écartement entre les drains :

Tableau N°29 Calcul d'écartement entre les drains

K (en m/s)	$8,27 \cdot 10^{-4}$
H (en m)	1,5
H_1 (en m)	1
$d = H - H_1$ (en m)	0,5
$T = d / K$ (en s)	1209
$S = H_{\text{Sat}} - H_r$	0,0159
(en m)	3,01

Chapitre 06

Asservissement des
Réseaux d'Irrigation

6.1. INTRODUCTION

Il est très difficile à vue d'œil de déterminer que la plante a besoin d'eau ou pas, parce qu'on peut soit donner la dose qu'il faut assez en retard ou trop en avance. Dans les deux cas la plante peut subir des conséquences néfastes à son développement.

Pour bien connaître le moment opportun de déclenchement des irrigations il faut effectuer un pilotage des irrigations, le pilotage ne peut se faire n'importe comment, mais avec le plus de précision que possible pour éviter que la plante ne souffre du stress hydraulique.

Et pour une gestion optimale du réseau d'irrigation et une bonne conduite de l'irrigation nous faisons appel à l'asservissement.

6.2. DETECTION DU STRESS HYDRIQUE DE LA PLANTE

En mesurant très finement les variations des dimensions des fruits ou des tiges d'un arbre ou d'une plante, nous pouvons repérer le moment où il est nécessaire d'irriguer. A ce fait, les organes végétaux (fruits, tiges) sont équipés de capteurs, qui mesurent les fines variations de dimensions occasionnées durant la vie de la plante elle-même, dans son environnement (Figure N° 36) (Terboud, 2001).

La plante croît d'un jour à l'autre, mais une observation plus fine sur 24 h permet de distinguer une phase nocturne de croissance régulière d'une phase diurne, généralement décroissante au cours d'une journée ensoleillée. L'importance de cette réduction diurne de diamètre est révélatrice à la fois de l'intensité de la transpiration de la plante et de la mobilisation de ses réserves en eau. Au cours de la journée, une réduction au-delà d'un certain seuil révèle, bien avant un flétrissement visible, que le sol ne fournit plus assez d'eau pour un fonctionnement normal de la plante qui creuse son déficit en eau et réclame une irrigation. L'appareil est donc capable de repérer une réduction anormale de dimensions au cours de la journée, c'est-à-dire le franchissement du « seuil de soif » préalablement programmé.

Les capteurs sont placés sur quelques plantes (2 à 3) choisis pour être représentatifs de la parcelle et signalent régulièrement les variations de dimensions au « Bio-programmateur » (le capteur) qui repère le moment où le seuil de soif est atteint, et renvoi l'information au système d'asservissement de la borne d'irrigation qui actionne automatiquement l'électrovanne pour la délivrance du volume d'eau nécessaire. L'opération se renouvelle lorsque la quantité d'eau délivrée a été consommée par les plantes, compte tenu du climat et des précipitations éventuelles.

Cette irrigation autorise d'évidentes économies d'eau et d'énergie, mais permet surtout d'envisager une réduction de certaines nuisances (lessivage intempestifs) et un pilotage plus serré vers une régularisation de la qualité des récoltes.

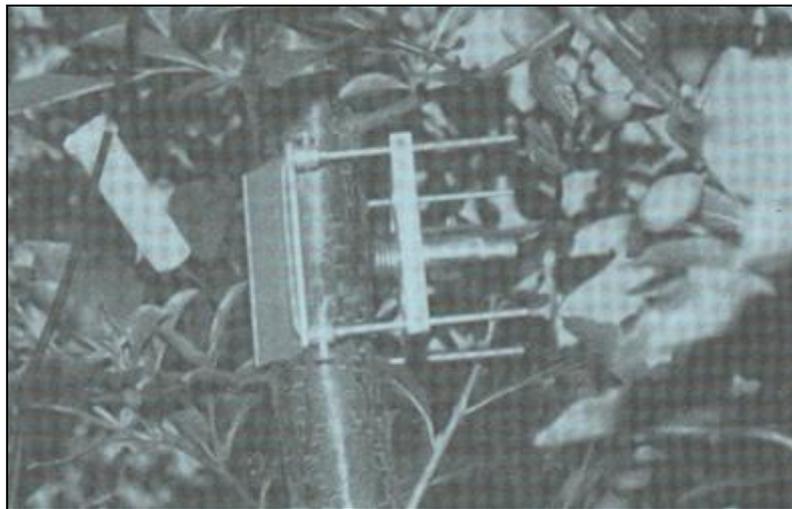


Figure N°36 Détection du stress (Terboud, 2001).

6.2.1. LES TENSIOMETRES

Le manomètre est relié à la télécommande automatique de la borne d'irrigation.

La tension : force de liaison de l'eau avec le sol, se mesure avec les tensiomètres, appareils peu coûteux dont l'emploi présente de multiples limites.

Le tensiomètre sert à :

- ❖ Détecter les excès d'eau ;
- ❖ Insuffisance du drainage ;
- ❖ Apports d'eau trop abondants ;
- ❖ Formation de nappe perchée temporaire;
- ❖ Développement trop important du volume saturé en irrigation localisée.

Ils permettent de :

- ❖ Apprécier l'opportunité ;
- ❖ Commencer les arrosages ;
- ❖ Renouveler les arrosages, en contrôlant que l'apport précédent a été totalement utilisé.

Ils renseignent sur le devenir de l'eau d'irrigation dans le sol :

- ❖ En aspersion profondeur atteinte par une dose d'arrosage,
- ❖ En gravitaire profondeur atteinte, diffusion latérale de l'eau, et homogénéité de sa répartition le long des raies,
- ❖ En goutte à goutte, diffusion de l'eau,
- ❖ Adaptation ou non de ce système d'irrigation au type de sol,
- ❖ Bases d'ajustement de la fréquence et de la dose pour maintenir un volume humidifié constant (Projet irrigation, 2013).

6.2.1.1. PRINCIPE DE MESURE

L'eau contenue dans le sol est retenue par des forces de tension superficielle. La succion exercée par les racines permet d'extraire cette eau.

Les forces de liaison de l'eau et du soi sont donc caractérisées par une variable appelée communément tension ou succion, exprimée en unité de pression.

Pour mesurer la tension, on utilise des appareils composés d'un organe de mesure qui traduit la tension de l'eau dans le sol. Dans le cas des tensiomètres.

La transmission de la tension jusqu'à l'organe de mesure (manomètre à dépression), s'effectue par une colonne d'eau en équilibre avec l'eau du sol, par l'intermédiaire d'une capsule poreuse (Projet irrigation, 2013).

6.2.1.2. CONSTITUTION D'UN TENSIOMÈTRE

Le tensiomètre est un appareil constitué : (Figure N°37)

- ❖ d'un réservoir hermétique contenant de l'eau (1),
- ❖ d'une bougie poreuse en céramique (2),
- ❖ d'un dispositif de mesure de dépression (manomètre à dépression) (3).

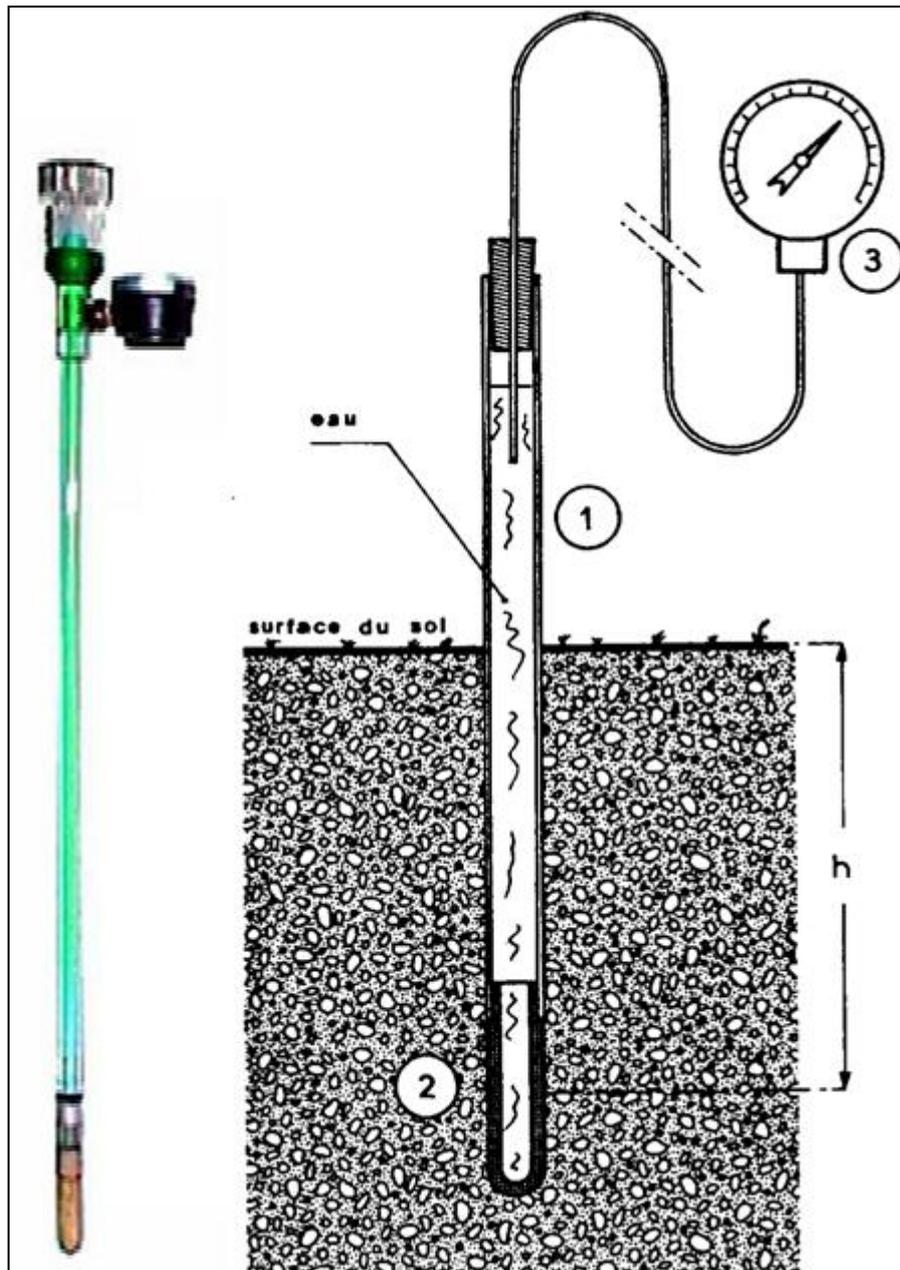


Figure N° 37 Constitution d'un tensiomètre (Terboud, 2001)

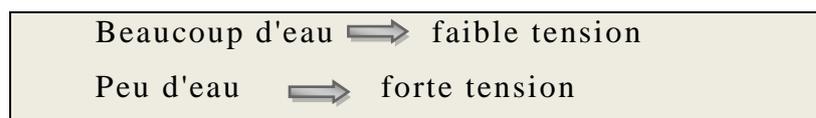
6.2.1.3. FONCTIONNEMENT DU TENSIOMETRE

Le tensiomètre est disposé dans le sol à une profondeur « h » à laquelle on veut effectuer une mesure. L'extrémité poreuse (bougie) est alors en contact intime avec le sol d'une part, l'eau du réservoir d'autre part.

- ❖ Si le sol est gorgé d'eau, on ne constate aucun phénomène, et l'indicateur de dépression (3) reste à sa position initiale.
- ❖ Si la teneur en eau du sol diminue (évaporation, transpiration, prélèvement d'eau par les cultures, infiltration), par effet compensateur, l'eau du tensiomètre tend à se diffuser au travers de la paroi poreuse, entraînant une baisse de pression dans le réservoir, dont la valeur est lue sur le manomètre (3).

L'équilibre traduit un état hydrique du sol (ou plus exactement l'état de liaison de l'eau avec le sol), résultant d'une tension d'autant plus important que le sol est pauvre en eau.

Quand la teneur en eau du sol augmente (pluie, irrigation), le phénomène inverse se produit : la tension diminue et la pression remonte dans le réservoir (il est à retenir que la pression régnant à l'intérieur du tensiomètre est égale ou inférieure à la pression atmosphérique) (Projet irrigation, 2013).



6.2.1.4. PRÉPARATION DES APPAREILS

Préparer correctement les tensiomètres : la difficulté majeure réside dans la nécessité d'obtenir une saturation complète de tous les pores de la bougie, ainsi que d'éliminer toutes les bulles de gaz que peut contenir l'eau.

Tableau N° 30 Préparation d'un tensiomètre (Léopold, 2013).

<u>Principe</u>	<u>Chronologie</u>
a) bonne saturation des Pores de la bougie ;	1) remplir d'eau colorée ;
b) remplissage de l'appareil avec de l'eau colorée ;	2) suspendre hors d'eau quelques minutes ;
c) dégazage maximal de l'eau ;	3) bougie dans l'eau, aspirer 3 mn* ;
y) compris celle du manomètre)	4) fermeture -contrôle d'origine
fermeture étanche ;	(bougie seule dans l'eau)
e) contrôle de la valeur d'origine ;	- quelques minutes.
f) contrôle souhaitable du manomètre avec un autre appareil en dérivation.	

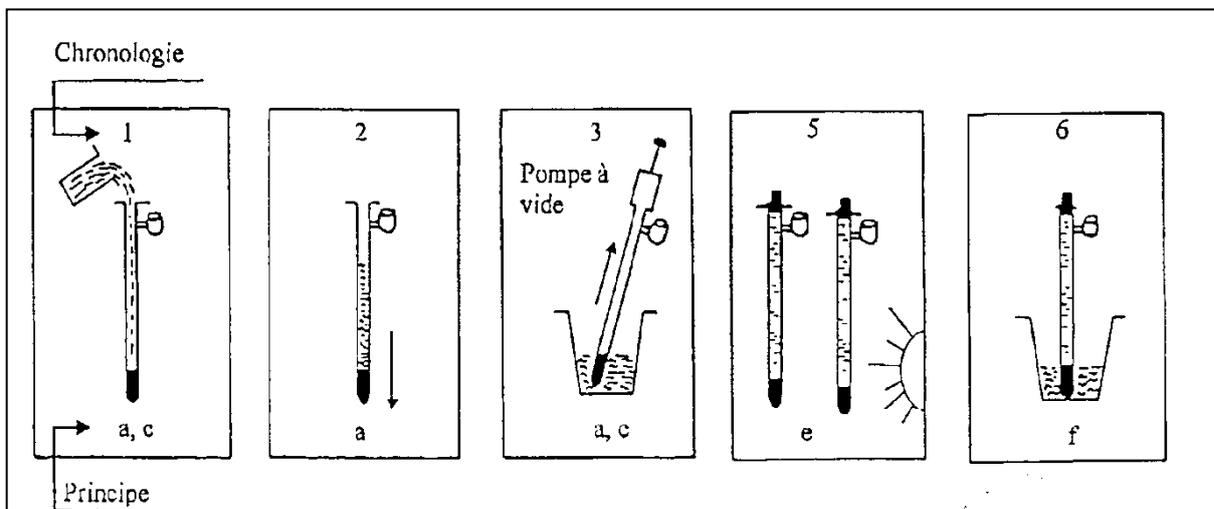


Figure N°38 Préparation d'un tensiomètre (Léopold, 2013).

* Opération délicate : l'orifice du manomètre doit être orienté vers le haut au moment du dégazage.

6.2.1.5. MISE EN PLACE DES TENSIOMÈTRES

Avec une barre métallique, de même diamètre que le tensiomètre, sur laquelle on fait un repère de profondeur, on réalise un avant-trou. Avant de retirer cette tige, on s'assure qu'aucun élément grossier ne puisse tomber dans l'orifice.

On introduit ensuite dans l'avant-trou 2 à 3 cm³ de boue épaisse, confectionnée avec des éléments fins du sol en place.

Le tensiomètre est alors placé de force à la profondeur voulue (un repère ayant été fait sur la tige); ne pas oublier d'ouvrir le tensiomètre avant de l'enfoncer dans l'avant-trou.

Les tensiomètres sont généralement utilisés par paire : l'un (A) aux $\frac{3}{4}$ de la profondeur normale de la zone racinaire. Chaque installation (deux tensiomètres) est permanente pour une saison de culture (Projet d'irrigation, 2013).

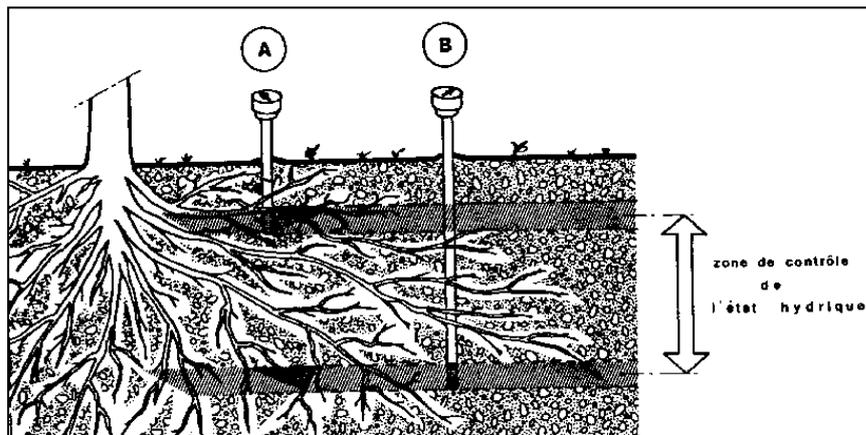


Figure N°39 Mise en place des tensiomètres (Terboud, 2001)

Les deux tensiomètres procurent une information optimale des conditions hydriques en sous-sol intéressant la croissance de la culture, 90% de ses besoins en eau se situant au-dessus des $\frac{3}{4}$ de sa zone racinaire, et permettant un contrôle efficace de l'irrigation.

Le tensiomètre (A) indique une demande en eau. Le tensiomètre (B) indique le temps et la profondeur de pénétration. Les tensiomètres permettent d'entretenir l'optimum des conditions nutritionnelles en état hydrique du système racinaire de la culture.

Le nombre de tensiomètres nécessaires varie avec le type de culture, et les caractéristiques du sol. Dans les situations les plus favorables : surface plane, sol homogène, larges surfaces irriguées, une installation peut être représentative d'une étendue atteignant 8 hectares. Pour des sols de topographie et de constitutions irrégulières, il faudra multiplier les installations.

Dans le cadre de suivi de culture, des visites périodiques aux installations permettent de relever les indications des deux tensiomètres (A) et (B).

Le tensiomètre (A) répond en premier lieu à l'assimilation de l'eau par les cultures. Dans la gamme de 30 à 60 centibars, il est souhaitable d'arroser. Durant et après l'arrosage, la lecture pourra être de 0 à 15 centibars.

Le tensiomètre (B) renseigne sur la quantité maximale d'eau que la parcelle peut retenir. Une valeur d'environ 10 centibars indique la fin de l'opération de l'irrigation.

Un essai avec chaque type de sol et de système d'irrigation permet de déterminer les conditions d'arrosage optimales. Il importe en effet d'optimiser les conditions hydriques des sols dans lesquels se développent les cultures (rendement) sans gaspillage d'eau, ni entraînement des éléments nutritifs (Projet irrigation, 2013).

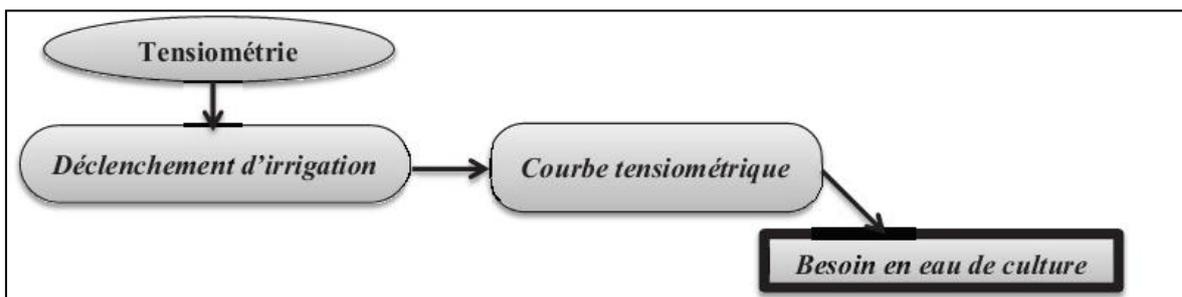


Figure N°40 Principe de fonctionnement du pilotage de l'irrigation par tensiomètre (MEISSA, 2012)

6.2.2. CONTROLE DE L'EVOLUTION DE L'EAU DANS LE SOL

L'utilité de renouveler les réserves en eau du sol, par irrigation, n'est effective que lorsque ces réserves se sont amoindries au point de ne plus satisfaire le besoin des cultures.

La conduite judicieuse des arrosages nécessite donc que l'on puisse contrôler l'état hydrique du sol qui est assuré dans notre cas par des tensiomètres.

Lorsque l'humidité dans le sol diminue, ce dernier tend à se dessécher et la bougie restitue la perte d'eau au milieu ; dans ce cas, le réservoir étant étanche, il se produit, par rapport à la pression atmosphérique ambiante, une dépression mesurée par le manomètre. Si le sol est réhumidifié, la dépression provoque un retour de l'eau dans le tensiomètre et le manomètre indique le nouvel équilibre obtenu.

Les indications données par le manomètre sont transmises au système de télécommande de la borne d'irrigation qui actionnera l'électrovanne et donnera satisfaction aux besoins (Terboud, 2001).

6.2.3. LES PROGRAMMATEURS

Ce sont des appareils électromécaniques ou électroniques. Ils commandent des vannes automatiques, ou des pompes électrique, soit en fonction de consignes enregistrées par l'irriguant, soit après analyse d'informations transmises par des capteurs. Suivant le nombre de voies à la sortie du programmeur, il peut commander séparément un ou plusieurs postes (Figure N°41) (Terboud, 2001).

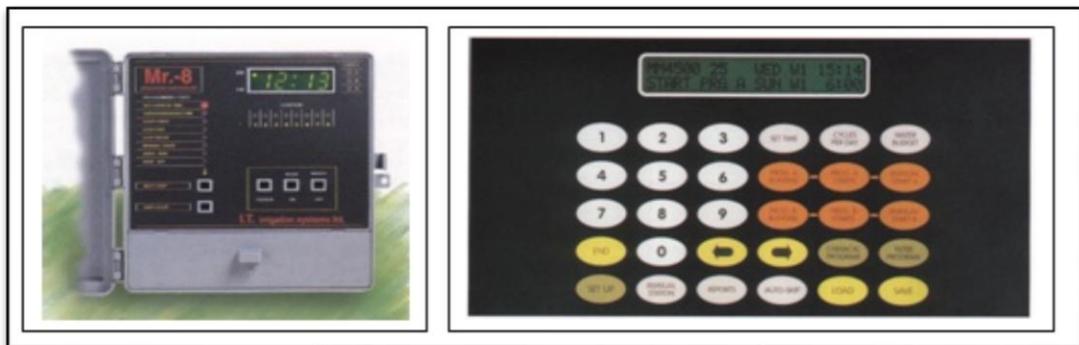


Figure N°41 Programmateur (Terboud, 2001)

Nous distinguons du plus simple au plus complexe :

- ❖ L'horloge : à une voie, qui permet de programmer un ou plusieurs fonctionnements de durée déterminée par jour ;
- ❖ Le programmeur séquentiel : la durée de fonctionnement de chaque voie (prises) et la fréquence ou les heures de démarrage des cycles sont programmées. Au cours de chaque cycle, les voies sont activées les unes après les autres, ce qui permet d'utiliser la totalité du débit disponible sur chaque poste, l'un après l'autre. Un nouveau cycle ne démarre que si le précédent est terminé ;
- ❖ Le programmeur à voies indépendantes : la fréquence ou les heures de démarrage et la durée de fonctionnement de chaque voie peuvent être programmées de façon indépendante. Il peut y avoir chevauchement de fonctionnement des différentes voies (de différents postes) ;
- ❖ Les automates programmables qui fonctionnent à partir d'informations transmises par des capteurs en temps réel, qu'ils enregistrent et traitent.

6.2.4. LES VANNES AUTOMATIQUES



Figure N°42 Vanne (Terboud, 2001)

Les vannes automatiques (Figure N°42) sont des appareils dont l'ouverture ou la fermeture sont commandées automatiquement par un dispositif intégré à l'appareil comme les moteurs électriques et les systèmes électroniques ou électromécaniques (Terboud, 2001).

Les pilotes des vannes automatiques seront montés directement sur les vannes qu'ils commandent (Figure N°43).

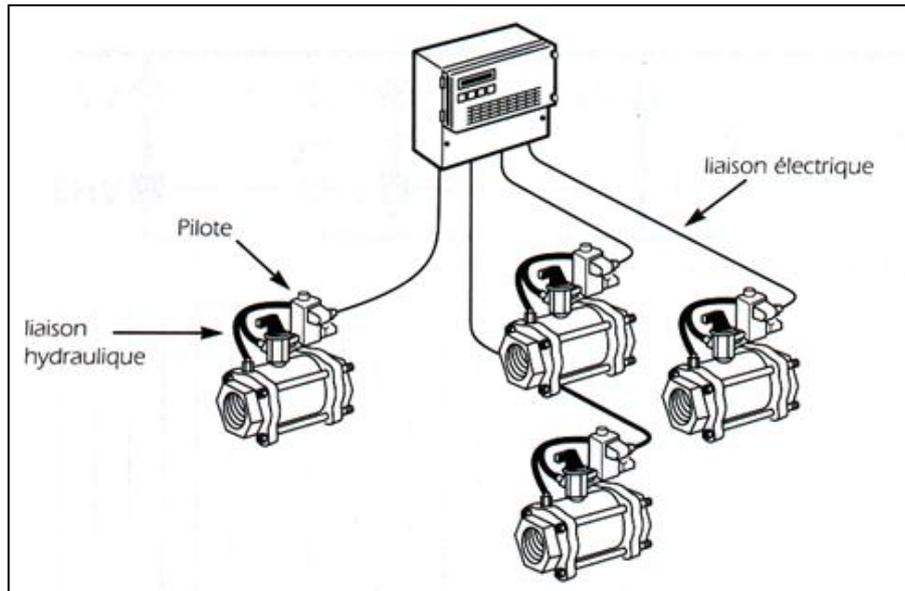


Figure N°43 Montage de vannes automatique (Terboud, 2001)

6.3. CONCLUSION

Dans ce chapitre on remarque que l'automatisation est utile indispensable pour une bonne gestion qui permet d'un périmètre agricole, elle permet de :

- ❖ Fractionner les apports d'eau et améliorer la qualité de l'irrigation ;
- ❖ Une meilleure gestion de la ressource en eau disponible ;
- ❖ Une diminution de la main-d'œuvre nécessaire à l'irrigation ;
- ❖ Une meilleure utilisation de la main-d'œuvre pour le fonctionnement des installations.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les zones arides caractérisées par une grande pénurie d'eau, et par des évaporations importantes ne permettant pas toutes activités agricoles sans irrigation.

Cette contribution abordant l'utilisation d'eau usée traitée de la STEP d'EL-Atteuf dans le domaine agricole pour l'irrigation, peut aider à diminuer le gaspillage de l'eau. Pour notre cas nous avons considéré une parcelle de trente et un hectares de superficie cultivée par diverses cultures.

Donc ce travail s'articule sur deux parties; la première concerne l'analyse de sol et des eaux usées épurées de la STEP de EL-Atteuf, et l'autre l'irrigation des cultures choisies (le palmier dattier, l'olivier, la luzerne et la Courge), par ces eaux épurées.

Le premier chapitre de ce mémoire est un aperçu sur la zone d'étude en générale, description du milieu physique.

Le deuxième chapitre composé de deux parties ; dans la première partie nous avons présenté la STEP d'EL-Atteuf, sa situation géographique par rapport la ville et par rapport le périmètre de Kef Doukhane, ensuite une deuxième partie concerne la possibilité de l'irrigation à partir des eaux usées épurées de la STEP d'un débit de 25000 m³, par l'analyse du constat de la qualité des eaux à l'exutoire, qui s'est avéré acceptable par rapport à la norme d'irrigation, d'une part. D'autre part, l'application d'un assolement adéquat que le calcul de l'aptitude des sols du périmètre sur les cultures choisies, sur la base de prélèvement et d'analyse d'échantillonnage de terre à différentes profondeurs et différents endroits, a indiqué qu'elle est favorable.

Dans le troisième chapitre nous donnons un rappel théorique sur les systèmes d'arrosage, par la suite nous avons estimé les besoins en eau selon le type d'arrosage appliqué, pour les différentes cultures, le Palmier dattier, l'Olivier, la Luzerne et la Courge.

Nous avons utilisé l'aspersion par canon de 0.2 bars et de 30 m de portés pour la luzerne, qui s'avère la plus consommatrice d'eau, toutefois,

cette consommation ne dépend pas du système d'irrigation adapté mais étant la luzerne est un type de céréale qui demande beaucoup d'eau.

L'irrigation gravitaire du Palmier dattier reste le système le plus médiocre en matière de consommation d'eau, vu la quantité importante d'eau desservie sur les plans de la parcelle.

Quant-au goutte à goutte appliqué à l'olivier et à la courge, reste le moyen le plus économique en matière de préservation de la quantité d'eau.

Par la suite, au quatrième chapitre, nous avons dimensionné notre réseau d'irrigation, par la projection d'un ouvrage de filtration sur sable à la sortie de la STEP composé de cinq bassins de (6 x 7)m² de dimension, à partir des quels une conduite tête morte alimente deux bassins rectangulaires de stockage et de régulation du débit et des pression, dont leur capacité est de 2500 m³. Par la suite une canalisation principale alimente l'ensemble du périmètre, sur laquelle est branchée quatre conduites secondaires ; à savoir, une conduite alimentant la luzerne sur laquelle sont installées des canalisations tertiaires en PEBD pouvant être doté de canons asperseurs, une autre conduite alimentant la courge, sur laquelle sont branchées des gaines d'irrigation, la troisième conduite sur elle sont branchés les conduits PEBD du goutte à goutte, enfin une conduite répartie les eaux sur un bassin à vanne murale, permettant l'irrigation par submersion du palmier dattier.

Quant-au cinquième chapitre, il traite la nécessité de l'assainissement agricole de notre périmètre, en donnant les différentes méthodes qui peuvent être appliqué pour ce sujet.

Le dernier chapitre de ce mémoire, nous avons discuté l'automatisation de notre réseau d'irrigation, dans le but d'améliorer d'avantage l'irrigation suivant la demande, dont le résultat est la préservation de la ressource et l'augmentation du rendement agricole.

D'après cette étude nous avons abouti à :

- ❖ L'utilisation des eaux épurée de la STEP d'EL-Atteuf sans risques pour les cultures ;

- ❖ L'irrigation goutte à goutte est le procédé le plus favorable préconisé dans les zones arides, suite aux avantages qu'il présente, surtout en matière d'économie d'eau d'irrigation.

La réalisation du périmètre d'irrigation à partir de la réutilisation des eaux de la STEP d'EL-Atteuf va permettre l'amélioration des conditions de vies des populations utilisatrices de ces eaux (minimiser du risque sanitaire) et la protection de l'environnement (Faune et Flore), en plus de :

- ❖ Disposer d'une ressource pérenne en eau dont la qualité physico-chimique et bactériologique répond aux normes de l'OMS afin de combler le déficit hydrique que connaît la région ;
- ❖ Bénéficier d'un apport important en éléments fertilisants nécessaires aux plantes et au sol ;
- ❖ Moderniser l'agriculture locale (nouvelles cultures et modes d'irrigation efficients) ;
- ❖ Permettre aux agriculteurs de réaliser, en plus des bons rendements agricoles, des gains économiques sur l'achat des engrais chimiques ;
- ❖ Economiser les frais de pompage en évitant de puiser dans la nappe phréatique ;
- ❖ Contribuer au développement local de la zone ;
- ❖ Ainsi, l'utilisation d'eaux usés épurés est la solution technique la plus adaptée au contexte économique et climatique pour les pays à climats chauds arides à semi-arides ou l'irrigation indispensable.

Enfin, dans cette étude de la périmètre d'irrigation de Kef Doukhane à partir les eaux de la STEP d'EL-Atteuf, nous avons vu l'ensemble des sciences de l'hydraulique et de l'environnement, nous souhaitons que cette étude sera une référence bénéfique pour les prochaines promotions.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

1. **ACHEUR.M, 2014:** « vulnérabilité et protection des eaux souterraine en zone aride, cas de la vallée de M'zab, Ghardaïa Algérie)», Mém. Magister en science de la terre, Univ d'Oran.
2. **AZOUZ .S ,2005 :** « Diagnostic d'un réseau d'irrigation localisée d'une parcelle située a guerrouaou)», Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.
3. **BENHEDID .H, & HARROUZ .N, 2011:** « Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla) », Mém. Ingénieur. En Ecologie et Environnement Univ. Kasdi Merbah- Ouargle.
4. **BOUKHALFA .A, & KAFI .K, 2013 :** « Conséquences de l'utilisation de deux types d'eau d'irrigation sur les paramètres physico-chimique d'un sol de la station d'épuration de Ouargla », Mém. Master en Sciences de la nature et de la vie, Univ Kasdi Merbah, d'Ouargla.
5. **BOUTELLI .H, & MENASRIA .S, 2008:** « Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées » Mém. Ingénieur. En Hydraulique Urbain. Univ. Kasdi Merbah- Ouargle.
6. **BEY.A, 2010:** « L'étude d'un périmètre d'irrigation de Booukhaden», Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.
7. **DJOUDI .H, & RAFA .A, 2009:** « fonctionnement du système hydraulique de partage de la palmeraie Est de Ghardaïa », Mém. Ingénieur. En hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de Polytechnique.
8. **HACHEMI.A, 2005 :** « Diagnostic des pratiques de l'irrigation par les techniques de la micro-irrigation et de l'aspersion (Cas du périmètre de la Mitidja ouest tranche II)», Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.

9. **GADDA .N, 2013:** « Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla», Thèse de magister en Science de l'environnement, Univ. Kasdi Merbah- Ouargle.
10. **KESSAÏSSIA .A, 2011:** « Conception d'une station d'épuration par lagunage naturel pour la ville de GHARDAÏA », Mém. Ingénieur. En Génie d'eau, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.
11. **Léopold RIEUL,** « Guide pratique d'irrigation», Livre. 3eme Edition., P38.
12. **LGB.2010:** « Station de traitement des eaux usées par lagunage a El'Atteuf (Zone des bassins)», Etude Géotechnique LGB, Ghardaïa.
13. **MESSID .I, 2009:** « Conception du réseau pluvial de la commune de Ghardaïa », Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de Polytechnique.
14. **MEÏSSA .B, 2012:** « Essai comparatif des différentes méthodes de pilotage de l'irrigation par Tensiométrie. Bilan hydrique et tour d'eau», Mém. Ingénieur. En Sciences Agronomiques, Univ Kasdi Merbah, d'Ouargla.
15. **OUISALIHA, 2012 :** « Impact des fluctuations climatiques sur la quantité et le qualité des eaux souterraines d'une région semi-aride : cas de la plaine de GHRÏSS (NORD-OUEST ALGERIEN) OUIS S». hydraulique, Université de Mascara.
16. **SAOUCHEA .L, 2009:** « étude de faisabilité d'une digue sur oued Laadhira wilaya de Ghardaïa », Mém. Ingénieur. En hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de Polytechnique.
17. **TERBOUD. N, 2001:** « Etude du périmètre d'irrigation d'El-Fehoul à partir du Barrage de Sekkak (Wilaya de Tlemcen) », Mém. Ing. D'état en hydraulique, Univ. Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.
18. **TINA .O, 2013:** « Etude de la STEP de Belaïa –sidi belaabas », Mém. Licence. En hydraulique, Univ. Ghardaïa.

- 19. ZAHIA .H, 2010:** « Thèse conception d'un réseau d'irrigation sous pression », Mém. Ingénieur. En hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de Polytechnique.
- 20. ZAHOUANI .B, 2013:** « Gestion des eaux usées épurées en zone aride : cas de la STEP d'EL Atteuf (Ghardaïa) », Mém. Ingénieur. En Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – Alger.
- 21. PROJET IRRIGATION.**
- 22. CARTE D'ETAT MAJOR DE GHARDAIA.**
- 23. GOOGLE EARTH., 2015.**
- 24. TUTIEMPO.** Site internet, donnée climatique Algérie _ Ghardaïa.

ANNEXE

ANNEXE N°1 DONNEES CLIMATIQUESERIES

1.1. SERIES DE TEMPERATURES

Tableau N°31 Série des températures mensuelles de la période 2004 – 2014 (TUTIEMPO)

T	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2004	11,9	14,7	18	20,6	23,1	30,4	33,7	35,1	27,8	25	14,3	11,4
2005	9	10,6	18,2	22	28,4	31,7	37,1	34,1	28,5	23,7	22,6	10,8
2006	8,6	12,2	18,9	23,9	28,3	31,8	34,6	34,1	26,9	24,8	17	11,7
2007	12,1	15,3	16,1	19,8	26,4	32,6	33,9	33,7	30	23,6	15,7	11
2008	11,5	13,3	17,7	23	26,5	30,4	36,4	34,9	29,5	21,7	14,1	10,5
2009	10,7	12,3	16,6	19,1	25,5	31,9	35,9	34,5	26,6	22,7	17,1	15
2010	13,4	16,4	18,7	22,7	24,5	31,7	35,2	34,8	28,7	22,3	16,9	13,8
2011	12,2	12,4	15,2	22	24,9	29,6	35,4	34,1	31,4	20,8	16	12,1
2012	10,5	9,5	16,1	21	27,2	34,4	36,9	35,1	29,3	24,8	17,6	12,3
2013	12,5	12,5	18,6	21,6	25,6	30,3	34,7	32,1	29,3	34,7	16,3	10,5
2014	12,5	12,5	18,6	21,6	25,6	30,3	34,7	32,1	29,3	26,91	16,3	10,5
Moy men	11,35	12,88	17,52	21,57	26,00	31,37	35,32	34,05	28,85	24,64	16,72	11,78
Annuelle	22,67											

Tableau N°32 Série des températures mensuelles maximales de la période 2004 – 2014 (TUTTIEMPO)

T M	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2004	17,6	20,6	24,4	26,7	28,9	37,2	39,9	41,6	33,8	31	19,1	16
2005	15,3	16,1	23,9	28,3	34,7	37,7	43,3	40,2	34,3	29,4	28,8	16,4
2006	13,4	17,5	25,7	30,4	34,2	38,2	40,9	40,6	32,7	31,4	22,9	16,1
2007	18,1	20,9	21,9	25,7	32,6	39,5	40,1	40,2	36,7	29,3	22	16,4
2008	17,5	18,8	23,6	29,1	32,8	36,7	42,7	41,2	35,6	26,6	19,1	15,5
2009	15,4	17,7	22,4	24,9	32	38,3	42,3	40,5	32,2	28,7	23,3	21,1
2010	19	22,1	25	28,7	30,5	38,3	41,7	41	34,6	28,1	22,5	19,5
2011	18,5	18,1	20,2	27,7	30,4	35,5	41,5	40,2	37,9	26,1	21,4	17,7
2012	16,2	14,9	21,8	27,4	33,6	40,8	43	41,3	35,7	30,8	23,3	18,3
2013	18,3	18,4	25	27,8	32,6	36,8	41,1	38	35,2	41,1	21,7	15,2
2014	18,3	18,4	25	27,8	32,6	36,8	41,1	38	35,2	33,15	21,7	15,2
moy men	17,05	18,50	23,54	27,68	32,26	37,80	41,60	40,25	34,90	30,51	22,35	17,04
Annuelle	28,62											

Tableau N°33 Série des températures mensuelles minimales de la période 2004 – 2014 (TUTTIEMPO)

T m	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2004	7	9,1	11,2	13,8	16,4	23,5	26,3	28	21,6	19	9,7	6,6
2005	3,3	4,9	12	14,6	21	25	29,7	27,3	22,4	18,5	16,8	6,1
2006	4,4	7,1	11,8	16,8	21,1	23,3	26,9	26,6	21	18,5	11,8	7,8
2007	6,7	9,8	10,1	13,9	19,4	24,7	26,7	27,1	24	18,4	9,7	6,1
2008	6,1	8	11,5	16	19,3	23,1	29,4	28,1	23,6	17,4	9,4	6,1
2009	6,8	7	10,9	12,5	18,4	24,7	28,7	28,3	21,2	16,7	11,5	9,6
2010	8,2	10,8	12,1	16,2	17,9	24,3	28,3	28,3	22,8	16,4	11,5	8,5
2011	6,7	6,8	10	15,8	18,6	23,4	28,6	27,4	25	15,6	11,2	7,4
2012	5,6	4,4	10,3	14,4	19,9	27,2	29,7	28,3	22,5	19,1	12,6	7
2013	7,2	6,9	12,3	15,1	18,5	23,2	27,9	25,9	23,4	27,9	11,4	6,5
2014	7,2	6,9	12,3	15,1	18,5	23,2	27,9	25,9	23,4	20,71	11,4	6,5
moy men	12,46	7,43	11,32	14,93	19,00	24,15	28,19	27,38	22,81	18,93	11,55	7,11
Annuelle	17,10											

Tableau N°34 températures moyenne saisonnier de la période 2004 – 2014 (TUTTIEMPO)

	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
T° min	22,81	18,93	11,55	7,11	12,46	7,43	11,3 2	14,93	19,00	24,15	28,19	27,38
T° max	34,90	30,51	22,35	17,04	17,05	18,50	23,5 4	27,68	32,26	37,80	41,60	40,25
T° moy	28,85	24,64	16,72	11,78	11,35	12,88	17,5 2	21,57	26,00	31,37	35,32	34,05
T° moy saisonnier	23,40			12,01			21,70			33,58		
T° moy annuelle	22,67											

1.2. SERIES PLUVIOMETRIQUES

Tableau N°35 Série des précipitations mensuelles de la période 2004 – 2014 (TUTIEMPO)

PP	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annee	
2004	36,06	0,5	2,03	35,05	0,51	5,08	0	12,95	38,1	0,51	24,14	5,08	160,01	
2005	4,06	5,59	0	0	1,02	1,53	2,03	4,82	74,18	4,07	0	2,03	99,33	
2006	33,78	0	0,51	6,1	12,19	2,04	5,08	9,65	9,91	14,22	0	5,58	99,06	
2007	0	0	4,57	13,71	5,08	0	0	9,4	10,42	0	0	7,87	51,05	
2008	1,02	6,1	1,52	0	0,25	1,53	0	0	25,91	42,41	28,2	8,13	115,07	
2009	62,74	0,51	10,16	5,08	0	4,57	2,79	1,02	43,19	0	0	0	130,06	
2010	7,36	0	1,02	0	4,57	8,13	10,66	0	1,53	9,14	0	0	42,41	
2011	3,3	0	57,92	21,08	1,53	12,96	0	0	7,87	49,28	0	0	153,94	
2012	9,91	2,04	5,59	7,11	0	2,03	0	0	7,37	0,25	5,59	0	39,89	
2013	0,5	0	5,08	3,05	0,51		0	3,05	6,34	0	15,24	26,16	59,93	
2014	0,5	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	6,34	0,08	15,24	26,16	60,01	
moy men	14,48	1,34	8,50	8,57	2,38	3,79	1,87	3,99	21,01	10,91	8,04	7,36	91,89	Moy
Moy	7,69	Ecartype	5,78		min	1,34	max	21,01		CV	0,75		44,10	Ecartype
													39,89	min
													160,01	max
													0,48	CV

Tableau N°36 Série des précipitations journalières maximales de la période 2004 – 2014 (TUTTIEMPO)

PP j	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	PP j max	
2004	32	0,25	2,03	3,05	0,51	3,05	0	7,11	38,1	0,51	14,99	2,03	38,10	
2005	4,06	5,08	0	0	1,02	0,51	2,03	4,06	69,09	3,05	0	2,08	69,09	
2006	8,89	0	0,51	3,05	4,06	0	7,87	6,1	7;11	5,08	1,02	8,89	8,89	
2007	0	0	4,06	7,87	3,05	0	0	7,87	7,87	0	0	7,87	7,87	
2008	1;02	6,1	0,76	0	0,25	1,02	0	0	13,97	23,11	22,1	5,08	23,11	
2009	30,99	0,51	7,87	5,08	0	3,05	2,03	1,02	19,04	0	0	0	30,99	
2010	5,08	0	1,02	0	4,06	5,08	5,08	0	0,51	7,11	0	0	7,11	
2011	3,05	0	48,01	8,89	1,02	9,91	0	0	7,11	38,1	0	0	48,01	
2012	6,1	1,02	2,03	7,11	0	2,03	0	0	6,1	0,25	4,6	0	7,11	
2013	0,25	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	4,06	0	9;91	7,87	7,87	
2014	0,25	0	5,08	3,05	0,51	0	0	3,05	4,06	2,03	9;91	7,87	7,87	
Max	32,00	6,10	48,01	8,89	4,06	9,91	7,87	7,87	69,09	38,10	22,10	8,89	23,27	Moy
Min	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0	21,05	ecartype
													7,11	min
													69,09	max
													0,90	CV

Tableau N°37 précipitations moyenne saisonnière de la période 2004 – 2014 (TUTIEMPO)

Précipitation saisonnière												
	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Max	69,09	38,1	22,1	8;89	32	6,1	48,01	8,89	4,06	9,91	7,87	7,87
Moy men	21,01	10,91	8,04	7,36	14,48	1,34	8,50	8,57	2,38	3,79	1,87	3,99
Min	0,51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	129,29			38,1			60,96			25,65		
Moy men	39,96			23,18			19,44			9,65		
Min	0,51			0			0			0		

Tableau N°38 donnée mensuelle de période 2004 – 2014 (TUTIEMPO)

	janvier	fevrier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Annuel
H moy (%)	52.66	43.11	36.80	33.68	28.46	24.65	21.46	26.05	36.20	40.67	47.41	55.63	446.78
V (m/s)	10.24	13.30	14.36	15.88	15.17	13.36	11.52	10.89	11.28	10.01	10.03	11.53	12.30
E (mm)	4.2	5.4	7	8.9	11	13.5	15.1	13.7	9.9	7.1	4.5	4.3	104.6
Ins (H)	7.70	8.10	8.60	9.60	10.70	11.30	11.70	10.90	9.30	8.70	8.10	7.80	112.50
duré du j (%)	6.84	7.20	7.64	8.53	9.51	10.04	10.40	9.69	8.27	7.73	7.20	6.93	100

ANNEXE N°2 ANNALYSE DE SOL

2.1. ESSAI DE L'HEMUDITE

2.1.1. L'HUMIDITE

L'humidité est la teneur en eau du sol en place, estimée par la différence de poids après séchage dans l'étuve à 105 °C durant 24h, elle est déterminée par la formule suivante : (BOUKHALFA .A, & KAFI .K, 2013)

$$H\% = (PH - PS) / d;$$

PH : poids du sol humide ;

PS : poids du sol sec ;

H : humidité.

2.1.2. PROTOCOLE EXPERIMENTALE

- Laisse à l'air (3h) ;
- Peser l (Ps = 20 g) ;
- Etuve 24 h ;
- Peser à nouveau.

2.1.3. RESULTATS

Tableau N°39 Humidité de sol

	Humidité						
	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140
p ₀ (g)	20						
Ps (g)	25,51	25,35	25,45	26,41	25,6	25,45	25,91
Pd (g)	5,51	5,35	5,45	6,41	5,6	5,45	5,91
H (%)	3,44	15,84	15,91	16,51	16,00	15,91	16,19

2.1. ESSAI DE LA CAPACITE DE RETENSION

2.2.1. PROTOCOLE EXPERIMENTALE

- quantité de sol ;
- saturation en eau distillée;
- Peser ;
- Etuve 24 h à 100°C;
- Peser à nouveau.

2.2.2. RESULTATS

Tableau N°40 Capacité de rétention.

	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140
p_0 (g)	25,51	27,92	25,4	45,6	40,9	36,74	36,14
PH (g)	28,66	33,79	30,36	48,09	40,18	40,11	42,79
Ps (g)	23,58	26,37	24,52	39,93	32,41	34,24	34,66
capacité de rétention	19,91	26,58	22,99	17,89	19,00	15,98	22,50

2.2. ESSAI DE LA DENSITE

2.3.1. PROTOCOLE EXPERIMENTALE

- Peser ($P_s = 100$ g) de sol ;
- Eprouvette 500ml d'eau distillée ;
- Peser à nouveau.

2.3.2. RESULTATS

Tableau N°41 Densité

caractéristique	profil						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Profondeur (Cm)	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140
densité	1,6	1,55	1,52	1,5	1,45	1,32	1,32

2.3. ESSAI DE LA GRANULOMETRIQUE

Selon les fractions envisagées du sol, on a utilisé le tamisage par voie sèche avec l'utilisation d'un vibreur.

2.4.1. PROTOCOLE EXPERIMENTALE

- Pesé 1392g du sol ;
- Superposé des série des tamis ;
- Couler les tamis superposés durant 10 min ;
- Pèse le sol resté dans chaque tamis.

2.4.2. RESULTATS

Tableau N°42 Granulométrie

diamètres (Ø)	masse refus (g)	masse refus (%)	type
> 1,6 mm	874,44	62,81	Gravier+ Cailloux
1,25 mm	22,14	1,59	Sable gros
1 mm	40,59	2,92	
800 µm	52,8	3,79	
630 µm	89,02	6,39	
500 µm	78,59	5,65	
315 µm	128,08	9,20	
250 µm	31,67	2,27	Sable fin
125 µm	46,65	3,35	
80 µm	20,28	1,46	
63 µm	4,56	0,33	
< 63 µm	3,3	0,24	Limon + Argile



Figure N°44 Les tamis dans le vibreur

ANNEXE N°3 L'EAU D'IRRIGATION

**Tableau N°43 Normes de réutilisation des eaux usées épurées
(MRE, 2007 ; JORA, 2012) (PROJET IRRIGATION, 2013)**

Paramètres	Unité	Normes		
		FAO*(1985)	OMS**(1989)	JORA(2012)
pH		6,5-8,4*		6,5-8,5
CE	ds/m	<0,7 * Aucunerestriiction 0,7 – 3,0 * restriction légère àmodérée > 3,0 * Forte restriction		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O2/l	< 40**		90
DBO5	mg O2/l	<10**		30
NO⁻	mg/l	50**		30
NO⁻	mg/l	< 1**		Non disponible
NH⁺	mg/l	< 2**		Non disponible
PO³⁻	mg/l	< 0,94**		Non disponible
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée >9* Forte restriction		Non disponible
Coliforme stotaux	UFC/100ml	Non disponible		Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000**		Non disponible
Salmonelles	UFC/1L	Absence**		Non disponible

Tableau N°44 Recommandation microbiologiques révisées de l’OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (PROJET IRRIGATION,2013)

Catégories	Condition de réutilisation	Groupe exposés	Techniques d’irrigation	Nématodes intestinaux _b	Coliformes fécaux ^c	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restrictions A1 Pour les cultures maraichères consommées crues, les terrains de sport, les parcs publics. ^d	Travailleurs, consommateur, public.	Toutes	$\leq 0,1$ ^e	$\leq 10^3$	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d’un lagunage tertiaire, soit d’une filtration et d’une désinfection).
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères et forêt ^f	B1 travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour	Par aspersion	≤ 1	$\leq 10^5$	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration).
		B2 comme B1	Par rigole d’infiltration ou par gravité	≤ 1	$\leq 10^3$	Comme pour le catégorie A
		B3 travailleur dont les enfants < 15 ans, population alentour	Toutes	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Comme pour le catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s’il n’y a pas d’exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l’irrigation, mais pas moins qu’une sédimentation primaire

(a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socio-culturels et environnementaux devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.

(c) Moyenne géométrique G du nombre /100ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine Nième du produit des N termes d'une série statistique.

(d) Une limite plus restrictive (≤ 200 coliformes fécaux/100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.

(e) Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau contient aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.

(f) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.



Figure N°45 Kef Doukhane



Figure N°46 Goutteur



Figure N°47 Bouchant



Figure N°48 Kef Doukhane

Résumé

المخلص

إن الهدف الأساسي من دراسة سقي مساحة كاف الدخان عن طريق المياه المصفاة لمحطة تصفية المياه العطف -ولاية غرداية- هو استغلال مصدر جديد للمياه من أجل تلبية حاجيات القطاع الفلاحي، و تحسين المدخول المحلي للولاية ، إضافة على ذلك إقتصاد المياه الجوفية.

تطرقنا في هذه المذكرة الى كيفية تجسيد هذه المساحة المسقية ذات 40 هكتار تقريبا ، بعد التعريف بالمنطقة، و تقديم دراسة نظرية لطرق الري عن طريق رسكلة المياه المعالجة، حيث قمنا بوضع خطة لزراعة متعددة النوعية، و طبقنا نظريا الطريقة المناسبة لسقي كل نوع من المحاصيل، إذ حسب نوعية النبات الفلاحي و كمية المياه المستغلة، استعملنا ثلاثة طرق للسقي و هي السقي بالغمر، بالرش المحوري و بالتقطير. قمنا كذلك في آخر المذكرة بوضع خطة عامة حول صرف مياه الري و كذلك أوتوماتيكية سقي النباتات حسب الطلب بوضع التقنية المناسبة لذلك.

المفاتيح : الري، المساحة المسقية، طرق السقي، صرف مياه الري، أوتوماتيكية الري.

Résumé

Le but de l'étude du périmètre d'irrigation de Kef Doukhane à partir des eaux épurées de la STEP d'EL-Atteuf - Wilaya de Ghardaïa, est d'utiliser une nouvelle ressource d'eau qui peut couvrir les besoins agricoles, de minimiser l'utilisation des eaux souterraines et de moderniser l'agriculture locale.

Dans ce mémoire, nous avons étudié un périmètre agricole d'une superficie de près de 40 Ha, après la description de la région d'étude et présentation théorique des méthodes d'irrigation. En effet, nous avons choisi un assolement approprié à la région auquel nous avons appliqué le mode d'irrigation adéquat, soit gravitaire, par aspersion ou goutte-à-goutte, suivant les types et les besoins des plantes. Nous avons également donné un aperçu sur l'assainissement agricole, ainsi que sur l'application d'un asservissement culturel.

Mot Clés : Irrigation, Périmètre agricole, Assainissement, Asservissement.

Summary

The purpose of the study of the irrigation perimeter Kef Doukhane from the clean waters of the STEP-EL Atteuf - wilaya of Ghardaia, is to use a new water resource that can cover the agricultural needs, minimize the use of groundwater and modernize local agriculture.

In this thesis, we studied an agricultural area with an area of nearly 40 ha, the description of the area of study and theoretical presentation of irrigation methods. Indeed, we have chosen an appropriate crop rotation to the region to which we applied the proper irrigation mode or gravity, sprinkler or drip-drop, depending on the types and needs of plants. We also gave an overview on agricultural sanitation and on the application a servo cultural.

Key words: Irrigation, Agricultural Perimeter, Sanitation, Servo.