



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Irrigation et Drainage**

### **THEME**

Etude du périmètre d'irrigation de l'oued Mellah à partir de la station  
d'épuration, Wilaya de Djelfa

### **Présenté par**

**BENGUENDOZ Ali Rafik**

### **Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
RASSOUL Abdelaziz	Professeur.	Président
SAIL Nadhira	M.C.B	Examineur
YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Promotrice

**Session : 2019 / 2020**

## REMERCIEMENT

*Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur,  
je tiens à remercier sincèrement  
Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes  
qui m'ont aidé dans son élaboration.*

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au  
concours de plusieurs personnes à qui je voudrai  
témoigner toute ma reconnaissance.*

*De prime abord je voudrai exprimer toute ma  
gratitude à ma promotrice, Madame Mazouzi.S*

*Ainsi que Monsieur Benkaci A.T sans oublier  
Monsieur Dernouni.Y, Monsieur Hebbouche.A et  
Madame Saadoune.S*

*Mon respect aux membres de jury qui me feront  
l'honneur de juger ce travail, je les remercie  
vivement. Sans oublier tous les autres enseignants,  
du primaire jusqu'à présent.*

*Une mention spéciale à ma famille, pour m'avoir  
aéré l'esprit et pour la motivation qu'ils m'ont  
apportée tout au long de ce travail.*

*Merci également à tous mes amis.*

## *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste travail en signe de  
reconnaissance et de respect à :  
Mes Parents, Mes Sœurs ainsi que toute Ma  
Famille  
Mes amis et toutes personnes ayant participé de  
près ou de loin à ce modeste travail.*

## ملخص

يهدف هذا المشروع إلى تصميم نظام الري الذي سيمد مياه الصرف الصحي المعالجة إلى محيط واد ملاح من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الجلفة.

ولهذا السبب، قمنا بدراسة عامة عن الخصائص المناخية، ودراسة مياه الصرف الصحي في المنطقة، والمعايير الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة.

## Résumé

L'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui va alimenter en eaux usées traitées le périmètre d'Oued Mellah à partir de la station d'épuration de Djelfa.

Pour cela nous avons fait une étude générale sur les caractéristiques climatiques, l'étude des eaux usées de la région ainsi que les paramètres physico-chimiques des eaux traitées.

## Abstract

The objective of this project is the design of the irrigation system that will supply with treated wastewater the perimeter of Oued Mellah from the wastewater treatment plant in Djelfa.

For this we made a general study on the climatic characteristics, the study of wastewater in the region and the physico-chemical parameters of treated water.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

INTRODUCTION.....	2
<i>I.1. Présentation générale de la région</i> .....	2
I.1.1. Situation géographique .....	2
I.1.2. Aperçu stratigraphique .....	3
I.1.3. Situation topographique .....	3
I.1.4. Situation démographique .....	4
<i>I.1.5. Relief</i> .....	4
<i>I.1.6. Données géologiques</i> .....	4
I.1.6.1. Stratigraphie .....	5
I.1.6.2. Sismicité .....	5
PEDOLOGIE .....	6
LA PEDOLOGIE EN SOLS SALES .....	6
LES SOLS SALES A STRUCTURES NON DEGRADEES .....	6
LES SOLS SALES A STRUCTURE DEGRADEE .....	7
SOLS MINERAUX BRUTS D'APPORT EOLIEN .....	8
SOLS HYDROMORPHES.....	8
<i>I.1.7. Etude hydrologique</i> .....	9
<i>I.1.8. Etude hydrogéologique</i> .....	9
<i>I.1.9. Caractéristiques climatiques</i> .....	11
I.1.9.1. Les Précipitations .....	12
.....	12
I.1.9.2. La Température.....	12
I.1.9.3. L'Ensoleillement.....	13
I.1.9.4. L'Evaporation.....	15
I.1.9.5. Les Vents .....	15
I.1.9.6. Synthèse climatique .....	16
LES VARIATIONS INTER ANNUELLES.....	18
PLUVIOSITE SAISONNIERE MOYENNE.....	19
NOMBRE DE JOUR DE PLUIE .....	19
<i>I.1.10. ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES</i> .....	21
I.1.10.1. Activités agricoles.....	21
CONCLUSION .....	23

## CHAPITRE II : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN IRRIGATION

INTRODUCTION.....	25
II.1. Objectifs de la réutilisation des eaux usées.....	25
II.2. Historique de la réutilisation des eaux usées .....	26
II.2.1. Quelques exemples de réutilisation dans le monde.....	26
II.3. Aperçu général sur le problème d'eau .....	30
II.3.1. Accroissement des problèmes de l'eau : Le concept de vulnérabilité .....	30
Source : Calculs de la FAO sur la base de données de la Banque Mondiale et d'autres organismes.....	32
II.4. Domaines de la réutilisation des eaux usées .....	32
II.5. Problèmes dus à la réutilisation des eaux usées.....	33
II.5.1. Problèmes liés au sol.....	33
II.5.2. Les risques sanitaires immédiat .....	36
II.5.3. Problèmes liés à la plante.....	37
II.6. Adaptation des différents systèmes d'irrigation .....	39
II.6.1. Techniques de submersion ou apparentés .....	39
II.6.2. Irrigation à la raie.....	39
II.6.3. Irrigation par aspersion .....	39

II.6.4. Micro-irrigation.....	40
CONCLUSION .....	40

### **CHAPITRE III : PRESENTATION ET L'ETAT ACTUEL DES OUVRAGES DE LA STATION D'EPURATION DE DJELFA**

INTRODUCTION.....	43
III.1.1. Site de la station d'épuration.....	43
III.1.2. Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement .....	46
III.2. Etat actuelle des ouvrages de la station .....	47
III.2.1. Données techniques et caractéristiques fondamentales .....	47
III.2.2. Description des ouvrages .....	48
III.2.3. Désinfection des eaux traitées.....	51
III.2.4. Traitement des boues .....	52
III.2.5. Le bâtiment de service .....	53
III.2.6. Recommandations .....	54
CONCLUSION .....	61

### **CHAPITRE IV : BESOINS EN EAU DU PERIMETRE**

INTRODUCTION.....	63
IV.1. Choix des cultures.....	63
IV.1.1. Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis.....	63
IV.1.2. Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes .....	64
IV.2. Calcul de L'évapotranspiration .....	65
IV.2.1. L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo) .....	65
IV.3. La réserve facilement utilisable (RFU).....	68
IV.4. Cycle végétatif des cultures : .....	68
IV.4.1. Les pourcentages proposés aux différentes cultures .....	69
IV.5. Le bilan hydrique .....	69
IV.5.1. Calcul des débits spécifiques .....	70
IV.6. Détermination les Besoins en eaux des cultures .....	71
IV.7. Débit caractéristique.....	75
IV.7.1. Estimation des volumes d'eau d'irrigation : .....	75
CONCLUSION .....	76

### **CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION**

INTRODUCTION .....	78
V.1.1. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation.....	78
V.1.2. Calcul des débits des îlots.....	78
V.1.3. Choix du type de borne .....	79
V.1.3.1. Choix de diamètre de la borne.....	80
V.1.3.2. Calcul des débits aux bornes .....	80
V.1.4. Calcul hydraulique des canalisations.....	81
V.1.4.1. Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution.....	81
V.1.5. Appareillage d'équipement du réseau .....	83
V.1.5.1. Vannes .....	83
V.1.5.2. Vanne de sectionnement .....	84
V.1.5.3. Ventouses.....	84
V.1.5.4. Vidange .....	84

### **CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE GOUTTE A GOUTTE**

INTRODUCTION .....	85
VI.1. Données générales.....	85
VI.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée .....	85
VI.2.1. Influence du taux de couverture du sol.....	85
1. Dose nette (dose pratique) .....	86
2. Calcul de la dose brute.....	87
3. Fréquence des arrosages.....	87

4. Durée d'arrosage par mois.....	87
5. Durée d'arrosage journalier.....	87
6. Nombre de poste :.....	88
7. Surface de la parcelle.....	88
8. Calculs hydrauliques.....	88
8.1. Conditions hydrauliques.....	88
8.2. Le débit.....	88
8.1.1. Le nombre d'arbres par rampe.....	89
8.1.2. Nombre de goutteurs par rampe.....	89
8.1.3. Le nombre de rampes.....	89
8.1.4. Débit de la rampe.....	89
8.1.5. Débit de la porte rampe.....	89
8.1.6. Débit de la conduite secondaire.....	89
9. Dimensionnement des différentes parties du réseau.....	89
10. Vérification des pertes de charges.....	90
11. Calculs hydrauliques de la rampe.....	90
12. Calculs hydrauliques du porte rampe.....	90
13. Calcul des diamètres de la conduite secondaire.....	91
13.1. Calcul de caractéristique de la conduite secondaire.....	91
14. La pression d'eau à la borne de distribution.....	91
VI.3. Capacité de stockage du réservoir.....	92
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>93</b>

## **CHAPITRE VII : ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE**

Introduction.....	95
VII.1. Devis de réseau d'irrigation localisée.....	95
VII.2. Factures pro-forma de conduite principale et réservoir.....	96
VII.2.1. Calcul du volume de terrassement.....	96
VII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée.....	96
VII.2.1.b. Profondeur de la tranchée.....	90
VII.2.2 La conduite principale.....	97
VII.2.2.a. Calcul du volume de déblai.....	97
VII.2.2.b. Calcul du volume de lit de sable.....	98
VII.2.2.c. Calcul du volume de remblai.....	98
VII.2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale.....	98
VII.2.4. Devis estimatif total.....	99
VII.2.4.1. Calcul de devis du réseau projeté.....	99
VII.2.4.2. Coût du réservoir de stockage.....	99
Conclusion.....	99

<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>100</b>
---------------------------------	------------

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 0.1 :</b> Evolution démographique pour la ville de DJELFA .....	4
<b>Tableau I.2 :</b> Moyennes mensuelles des Précipitations de l'année 2011 .....	12
<b>Tableau I.3 :</b> Moyennes mensuelles des Températures année 2011 .....	13
<b>Tableau I.4 :</b> Moyennes mensuelles de l'Ensoleillement année 2011 .....	13
<b>Tableau I.5 :</b> Moyennes mensuelles de l'Evaporation année 2011 .....	15
<b>Tableau I.6 :</b> Moyennes mensuelles de la vitesse des vents m/s année 2011 .....	15
<b>Tableau I.7 :</b> Indice d'aridité .....	16
<b>Tableau I.8 :</b> Le quotient pluviométrique .....	18
<b>Tableau I.9 :</b> Répartition générale des terres agricoles .....	21
<b>Tableau I.10 :</b> Occupation des sols par les différentes productions de la commune .....	21
<b>Tableau I.11 :</b> Productions agricoles de la commune .....	22
<b>Tableau I.12 :</b> Superficie irriguée par type de culture (Ha) .....	22
<b>Tableau I.13 :</b> Volume d'eau utilisé par type d'ouvrages (hm <sup>3</sup> /an .....	22
<b>Tableau I.14 :</b> Superficie irriguée par système d'irrigation (Ha) .....	22
<b>Tableau 0I.2 :</b> Statistiques de disponibilité en eau de quelques pays (Année 2000) .....	31
<b>Tableau 0.3 :</b> Besoins en eau domestique et équipements .....	46
<b>Tableau 0.4 :</b> Calculer la capacité de traitement de la station de Djelfa .....	47
<b>Tableau 0.5 :</b> Les recommandations jugées nécessaires .....	53
<b>Tableau IV.1 :</b> Calcul de l'ET0 .....	66
<b>Tableau IV.2 :</b> Les Coefficients culturaux .....	67
<b>Tableau IV.3 :</b> Cycle végétatif des cultures .....	67
<b>Tableau IV.4 :</b> Les pourcentages occupés aux différentes cultures sont représentés .....	68
<b>Tableau IV.5 :</b> Besoin en eaux des cultures .....	70
<b>Tableau IV.6 :</b> volumes d'eau d'irrigation .....	74
<b>Tableau V.1 :</b> Les débits au niveau de chaque ilot .....	78
<b>Tableau V.2 :</b> Choix du diamètre de la borne .....	79
<b>Tableau V.3 :</b> Débit au niveau des bornes et des prises .....	79
<b>Tableau V.4 :</b> Calcul des diamètres des Conduite .....	80
<b>Tableau V.5 :</b> Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et Pression) .....	82
<b>Tableau V.6 :</b> Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge) .....	82
<b>Tableau V.7 :</b> Choix des ventouses .....	83
<b>Tableau VI.1 :</b> Caractéristique de la conduite de la rampe .....	90
<b>Tableau VI.2 :</b> Caractéristiques de la conduite de la porte rampe .....	90
<b>Tableau VI.3 :</b> Caractéristique de la conduite secondaire .....	91
<b>Tableau VI.4 :</b> Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable .....	92
<b>Tableau VII.1 :</b> Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation .....	95
<b>Tableau VII.2 :</b> calcul du volume de déblai .....	97
<b>Tableau VII.3 :</b> Calcul du volume de sable .....	98
<b>Tableau VII.4 :</b> Calcul du volume de remblai .....	98
<b>Tableau VII.5 :</b> Factures pro-forma terrassement, la conduite principale .....	98
<b>Tableau VII.6 :</b> Coût bassin de stockage .....	99





## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 0.1</b> : Situation Administratif de la région de Djelfa.....	3
<b>Figure I.2</b> : Graphique de pluie de l'année 2011.....	12
<b>Figure I.3</b> : Moyennes mensuelles de températures.....	13
<b>Figure I.4</b> : Moyennes mensuelles de l'ensoleillement.....	14
<b>Figure I.5</b> : Moyennes mensuelles de l'évaporation.....	15
<b>Figure I.6</b> : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents.....	16
<b>Figure I.7</b> : Diagramme ombrothermique .....	17
<b>Figure 0.1</b> : image Satellitaire de site.....	43
<b>Figure 0.2</b> : Vue d'ensemble localisant le réseau de transfert et la station d'épuration.....	44
<b>Figure 0.3</b> : Vue aérienne de la station d'épuration et des rejets à l'Oued.....	45
<b>Figure 0.4</b> : Armoire électrique.....	54
<b>Figure 0.5</b> : Déversoir d'orage et vanne automatique.....	55
<b>Figure 0.6</b> : Grille fixée.....	55
<b>Figure 0.7</b> : Grille mécanique.....	56
<b>Figure 0.8</b> : Décanteur primaire.....	56
<b>Figure 0.9</b> : Dessableur.....	57
<b>Figure 0.10</b> : Décanteur secondaire n°1.....	57
<b>Figure 0.11</b> : Décanteur secondaire n°2.....	58
<b>Figure 0.12</b> : Bassin d'aération.....	58
<b>Figure 0.13</b> : Bassin de stabilisation.....	59
<b>Figure 0.14</b> : Bassin de chloration.....	59
<b>Figure 0.15</b> : Lit de séchage.....	60
<b>Figure V.1</b> : Simulation du réseau de distribution (Epanet). Echelle :1 /25000.....	81
<b>Figure VI.1</b> : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur.....	92
<b>Figure VII.1</b> : Schéma d'une tranchée.....	97

## **LISTE DES PLANCHES**

**Planche N° 1 : Vue en plan de la station d'épuration**

**Planche N° 2 : Plan de situation de la nouvelle extension**

**Planche N° 3 : Plan du réseau d'irrigation -1-**

**Planche N° 4 : Plan du réseau d'irrigation -2-**

# **Introduction générale**

## Introduction générale

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue demande en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques.

Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tient compte surtout des aspects environnementaux.

En effet, ces eaux usées véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

Le défi sera alors de concevoir et d'opérer une nouvelle génération de systèmes de gestion de l'eau qui soient en mesure de satisfaire la demande alimentaire dans un contexte de rareté de l'eau, tout en respectant les exigences de l'environnement.

Dans ce cadre, on a mené cette étude sur un périmètre localisé dans la région d'El Hawass wilaya de Djelfa. Il s'agit de concevoir un réseau d'irrigation sur un périmètre de la région afin d'éviter toute évolution négative sur le milieu récepteur. En effet, les eaux de la station d'épuration de Djelfa seront mobilisées dans ce domaine. Pour cela, il est envisagé des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux pour une éventuelle utilisation dans l'irrigation. Ce travail rentre dans l'économie d'eaux de première main et la protection de l'environnement, dans le cadre de développement durable.

Les sols de la région de Djelfa présentent des caractères variables. En général, ils sont pauvres et fragiles ; parfois des croûtes calcaires viennent affleurer à la surface. Selon Pouget (1971) in Kaabèche (2003). Souvent constitués de calcaires et de marnes du crétacé qui forme en général le cadre montagneux avec quelques appointements triasiques. Au niveau des plaines, les ruptures de paysage sont formées de roche tertiaire (grès) assez dure. Cependant la quasi-totalité de ces régions basses est constituée par des dépôts quaternaires, provenant des roches tendres (marnes et argiles rouges) arrachées par l'érosion des zones montagneuses. Aussi, la présence de sels (calcaire, gypse et sels solubles) a des conséquences sur la composition des eaux superficielles et souterraines, cas de l'Oued Mellah (Abdessalem, 2000).

Dans la région de Djelfa, nous avons trois localités où sont localisées les plus importantes nappes d'eau : Ain-Oussera, Birine, Zahrez et Djelt. Dans la zone de Messaâd, il n'existe pas de données concernant l'hydrologie (Abdessalem, 2000). La région de Djelfa présente un réseau hydrographique endoréique, plusieurs d'autres Oueds comme Koreich, Messrane et Zirez descendent des zones montagneuses et constituent le principal agent de salinisation des solutions du sol de ces zones arides.

L'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui va alimenter en eaux usées traitées le périmètre d'Oued Mellah à partir de la station d'épuration de Djelfa.

Pour cela nous avons fait une étude générale sur les caractéristiques climatiques, l'étude des eaux usées de la région ainsi que les paramètres physico-chimiques des eaux traitées.

# **Chapitre I : Présentation De La Zone D'étude**

## Introduction

### I.1.Présentation générale de la région

#### I.1.1.Situation géographique

Le périmètre de notre étude se trouve à 15 KM kilomètre au Nord-ouest du centre-ville de Djelfa, on y accède par l'ancienne route d'Alger qui fut érigée du temps de la colonisation.

Quant à la STEP, elle jouxte l'actuel abattoir de la ville de la Djelfa et longe l'oued Djelfa en rive gauche qui devient oued El MELLAH beaucoup plus en aval.

Pour arriver à Djelfa depuis Alger, il faut emprunter la route national numéro : 01 sur 300kms vers le sud. Elle se situe entre les chefs-lieux de wilaya de Médéa au nord et de Laghouat au sud. Elle est implantée sur le versant nord des monts des Ouled Nail. À l'est le mont Senelba. L'altitude moyenne dans la région de Djelfa oscille entre 1100et 1200m Elle est

Coordonnées

34° 40' 00" nord, 3° 15' 00" est

Les villes les plus proches de Djelfa sont Hassi-Bahbah et El-Idrissia.

Elle est limitée par :

- Au Nord les communes d'AIN MAABAD et DAR EL CHIOUKH
- Au Sud la commune d'AIN EL BEL et ZAKAR
- A l'est la commune MOUDJBARA
- A l'Ouest la commune ZAAFRANE



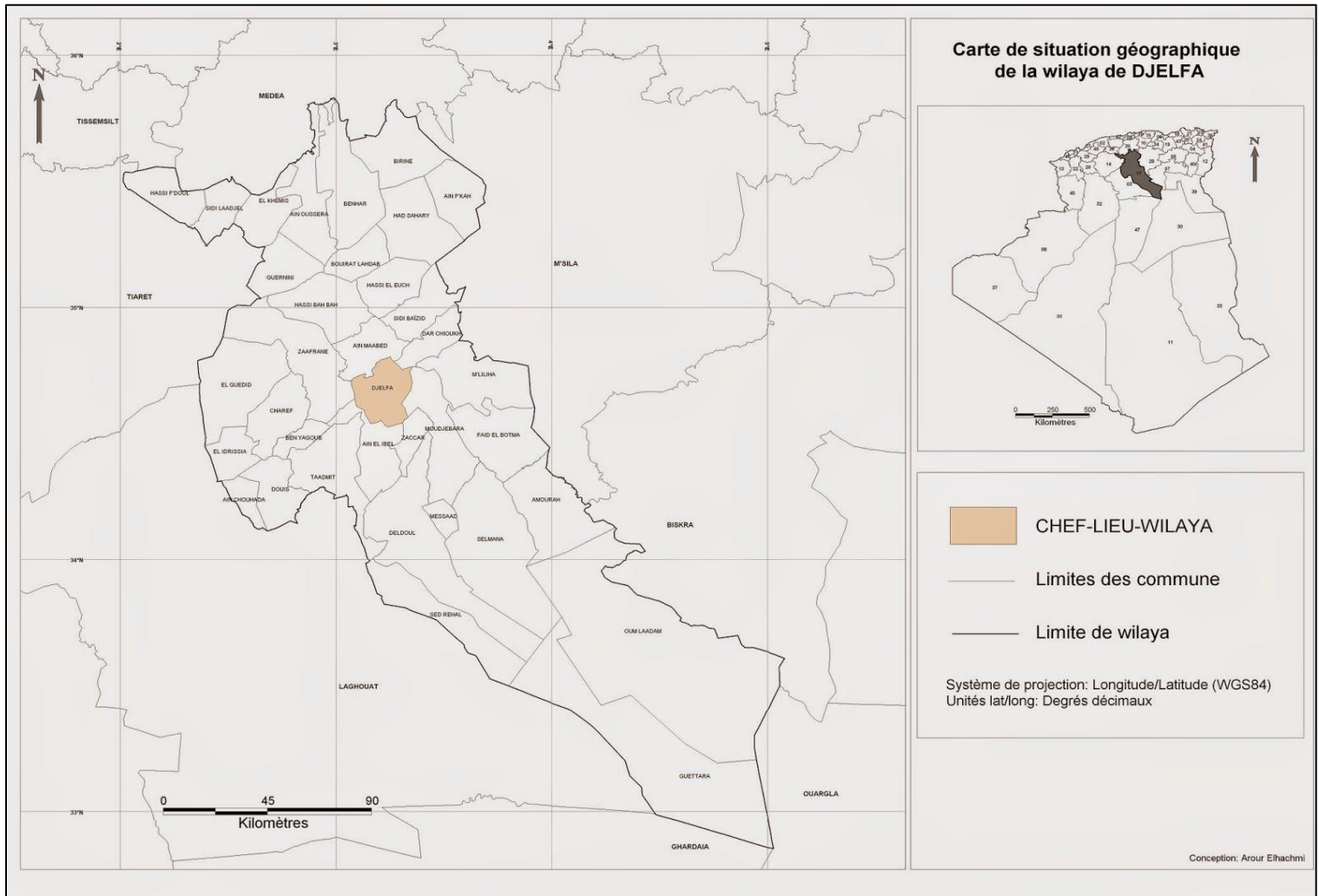


Figure I.1 : Situation Administratif de la région de DJELFA 2010

### I.1.2. Aperçu stratigraphique

La région de Djelfa fait partie des grands ensembles géographiques dans le découpage structural qui se définit par le terme de hauts plateaux, au sud de l'atlas tellien, elle se situe au sud des sebkhas que forment le Zahrez chergui à l'est et Gharbi à l'ouest. Elle fait partie du synclinal que forment les monts des Ouled Nail. Le matériel au cœur du synclinal est constitué de séries stratigraphiques datées principalement du crétacé supérieur, moyen et inférieur.

### I.1.3. Situation topographique

La région de la ville de DJELFA est formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 700m et 1.600m. La partie haute de la dépression est constituée de la chaîne montagneuse des Ouled Nail. Cette chaîne est orientée Sud-ouest et Nord-est et est formée des principaux monts de la Wilaya qui sont le "Djebel Senalba", le Djebel "Azreg" et le Djebel "Zerga" dont l'altitude est comprise entre 1.200m et 1.600m.

### I.1.4.Situation démographique

L'estimation de la population pour un horizon donné est un facteur important pour l'estimation de la quantité d'eau usée à traiter et arriver à un dimensionnement adéquat de la station d'épuration.

L'évolution démographique en Algérie suit la loi des accroissements géométriques donnés par la relation :

$$P_N = P_0 (1 + T)^N$$

Avec :

- $P_N$  : population future.
- $P_0$  : population de l'année de référence (1998) = 161447 habitants.
- $T$  : taux d'accroissement.
- $N$  : nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

Le taux d'accroissement de la population de ville de DJELFA est estimé par les autorités communales de la ville à 5.9% le tableau II.1 qui suit donne l'évolution démographiques pour la ville de DJELFA.

**Tableau I.1** : Evolution démographique pour la ville de DJELFA

<b>Horizon</b>	2000	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
<b>Nombre Habitants</b>	167969	191523	202398	232366	266771	306270	351617	403678	463448

### I.1.5.Relief

La commune de DJELFA se caractérise par ses pentes et par un territoire constitué de plaines. Généralement les pentes se situent entre 3 et 10% et une déclivité de 0%, enregistrée au niveau du bassin versant du Zahrez Ouest qui forme une zone d'accumulation à l'échelle régional. On y trouve également des dépressions qui forment des petits chotts, et des Dhayates. Les pentes qui atteignent + 10%, se situent dans la partie Nord-Ouest de la commune.

### I.1.6.Données géologiques

La géologie est une donnée fondamentale car elle permet de caractériser le substratum du site de l'assiette de la future station d'épuration.

La région de DJELFA est une vaste plaine orientée Sud-Ouest/Nord-Est. Dans cette zone sont réponsées les formations du crétacé et du plioquaternaire. Au Nord de DJELFA, le crétacé inférieur comprend les grès Barrémien, calcaire et marne de l'Aptien ; grès, marnes et calcaires de l'Albien. Il faut noter que dans cette zone, il y a un affleurement de l'Albien. Autour

de DJELFA le crétacé est représenté par le cénomanien et le turonien. Au Sud de DJELFA, il y a une couverture du plioquaternaire sur le crétacé.

### **I.1.6.1.Stratigraphie**

**Alluvions actuelles** ; les alluvions actuelles sont représentées par des lacs, marécages, dayas, chotts, sebkhas, limons et croutes gypso-salines.

**Dunes récentes** ;

**Quaternaire continental** ; le Quaternaire continental correspond aux dépôts de comblement des vallées et des terrasses d'Oueds formant des plaines plus au moins étendues. Ces dépôts sont représentés par des alluvions, des regs et des terrasses.

**Pontien** ; localement équivalent du mc (*Miocène continental antépontien*).

**Crétacé supérieur marin** ;

**Turonien** ; se compose en majeure partie de calcaire gris, de marnes jaunâtres et de calcaires dolomitiques fissurés.

**Cénomanien** ; le cénomanien et surtout marneux et marnes calcaires, avec la présence d'un banc de gypse.

**Crétacé inférieur** (*Vraconien à Berriasier*) ; subdivisé en :

- Faciès marins normaux
- Faciès récifaux ou subrécifaux

**Au niveau du site d'assiette de la future station d'épuration, la formation géologique suivante est la plus dominante :**

- Le Quaternaire continental, composé des alluvions, de regs et de terrasses.
- Le Turonien, composé de marnes jaunâtres et de calcaire dolomitiques
- Le Cénomanien, composé de marnes calcaires

### **I.1.6.2.Sismicité**

Un Zoning sismique actualisé a été établi par le Règlement Parasismique Algérien (R.P.A 2003) à la suite du séisme du 21 Mai 2003 qui a touché la région de Boumerdes et ses environs.

Le territoire national a été subdivisé en cinq zones de sismicité croissante, soit :

- Zone 0 : Sismicité négligeable
- Zone I : Sismicité faible
- Zone IIa et IIb : Sismicité moyenne

- Zone III : Sismicité élevée

D'après la carte de zonage sismique du territoire national ; (Voir carte de Zoning sismique)

- La commune de *DJELFA* est incluse dans la **Zone sismique I** qui est de sismicité faible.

## **Pédologie**

Selon Kadi-Hanifi (1998), le sol est un milieu en équilibre souvent fragile qui ne peut être mis en valeur de façon efficace et durable qu'après une connaissance approfondie. Selon Pouget (1980), la couleur des sables va du rouge au blanc, en passant par le jaune-rougeâtre. On constate deux gradients importants :

Les sables sont d'autant plus fins que l'on va vers le Nord- Est dans le sens de la progression des sables et des vents dominants.

Les sables sont plus grossiers sur la bordure Sud en relation avec les apports d'origine fluviale provenant de la déflation des lits d'oueds ou épandages alluviaux plus ou moins grossiers.

### **La pédologie en sols salés**

Dans l'Atlas Saharien, les sols en relation avec les affleurements géologiques, sont peu profonds et très érodés. Sous la végétation forestière, la teneur en matière organique est élevée pour des sols évolués (rendzines et sols bruns calcaires). Au niveau des plateaux, les sols sont plus différenciés, on distingue :

Les sols très peu profonds à profonds avec croûte ou encroûtement calcaire, situés sur les glacis encroûtés du quaternaire ancien et moyen;

Les sols des zones d'épandage;

Les sols salés issus d'alluvions ou de nappe proche de la surface;

Les sols sableux du cordon dunaire.

### **Les sols salés à structures non dégradées**

Selon Pouget (1971), deux catégories de sols sont rencontrées au niveau des deux Zahrez : les sols à caractère salé uniquement (Solontchak calci-magnésiques, Ca, Mg) et les sols salés et sodiques (Solontchak à complexe sodique, Na, Mg). On distingue dans le détail :

Hypersonlontchak (Solontchak calci-magnésique) à profil salin ascendant de type A, nappe phréatique à environ 1.5-2 m, présence d'encroûtement gypseux ;

Cryptosolontchak (Solontchak calci-magnésique) à profil salin descendant de type D ;

Nappe phréatique supérieure à 2 m, absence d'encroûtement ;

Hypersolontchak à profil de type A (Solontchak à complexe sodique), nappe phréatique à 2 m de profondeur ;

Solontchak modaux avec un profil salin de type C, un premier maximum de salinité en surface et un second en profondeur, nappe phréatique à plus de 2 m, présence d'encroûtement.

### **Les sols salés à structure dégradée**

Ce sont des sols à alcali (à la fois salés et alcanisés renferment des carbonates de Na) ; on distingue trois types de sols en fonction de la salinité :

Les sols peu à moyennement salés, avec une conductivité inférieure à 10-15 mmho/cm qui augmente en surface ;

Les sols très salés, qui assurent la transition avec les sols à complexe sodique ;

Sols hydromorphes ou sols à gley qui se trouvent dans les dépressions inter dunaires avec une nappe peu salée, superficies restreintes dans les fonds des dépressions lorsque la nappe phréatique est proche.

Parmi la classe des sols calcimagnésiques qui occupent une grande partie de notre étude, les sous-groupes des sols bruns calcaires xériques et à croûte sont les plus répandus.

Ils occupent les glacis polygéniques du quaternaire ancien et moyen dans l'étage aride à précipitations annuelles entre 200 et 300 mm, ils sont colonisés par des groupements variés à base de *Stipa tenacissima*, de *Lygeum spartum* (Djebaili, 1978).

Dans les zones à précipitations annuelles de 200 mm, colonisées par les groupements à *Lygeum spartum* et surtout à *Arthrophytum scoparium*, la présence d'un voile sableux plus ou moins continu favorise la présence continue de psammophiles telles *Thymelea microphylla*, *Arthrophytum schimittianum* (Djebaili, 1978).

Les sols halomorphes sont localisés dans les chotts et les sebkhas, ces sols sont généralement profonds à texture variable, leur teneur en calcaire est faible, inférieur à 30%.

Ils sont pauvres en matière organique (0,5%), leur pH est voisin de 8 et leur conductivité électrique est comprise entre 3 et 40 mmhos /cm. La végétation allant des groupements à *Arthrocnemum indicum*, à *Halocnemum strobilaceum*, à *Salicornia arabica*, *Salsola tetrandra* et *Sphenopus divaricatus* jusqu'au groupement à *Atriplex glauca* et *Frankhenia thymifolia*.

La pédologie en sols sableux indique que la majorité des sols de la zone d'étude présente ces caractéristiques essentielles : Richesse en calcaire, pauvreté en matière organique avec un PH basique, la salinité surtout au bord des chotts et au niveau des nappes phréatiques superficielles salées et la fragilité et la sensibilité à l'érosion. La texture très grossière à grossière (sable siliceux très peu calcaire) sur pratiquement l'ensemble du profil demeure la caractéristique majeure de ces sols.

Les principaux sols rencontrés au niveau de la région d'étude sont :

## Sols minéraux bruts d'apport éolien

Il s'agit des dunes vives du grand cordon dunaire et les micro dunes qu'on observe un peu partout dans le bassin du Zahrez et à Boussaâda qui ont des teneurs faibles en éléments fins, au niveau de ces sols, les horizons sont peut différenciés dus essentiellement à une intense érosion et la mise en place récente par alluvionnement, la pédogenèse est ralentie par les apports continus de sables fins, ces sols sont rencontrés dans le cordon dunaire, dans les sables sont plus ou moins fixés par une végétation très typique (Groupement à *Artisida pungens* et *Malcolmia aegyptiaca*).

La granulométrie se caractérise par l'absence de toute la fraction inférieure à 50 microns (argile, limon fin et limon grossier) La teneur en éléments fins (argile et limons fins) est toujours très faible ( $A + LF < 5$  (sable essentiellement siliceux) et un taux de matière organique insignifiant (inférieur à 0.2%).

## Sols hydromorphes

Localisées dans les dépressions inter dunaire, ils ont une texture sableuse à argileuse, caractérisé par la présence d'une nappe phréatique peu salée. Sols a Gley salés, texture sableuse, ils se localisent dans les dépressions inter-dunaires avec présence de nappe peu salée. Cependant l'intensité et la force de l'érosion ne favorisent pas l'utilisation de ces sols.

Le sol à encroûtement gypseux avec une texture sablo-limoneuse et amas sont localisés en dépression en bordure des dunes.

Les sols halomorphes : Sols salins modaux : ce sont des sols alluvionnaires à structure généralement grossière souvent recouvert des dépôts sableux éoliens.

Les sols peu évolués d'apport éolien : Se caractérisent par une végétation, plus ou moins dense, parfois dégradée, qui a permis une certaine évolution :

La coloration de l'horizon de surface indique la présence de matière organique.

La texture est grossière,  $A + LF$  compris entre 5 et 10% environ, pour un taux de calcaire toujours faible ( $< 2\%$ ).

Les siérozems modaux sur sables siliceux : Se localisent en particulier sur les sables jaunes-rougeâtres du Quaternaire récent dans le bassin des Zahrez. Sur ce matériau sableux profond, l'évolution pédologique se manifeste très nettement avec un horizon A brun rouge (5 Y R 5/6 à 7,5 YR 5/6) coloré par la matière organique.

### **I.1.7. Etude hydrologique**

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est représenté par le bassin de Zahrez qui constitue une zone d'accumulation, sa surface est de 4,974 Km<sup>2</sup> et par Oued mellah qui a une surface de 1,298 Km<sup>2</sup> et une capacité de 30x10 m<sup>2</sup>. Également la zone est parcourue par un réseau d'Oued : Oued Hadjia, Oued Serdoudj, Oued Menntel et enfin Oued El Mahra.

Le Chott et la Sebkha de Zehrez Gharbi sont une vaste dépression endoreïque faisant partie d'un système plus étendu composé des grands chotts des hautes plaines steppiques algériennes, là où convergent les eaux provenant de l'Atlas Saharien au Sud et l'Atlas Tellien au Nord. Paysage végétal des Hautes Plaines Steppiques, il appartient phytogéographiquement au domaine maghrébin steppique.

Cette dépression est due d'une part à une topographie favorisant l'accumulation des eaux provenant de plusieurs affluents, Oueds Mellah, Zoubia et Hadjia et, d'autre part, à son sol imperméable qui ralentit les infiltrations souterraines.

Zehrez Gharbi est une zone rare au niveau de la Méditerranée, notamment par l'étendue de sa superficie et de son bassin versant. Sa situation en zone aride est sans doute son atout principal, elle justifie le degré de rareté de milieux naturels d'un seul tenant soumis à un pâturage extensif notamment d'ovins.

C'est également un modèle représentatif de types de zones humides en milieu aride par la présence de plusieurs types de sols, de bioclimats et de formations végétales steppiques.

Le chott se situe dans la wilaya de Djelfa, au centre de l'Algérie, dans une zone steppique, à 45 kilomètres du chef-lieu de la ville de Djelfa, à 10 kilomètres au Sud-Ouest de la commune de Djelfa et à 5 kilomètres de la commune de Zâafrane.

La zone du Zahrez a pour origine l'accumulation des eaux des oueds, drainés par les bassins versant avoisinants. Les eaux de Zahrez Gharbi sont issues du bassin versant des Oueds Zahrez et Mesrane.

Le réseau hydrographique de la commune de DJELFA est constitué par plusieurs oueds à savoir :

- Oued Mellah ; collecteur principal des eaux superficielles de la commune,
- Oued Boudechicha ; collecteur secondaire des eaux superficielles de la commune,
- Oued Ben arbia ; qui se déverse dans l'oued Boudechicha.

### **I.1.8. Etude hydrogéologique**

#### ***A). Au niveau régional***

Dans la région des Zehrez, les eaux souterraines se présentent sous forme de nappes semi captives et libres, la plus grande partie étant sous forme libre. Dans le cas des nappes libres, les niveaux d'eau étant liés à la pression atmosphérique remontent librement en réponse à une réalimentation et baissent de même en réponse à une exploitation. Le niveau statique suit

globalement la configuration topographique du terrain, cependant, le niveau piézométrique est plus profond dans les zones surélevées des bordures du bassin que dans celles des plaines.

La profondeur de la nappe d'eau dans les dépressions interdunaires est faible, de 50 à 100 centimètres. Pendant les périodes pluvieuses, lorsque l'eau arrive à la surface du sol, l'on peut observer de véritables lacs qui ne subsistent que durant une courte période. La nappe d'eau prend une importance plus grande dans la zone centrale où la teneur en sels devient plus grande. Le pourtour du Chott est jalonné par des sources jaillissantes (Cornet, 1952).

Seul le turonien est intéressant dans cette région. En ce qui concerne l'hydrogéologie, cet horizon est formé de calcaire et de calcaire dolomitiques en bancs épais de 0,5 à 1 m intercalés de marnes verticales dans des fissures plus ou moins grandes. Les marnes imperméables doivent retenir localement une certaine quantité d'eau à la base de chaque banc calcaire. D'où l'existence d'une nappe aquifère dans le turonien et non d'une série de nappes superposées retenues dans les bancs calcaires par les niveaux marneux. Cette série turonienne, qui affleure avec un pendage Sud à DJELFA se retrouve largement répartie aux environs de DJELFA. L'impluvium de cette nappe du Turonien est donc considérable et explique la multiplicité des puits dans cette région. Cet horizon Turonien est presque uniforme recouvert par les dépôts du quaternaire, ce dernier étant représenté par des alluvions fluviales.

Les aquifères principaux sont :

- Les calcaires dolomitiques fissurés du turonien inférieur
- Le conglomérat de base du pliocène
- Les niveaux sableux et gréseux du remplissage plio-quaternaire

Les eaux sont un peu chargées en sulfates et en chlorures mais la présence de ces sels n'altère en rien la potabilité. La concentration en sel dissous n'a pas évolué depuis le prélèvement du 7/5/1952.

Du point de vue hydrogéologique, le bassin de Zahrez offre vraisemblablement des ressources intéressantes, se trouvent dans le même alignement Est-Nord-Est et Ouest-Sud-Ouest, les deux Zahrez forment un système hydrographique endoréique avec deux sous bassins séparés par une légère ondulation formant la zone d'El Mesrane. Il s'agit du Zahrez Chergui à l'Est et du Zahrez Gharbi à l'Ouest constituant deux chotts à forte salinité, les deux cuvettes sont développées au sein d'une même dépression entièrement cernée par les reliefs Atlasiques. (Pouget 1980).

La nappe superficielle peu profonde (1 à 3 m) est responsable de la salure très élevée, elle se localise en bordure Sud du Zahrez Gharbi de part et d'autre de l'agglomération de Zaâfrane. Le bassin des Zahrez est une entité hydrogéologique d'environ 5000 km<sup>2</sup> de superficie, il représente un bon exemple des dépressions fermées et salées le long de la bordure septentrionale de l'Atlas Saharien.

### *Conditions hydrogéologiques*



Le synclinal de Zahrez se présente comme un bassin artésien à circuit fermé caractérisé par une minéralisation élevée de l'eau dans les horizons profonds de la partie centrale du synclinal (jusqu'à 43 g/l) et par la température (48°).

La plaine de Zahrez sert d'accumulateur et de vaporisateur des eaux superficielles s'écoulant par nombreux Oueds des montagnes environnantes vers les chotts de Gharbi et Chergui.

D'après les conditions d'alimentation, la précision, la minéralisation et stratigraphie on peut distinguer quelques complexes aquifères :

- A. Les eaux de sol : des dépôts quaternaires micropliocènes et crétaciers sont liés à la zone supérieure perméables leur régime d'alimentation et la minéralisation dépendant des précipitations atmosphériques. Le niveau des eaux de sol, s'abaisse dans la direction des chotts et de l'axe du synclinal, avec la profondeur variant de 25 à 30 m à 0-3 m. Les eaux comme règle, sont faiblement salées, rarement douces et elles sont révélées par les puits au débit inconsidérables.
- B. Les eaux d'inter couche (imperméable) dans des dépôts miocènes-oligocènes sont liées au passage de sables et de galets, à l'épaisseur jusqu'à 12 m couvert d'argiles et de marnes.
- C. Les eaux artésiennes : sont rapportées de prédominance, au Turonien, Génomaniens, Albien et Barémien dans les dépôts crétacés.

L'horizon aquifère Albien se trouvant dans les grès à l'intervalle de 582 à 715 m. son niveau statique étant de 54-55 m. La minéralisation est de 3,4 à 3,8 g/l et son débit spécifique de 0,51 à 1,41 l/sec/an.

Horizon aquifère barrémien :

Se rapportant dans l'intervalle de 865 à 941 m, son niveau prenant position à 60,25 m (cote absolue de 840 m) sa minéralisation étant de 3,4 g/l, son débit spécifique est de 0,04 l/s.

Les eaux artésiennes sont fortement minéralisées dans la partie centrale du synclinal et les recherches des eaux douces dans ces dépôts doivent être portées plus proches aux zones de bordure servant de régimes d'alimentation.

### **B). Au niveau de la zone d'étude**

L'existence ou l'inexistence d'une nappe au niveau du site sera confirmée ultérieurement par les résultats de l'étude géotechnique.

### **I.1.9. Caractéristiques climatologiques**

L'aspect climatique est un facteur important à considérer pour un projet de station d'épuration, car il intervient dans le fonctionnement du procédé d'épuration d'une part et sur le choix du site d'autre part.

L'analyse des paramètres climatiques est basée sur les données de la station de DJELFA.

Pour étudier les caractéristiques bioclimatiques de la région, nous avons fait une synthèse des données d'une période de 30 ans (1983-2012) pour la Station de Djelfa

*Caractéristiques de la station de référence (DJELFA) :*

Se situe à 34°41'N et 3°15'E avec une Altitude de 1146m.

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

**I.1.9.1.Les Précipitations**

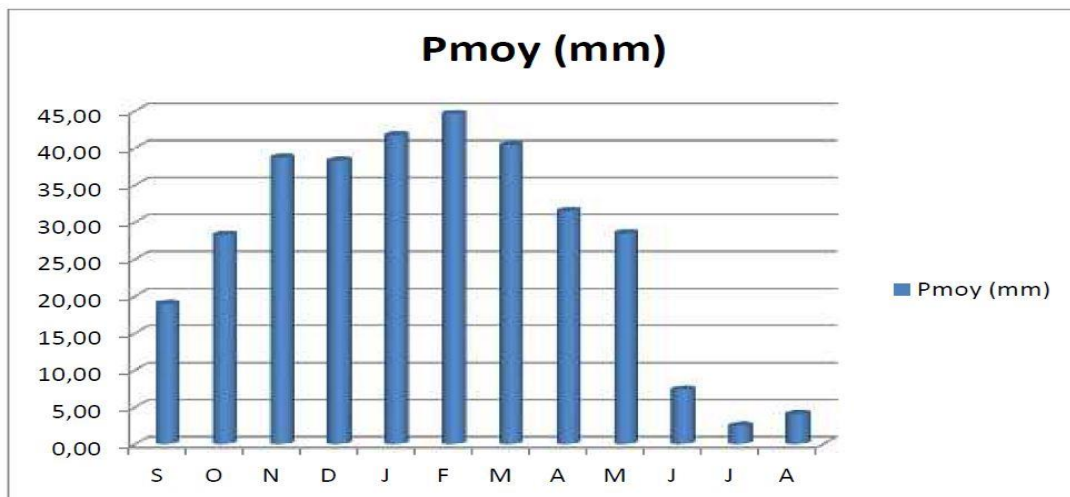
**Tableau I.2 :** Moyennes mensuelles de pluie en mm de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
Précipitations (mm)	18,9	28,2	38,72	38,33	41,76	44,63	40,3	31,50	28,48	7,38	2,50	4,09	324,79

Source : ONM

D'après ce tableau on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Février (44,63 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de Juillet (2,50 mm). La pluviométrie moyenne annuelle est de 324.76 mm.

**Figure N°02 :** Moyennes mensuelles de pluie en mm de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.



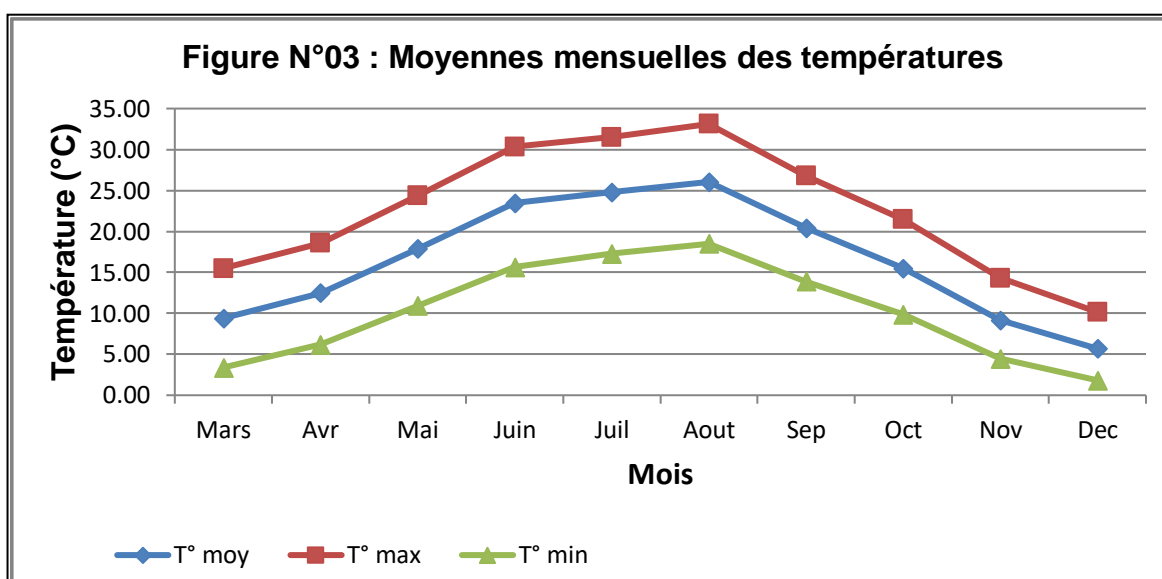
**I.1.9.2.La Température**

**Tableau I.3 :** Répartition des températures mensuelles de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Tmax (°C)	8,52	12,03	15,47	12,56	24,36	30,34	31,5	33,11	26,8	21,47	14,33	10,15	20,05
Tmin (°C)	0,08	0,69	3,38	6,2	10,9	15,65	17,27	18,49	13,89	9,85	4,45	1,82	8,56
Tmoy (°C)	4,39	6,37	9,39	12,49	17,87	23,46	24,81	26,04	20,39	15,47	9,17	5,68	14,63

Source : ONM

On remarque que la température diminue pendant les trois mois d’Hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint le minimum de 4,39°C en Janvier, elle augmente pendant les trois mois d’été (Juin, Juillet, Août) et atteint le maximum de 26,04 °C en Aout. La moyenne annuelle est de 14,63°C.



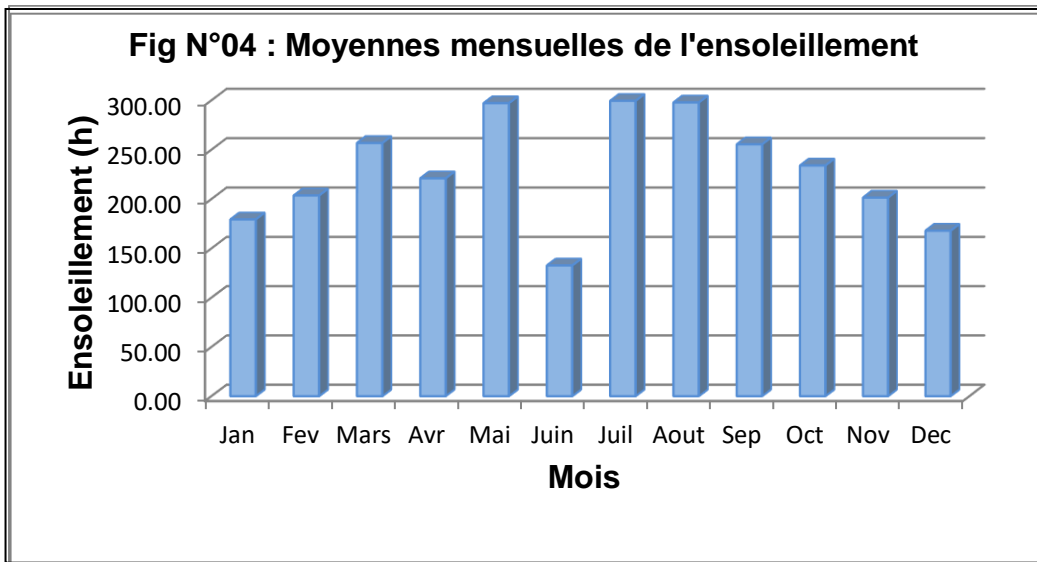
### I.1.9.3.L’Ensoleillement

Tableau I.4 : Moyennes mensuelles de l’Ensoleillement durant la période de 1983-2012

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	M.A
Ensoleillement (h)	179,36	203,57	256,79	221	297,14	132,64	299,46	297,79	255,43	234	201,43	167,93	228,88

Source : ONM

On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mars au mois d’Octobre, la valeur la plus élevée est celle du mois de Juillet ; soit 299,46 h.



**I.1.9.4.L'Evaporation**

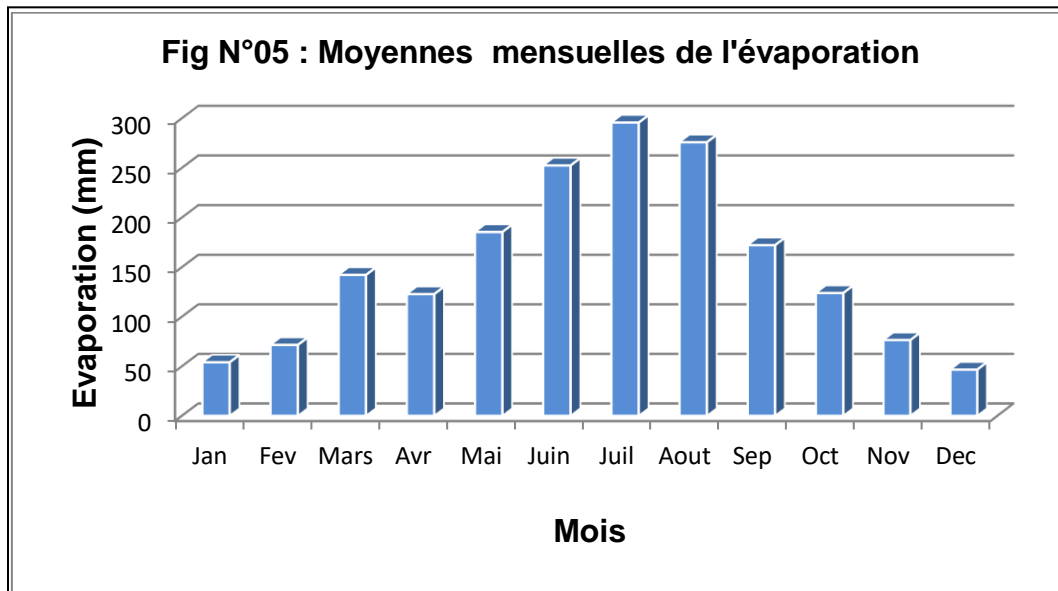
**Tableau I.5 :** Moyennes mensuelles de l'Evaporation durant la période 1983-2012

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	M.A
Evaporation (mm)	54	71,5	142,14	122,77	185,36	252,36	295,54	275,79	172,14	123,86	76,36	46,57	1818,39

Source : ONM

Le tableau ci- dessus fait ressortir que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois de Juillet avec une valeur de 295,54 mm et un minimum au mois de Décembre avec une valeur de 46,57 mm.

La moyenne annuelle de l'évaporation est de 1818,39 mm.



**I.1.9.5.Les Vents**

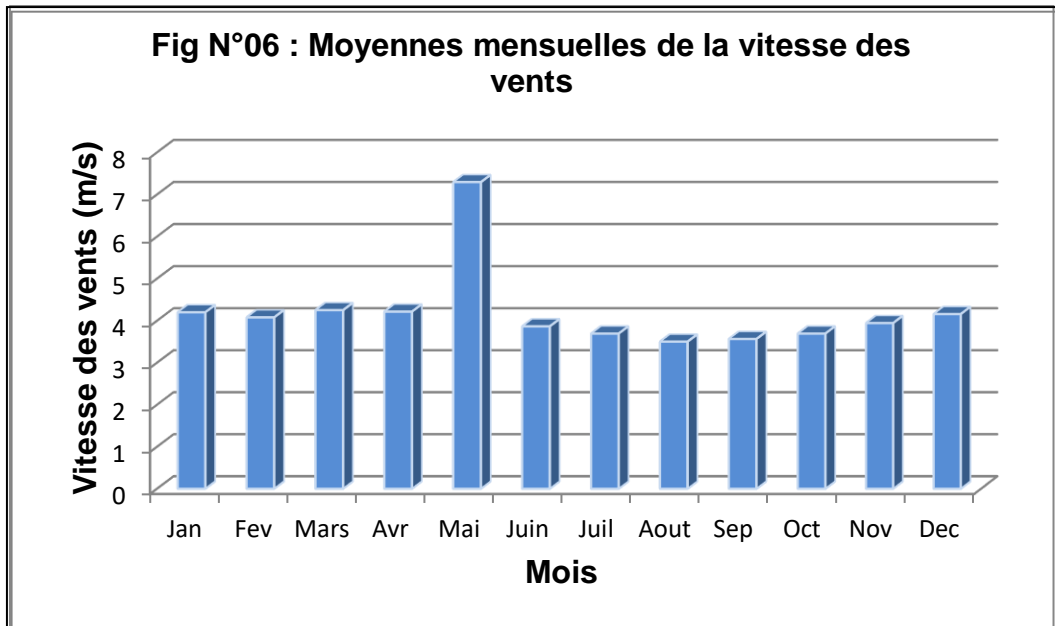
**I.1.9.5.1.Vitesse des Vents**

**Tableau I.6 :** La variation moyenne mensuelle des vents (m/s) de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	M.A
V(m/s)	4,2	4,08	4,25	4,22	7,29	3,86	3,69	3,5	3,56	3,69	3,94	4,16	4,2

Source : ONM

Les vitesses moyennes mensuelles des vents varient de 3,5 m/s à 7,29 m/s avec une moyenne annuelle de 4,2 m/s.



### I.1.9.6.Synthèse climatique

Une exploitation complète des données climatiques doit être réalisée pour définir le climat exact de notre zone d'étude. Cela impose l'utilisation de quelques indices climatiques très classiques :

A travers les deux facteurs importants du climat, la température et la pluviométrie, trois paramètres peuvent être déterminés :

- L'Indice d'aridité
- Le Diagramme Ombrothermique
- Le Climagramme d'EMBERGER

#### I.1.9.6.1.L'indice d'aridité de DEMARTON

Il est défini par la formule suivante :

$$I = 12 P / (T + 10)$$

Avec :

**P** : Pluviométrie moyenne mensuelle

**T** : Température moyenne mensuelle

**I** : Indice d'aridité

**Tableau I.7** : Indice d'aridité

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
I (°C)	34.82	32.72	24.94	16,81	12,26	2.20	0,86	9,48	7.46	13,29	24.24	29,33

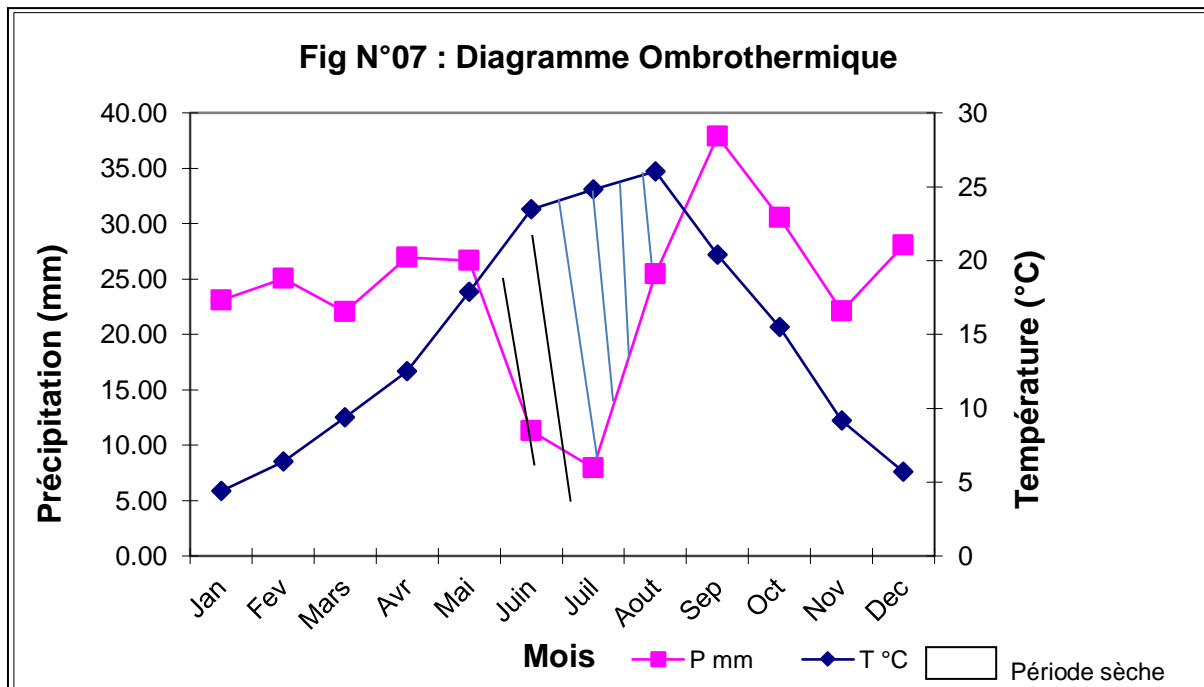
Le tableau ci-dessus met en évidence deux catégories :

- Une saison humide et longue s'étale du mois de Septembre au mois de Mai dont l'indice d'aridité atteint le maximum (32,72°C) au mois de Février.
- Une saison sèche et courte s'étale de Juin à Août dont la valeur minimale est celle du mois de Juillet (0,86°C).

### I.1.9.6.2. Diagramme Ombrothermique

En appliquant la formule  $P = 2T$ , le diagramme permet de déterminer la période sèche, où le mois sec est celui où le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades.

Quand la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée représente la zone sèche.



D'après la figure ci-dessus, il ressort une période sèche qui s'étale du mi du mois de Mai jusqu'au mi du mois de Septembre.

### I.1.9.6.3. Climagramme d'EMBERGER

Son calcul se base essentiellement sur les températures et les précipitations.

Ce quotient n'est applicable qu'aux climats de type méditerranéen. Mis au point par EMBERGER (1930), il s'exprime par la formule :

$$Q2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

**P** : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

**M** : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).

**m** : Température moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

En utilisant les deux valeurs  $Q_2$  et  $m$ , EMBERGER a défini les étages bioclimatiques qui sont reconnus par référence à un climagramme comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées  $Q_2$  et en abscisse le  $m$  (Voir figure).

Le calcul du quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

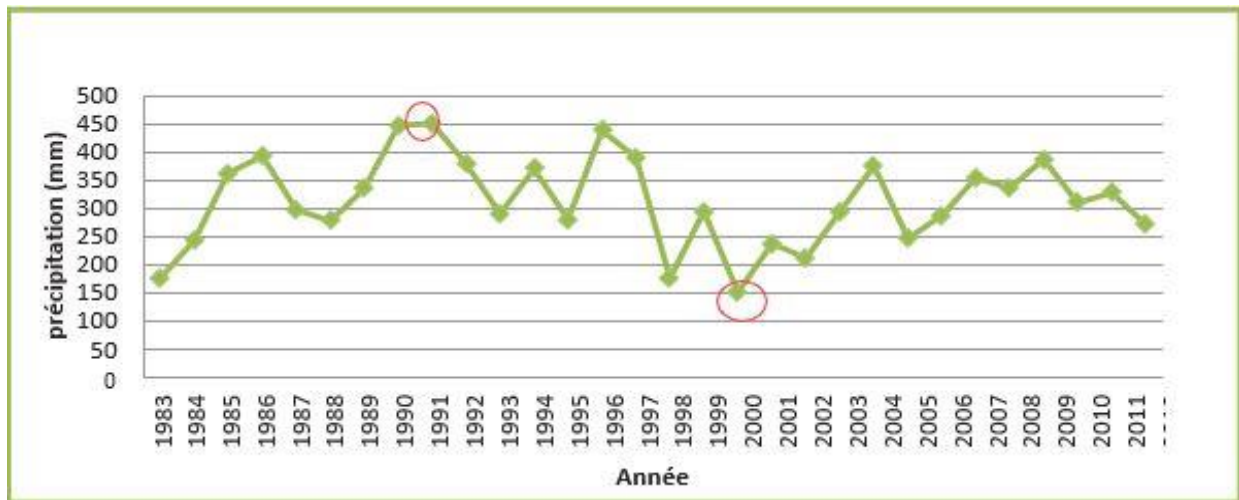
**Tableau I.8** : Le quotient pluviométrique

Précipitations (mm)	m (°K)	M (°K)	$Q_2$	Etage bioclimatique
324.79	273,08	306,11	33,95	Semi-aride

D'après le tableau N°41, on constate que la région se caractérise par un climat Semi-aride frais.

### Les variations interannuelles

Les hauteurs inter annuelles des pluies enregistrées Pour les séries des données climatiques sur lesquelles nous avons travaillées sont consignées dans les figures suivantes :



**Les hauteurs inter annuelles des pluies en mm de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.**

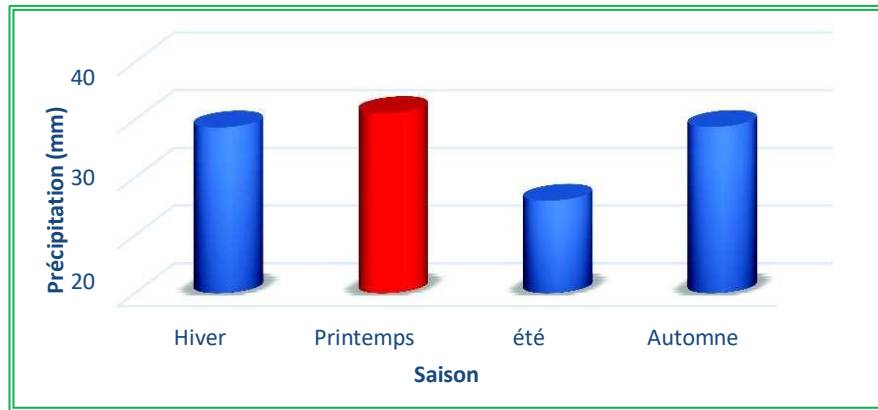
Le pluviomètre est marqué par une grande irrégularité d'une année à une autre, nous remarquons une alternance entre année pluvieuse et année moins pluvieuse.

En effet, on constate pour la Station de Djelfa que les hauteurs annuelles sont variées de 451,5 mm en 1991 à 152,2 mm en 2000



## Pluviosité saisonnière moyenne

La figure suivante met en évidence la variation saisonnière des pluviosités durant la période de (1983-2012).



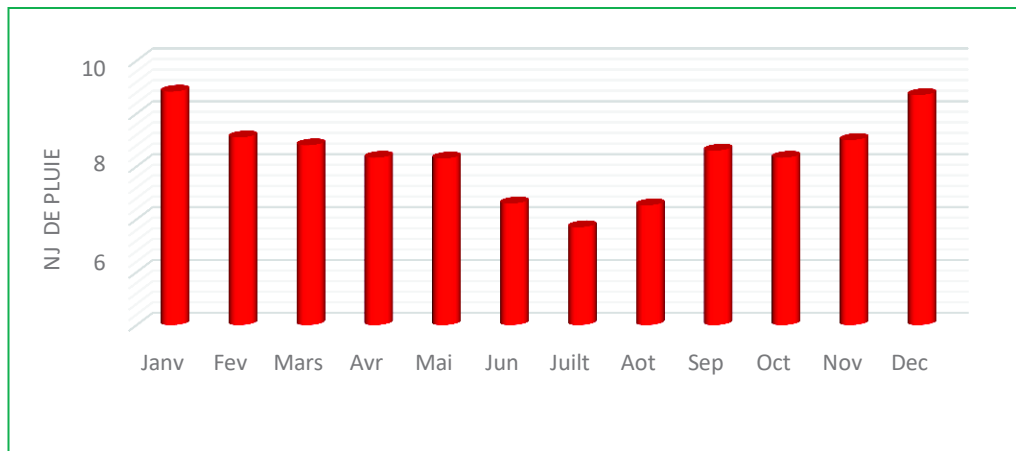
**Variation saisonnière des pluviosités en mm de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.**

La figure précise le régime saisonnier de la station de Djelfa ; qui est marqué par la prédominance des pluies de printemps suivie par les pluies d’hiver et d’automne avec un minimum assez sensible durant la saison estivale chaude et sèche, donc le régime saisonnier de la wilaya de Djelfa durant la période de 1983 à 2012 est de type PHAE.

Il représente un minimum estival, ce qui est une des caractéristiques essentielles du climat méditerranéen Emberger (1955) et Daget (1977), il ressort de cette analyse que la période d’occurrence des pluies est assez favorable, puisque l’on distingue les pluies d’automne favorisant la germination et les pluies de printemps accélérant le développement de la végétation.

## Nombre de jour de pluie

La station de Djelfa enregistre un nombre de jours de pluie environ 77 jours qui répartissent sur toute l’année avec une moyenne dominante des pluies d’hiver et de printemps. D’autre part il est important de signaler que ces pluies sont caractérisées par leur aspect orageux, qui favorise l’érosion hydrique.



**Nombre de jour moyen mensuel de pluie en mm de la station de Djelfa durant la période de 1983-2012.**

## I.1.10.ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

### I.1.10.1.Activités agricoles

L'agriculture dans la commune DJELFA se caractérise par la prédominance du pastoralisme constituant la principale base économique de la région. Cette activité connaît, aujourd'hui, de sérieux problèmes en raison notamment du bouleversement du climat et la sécheresse persistante sévissant ces dernières années et de la dégradation des parcours steppiques par les effets néfastes de l'homme (arrachage des plantes et labours illicites) et de l'animal (surpâturage).

Le tableau ci- dessous illustre la répartition des terres agricoles de la commune :

**Tableau I.9 :** Répartition générale des terres agricoles

	Superficie agricole totale	Terres agricoles incultes	S.A.U	Pacages et parcours	Superficie irriguée	Forêts	Alfa
Superficie (ha)	51.904	16.579	9400	42.504	583	1976	6915

*Source :* S/division de l'agriculture de DJELFA

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que la surface agricole utile (S.A.U) est de 9400 hectares soit 18,11% de la surface agricole totale. Les terres incultes représentent 31,94% de la superficie agricole totale. Quant à la surface des parcours, elle occupe 42.504 hectares, soit 81,89% de la surface agricole totale.

Les terres agricoles dont dispose cette commune sont dominées par une agriculture extensive, répartie comme suit :

**Tableau I.10 :** Occupation des sols par les différentes productions de la commune

Spéculations	Céréaliculture		Culture maraîchère	Arboriculture	Légumes secs
	Superficie exploitée	Superficie fauchée			
Superficie (ha)	1855	1293	542,5	419	333

*Source :* S/division de l'agriculture de DJELFA

D'après les données citées ci-dessus, on remarque que la céréaliculture occupe la plus grande superficie avec 1855 ha, les autres spéculations (Culture maraîchère, arboriculture, légumes secs) occupent des parcelles limitées.

**Tableau I.11** : Productions agricoles de la commune

Spécifications	Superficie (ha)
<b>Céréaliculture</b>	
Blés durs	200
Blés tendres	120
Orge	830
Total	1150
<b>Cultures maraichères</b>	
Carotte	04
Navets	04
Laitues	03
Total	11

**Oléicultures**

Spécifications	Superficie plantée (Ha)	Nombre d'oliviers en masse	Superficie en rapport (Ha)
Olive à l'huile	230	43.000	100

**Source** : S/division de l'agriculture de DJELFA

**Tableau I.13**: Superficie irriguée par type de culture (Ha)

Spécifications	Cultures maraichères	Arboriculture	Cultures fourragères	Autres cultures	Totale irriguée
Superficie irriguée (Ha)	28	80	30	380	518

**Source** : S/division de l'agriculture de DJELFA

**Tableau I.14** : Volume d'eau utilisé par type d'ouvrages (hm<sup>3</sup>/an)

Spécifications	Nombre	Volume (Hm <sup>3</sup> /an)
Forages	151	12.798
Puits	134	2170
Volume total (Hm <sup>3</sup> /an)		14.968

**Source** : S/division de l'agriculture de DJELFA

**Tableau I.15** : Superficie irriguée par système d'irrigation (Ha)

Système	Gravitaire	Aspersion	Localisée	Totale irriguée
Superficie irriguée (Ha)	25	646	714	1385

**Source** : S/division de l'agriculture de DJELFA

## Conclusion

D'après les données climatologiques mesurées à partir de la station ONM de DJELFA, le calcul de l'indice d'aridité et à la suite de l'interprétation ci-dessus nous avons constatés ce qui suit :

- Le climat de la zone d'étude est de type SEMI ARIDE FRAIS
- L'écart entre les températures des mois de Juillet - Août et celles du mois de Janvier atteint les 22°C avec une moyenne annuelle de 14,63°C.
- On distingue deux saisons :
  - Une saison caractérisée par des températures supérieures à 20°C (de Juin à Août) ;
  - Une saison où les températures ne dépassent pas les 20°C et ne descendent que rarement au-dessous de 5°C.

Le pic est atteint au mois de juillet où la température moyenne arrive à 26,04°C.

La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année. En effet, le maximum est atteint au mois de Mai tandis que le minimum est atteint aux mois d'Août et Septembre. La moyenne annuelle étant de 4,2 m/s. Les vents dominants viennent du Nord-Ouest et Sud-Ouest. En résumé, la région se caractérise par le vent Sud-Est (Sahli) qui est très chaud et dure, il est suivi par la hausse de la température et favorise le phénomène de l'évaporation.

Caractérisée par un climat semi-aride, la région reçoit en moyenne des pluies faibles. Il fait très chaud en été et très froid en hiver.

# **Chapitre II : La Réutilisation des Eaux Usées En Irrigation**

## Introduction

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. De nos jours près de la moitié de la population mondiale vit en zone urbaine et leurs besoins en eau ne cessent d'augmenter alors que les ressources en eau continuent à se dégrader.

Ainsi pour établir un équilibre entre les différents utilisateurs de l'eau, les rejets urbains sont recyclés pour couvrir une partie des volumes d'eau d'irrigation. En effet la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît des applications variables suivant les pays. Elle est appelée à se développer dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des ressources en eau, supposant la prise en compte de facteurs techniques, socio-économiques, réglementaires et environnementaux.

Les rejets d'eaux urbaines et des entreprises industrielles sont les principales origines des eaux usées réutilisées. Selon leurs origines les eaux usées sont distinguées par leurs débits arrivants à la station d'épuration, leur concentration en matière en suspension, leur DBO ainsi que par leur DCO.

Les procédés de traitement des eaux usées varient avec leurs origines, ainsi les effluents urbains sont faciles à traiter par rapport aux effluents industriels.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est surtout développée dans les pays où la ressource hydrique est très sollicitée tels que les pays du Maghreb et certains états des USA.

Dans ce travail on suppose que les eaux utilisées sont celles récupérées à la sortie de la station d'épuration, autrement dit des eaux usées qui ont subies un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

### II.1.Objectifs de la réutilisation des eaux usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont, en grande partie destinés dans le domaine agricole, vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires, centrale hydroélectrique les usines de fabrication d'acier, ...) pour le refroidissement de moteurs des machines, peuvent être couverts.

## **II.2.Historique de la réutilisation des eaux usées**

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19<sup>e</sup> siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis)

### **II.2.1. Quelques exemples de réutilisation dans le monde**

Comme il a été noté dans la partie introductive de ce chapitre, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion dans le monde entier. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

#### **II.2.1.1. L'Europe du Nord**

En Europe du nord, l'épandage des eaux usées était une tradition. Cette pratique qui datait de très longtemps est sur le point de disparaître avec l'avènement des nouvelles technologies de traitement.

Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pomme de terre ou des prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la Hongrie où 200 millions de mètres cubes d'eaux usées ont été utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies.



### **II.2.1.2. Le continent américain**

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux Etats-Unis. Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées. Des études publiées en 1994 ont montré que les traitements poussés des eaux usées par des procédés à membranes étaient appropriés pour respecter les réglementations. (M. Trad Rais et al, Sept 2003)

En effet les réglementations concernant la réutilisation aux états unis sont très sévères, par exemple, 2.2 coliformes fécaux par 100 millilitres en 1993 (état de Californie).

Ce qui est très loin de la réglementation imposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 1000 coliformes fécaux par 100 millilitres. Dans ce pays 34 états disposent des réglementations ou des recommandations relatives à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles.

Sur le continent américain, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud ainsi qu'au Mexique. Par exemple, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurées.

En 1996, les eaux usées brutes de Mexico étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de 85000 hectares de maïs, d'orge et de tomates).

Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (FAO, septembre 2003).

### **II.2.1.3. Le bassin méditerranéen**

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. Par conséquent c'est l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée.

#### **II.2.1.3.1 La Grèce**

La Grèce a développé dès 1996, une stratégie de réutilisation des eaux usées. Dans la ville d'Athènes l'usage des eaux usées traitées dans l'irrigation des cultures est prédominant, près de 71% des volumes. Ces eaux sont également utilisées dans le domaine de l'industrie et pour l'alimentation des chasses d'eau. Dans ce pays les eaux usées subissent un traitement un peu poussé, après la filière biologique, les eaux passent à travers un filtre à sable, elles sont ensuite conduites dans des bassins de désinfection par chloration. Ces faits permettent d'obtenir une qualité de l'eau sans préjudice sur le milieu récepteur.

### II.2.1.3.2 La Tunisie

Au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel.

Cependant, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ».

Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traitée (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ».

« La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 M m<sup>3</sup> en 1994 à 35 M m<sup>3</sup> en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales – cultures à faible plus-value - qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm<sup>3</sup> en 1996.

Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques ». (Zargouni, 1999).

### II.2.1.4 Possibilité d'approche en Algérie

En Algérie, un certain nombre d'actions sont entreprises pour promouvoir la réutilisation des eaux usées. Pour le cas de la ville d'Alger, grande agglomération, une station est conçue pour le traitement des effluents de la ville par la méthode conventionnelle des boues activées suivie des traitements de désinfection et de clarification par le chlore. Des traitements complémentaires sont envisagés pour permettre la pratique des cultures sans restriction.

Dans notre pays, les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau, au même titre que les eaux superficielles et souterraines, leur volume annuel est estimé entre 700 et 750 millions de m<sup>3</sup> par an, dont plus de 550 millions de m<sup>3</sup> correspondent aux agglomérations de plus de 50 000 habitants. La capacité totale de traitement est près de 7 millions Eq/H, soit un débit nominal journalier de plus d'un million m<sup>3</sup>/j (plus de 52% de la population raccordée à un réseau d'assainissement

bénéficient d'un traitement d'eau usée). Selon le MRE, plus de 160 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées ont été épurées en 2013, pour une population de près de 20 millions d'habitants.

Le potentiel de réutilisation des eaux usées à des fins agricoles, a connu une évolution de manière significative d'environ 45 millions de m<sup>3</sup> en 2012 à environ 325 millions m<sup>3</sup> en 2014.

### **La Réutilisation des eaux en Algérie**

La réutilisation des eaux usées non traitées est formellement interdite par la loi n° 83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement et la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant le code des eaux. Les valeurs maximales de rejets d'effluents liquides par les établissements industriels sont définies par le décret 93-160 du 10 juillet 1993 qui charge également les Inspections de l'Environnement des wilayas (IEW) d'effectuer les contrôles.

Selon les résultats de l'enquête, il se distingue deux types de réutilisations des eaux usées dont les réutilisations domestiques et industrielles (3,1 millions de m<sup>3</sup>/an) et les réutilisations pour irrigation des grands et petits périmètres agricoles (3,4 millions de m<sup>3</sup>/an).

### **Réutilisation pour l'irrigation**

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique qui date des temps anciens. Selon le MRE, dès les années 1990, des programmes de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation ont été mis en œuvre. Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13.37% dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21.4% dans la région hydrographique Constantine-Seybousse-Mellegue, et de 34.92 % dans la région hydrographique Oranie-Chott-Chergui. Cette dernière est nettement déficitaire en pluviométrie par rapport aux autres régions du Nord algérien (400 mm/an environ). La composante réutilisation des eaux usées en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région de l'Oranie de l'Ouest algérien.

Par ailleurs, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner

en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épurations exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas, quelques stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. En 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m<sup>3</sup>/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricole. En effet ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu une évolution significative où environ 17 millions de m<sup>3</sup> ont été enregistrés en 2011, environ 45 millions de m<sup>3</sup> en 2012 300 millions de m<sup>3</sup> en 2014.

Selon le MRE, 25 STEP sont actuellement concernées par les projets de REUE pour l'irrigation de plus de 70 000 hectares de terres agricoles. D'un autre côté, un projet d'élaboration de normes algériennes et d'un guide technique pour les bonnes pratiques de la réutilisation des eaux usées pour des fins agricoles est en cours d'approbation par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR).

### **Réutilisation municipale**

Les réutilisations d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses.

En Algérie, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m<sup>3</sup>/mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales qui récupèrent 12 m<sup>3</sup>/mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumerdès.

### **Réutilisation industrielle**

Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85% des besoins globaux en eau pour l'industrie. La REUE industrielle peut se faire dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Outre, cette réutilisation est possible dans les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. En Algérie, le seul exemple à citer est celui de la STEP de Jijel, qui cède un volume de 15000 m<sup>3</sup>/mois d'eau usée au profit de la tannerie de Jijel.

## **II.3.Aperçu général sur le problème d'eau**

### **II.3.1 Accroissement des problèmes de l'eau : Le concept de vulnérabilité**

La concurrence entre l'agriculture, l'industrie et les villes pour les disponibilités limitées en eau est déjà un frein aux efforts de développement dans de nombreux pays. A mesure que

les populations et les économies s'accroissent, la concurrence pour les disponibilités limitées ira en s'intensifiant de même que les conflits entre usagers.

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande.

Bien que la qualité de l'eau et sa répartition dans le temps soient des facteurs difficiles à mesurer pour procéder à des comparaisons entre pays, les disponibilités et la demande en eau peuvent être étalonnées à la fois entre les pays et dans le temps et on peut en tirer des conclusions sur la vulnérabilité d'une région donnée. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation des données lorsqu'on procède à des comparaisons entre des pays de zones climatiques et de pratiques agricoles différentes - par exemple, un pays tempéré reposant sur une culture pluviale comparé à un autre utilisant l'irrigation.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m<sup>3</sup> par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993)

Le tableau (II.1) illustre la statistique des pays où les disponibilités internes renouvelables en eau étaient sous la barre des 1000 m<sup>3</sup> par an et par habitant avant la fin du 21<sup>e</sup> siècle.

**Tableau II.1** : Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000)

PAYS <sup>1</sup>	DISPONIBILITES EN EAU m <sup>3</sup> /habitant		POPULATION millions
	Ressources internes renouvelables	Débits issus des pays voisins inclus	
Egypte	29	934	62.4
Arabie Saoudite	103	103	21.3
Libye	108	108	6.5
Emirats Arabes Unis	152	152	2.0
Jordanie	153	240	4.6

Mauritanie	154	2 843	2.6
Yémen	155	155	16.2
Tunisie	384	445	9.8
Syrie	430	2 008	17.7
Kenta	436	436	34.0
Burundi	487	487	7.4
Algérie	570	576	33.1
Hongrie	591	11 326	10.1
Rwanda	604	604	10.4
Botswana	622	11 187	1.6
Malawi	760	760	11.8
Oman	880	880	2.3
Soudan	905	3 923	33.1
Maroc	943	943	31.8
Somalie	1 086	1 086	10.6

**Source :** Calculs de la FAO sur la base de données de la Banque Mondiale et d'autres organismes.

#### **II.4.Domains de la réutilisation des eaux usées**

Les usages des eaux usées épurées sont nombreux. Cependant, les réalisations les plus connues, portent sur l'agriculture (vergers, fourrages, produits à consommer après cuisson), d'autres usages sont possibles et qui portent, dans l'ordre sur les eaux urbaines de lavage et d'arrosage, le refroidissement, l'industrie, les loisirs avec la navigation de plaisance. En effet pour ces usages, l'adaptation en qualité est assez aisée.

Quelques cas sont à noter pour la pisciculture et pour la pêche, bien que l'adaptation en qualité soit plus délicate.

Cependant, pour l'eau de boisson, l'irrigation destinée à des produits agricoles à consommer crus, ou même pour l'alimentation du bétail, les contraintes de santé sont publiques ou les coûts économiques ont pour le moment écarté toute réalisation importante.

## **II.5.Problèmes dus à la réutilisation des eaux usées**

La réutilisation des eaux usées est confrontée à plusieurs contraintes. Celles-ci présentent les risques qui lui sont associés. Ces limitations peuvent être réparties en trois catégories :

### **II.5.1 Problèmes liés au sol**

Le principal risque encouru par le sol lors de l'irrigation des cultures par des eaux d'effluents moyennant les différentes techniques existantes est celui du colmatage.

En règle générale, ce colmatage n'affecte que la partie superficielle du sol, les résultats des études menées sur ce sujet concorde tous.

#### **II.5.1.1 Problèmes de colmatage**

Ces problèmes sont liés à trois causes principales :

##### **II.5.1.1.1 Colmatage physique**

Le taux de matières en suspension est un paramètre important à prendre en compte lors des études de faisabilité relatives au colmatage du sol, ces matières en suspension pouvant obstruer les pores et provoquer tout au moins en surface, une imperméabilisation.

La cinématique de ce phénomène dépend de la teneur en matières en suspension de l'eau utilisée, mais également des caractéristiques physiques du sol (texture, porosité, perméabilité).

Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  dans les proportions rencontrées naturellement dans les sols maintiennent la structure de ceux-ci. Lorsque ces sols sont soumis à l'irrigation avec des eaux riches en sodium échangeables, ce dernier peut se substituer aux ions alcalino-terreux des argiles et défloculer celles-ci, entraînant par ce fait une imperméabilisation. Ce risque est d'autant plus grand que l'eau est minéralisée.

En particulier, les sols lourds (plus riche en argile), et alcalins supportent en général moins bien que des sols légers des eaux de qualités médiocre.

##### **II.5.1.1.2 Colmatage chimique**

De part certains modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu (PH, température, potentiel redox), des précipitations de certains sels peuvent avoir lieu (sels de calcium, sels de fer ...).

### II.5.1.1.3 Colmatage biologique

L'apport par l'eau de quantités notables de matières organiques est également un facteur important dans le colmatage des sols. Cet apport de matières organiques favorise le développement de la végétation, celle-ci génère à son tour de la matière organique engendrant ainsi un processus de colmatage.

Le développement, qui apparaît surtout dans les bassins d'infiltration est également un phénomène important responsable de ce colmatage. Les organismes morts s'accumulent dans le fond et bloquent les pores de la même manière que les matières en suspension.

Ces phénomènes peuvent également apparaître en irrigation lors de périodes de submersion trop importantes ou dans des zones de stagnation de l'eau sur des terrains peu drainant.

D'autre part, ces algues, lors de leur développement, peuvent précipiter des sels tels que le carbonate de calcium qui obstruent mécaniquement les pores.

De même, certaines bactéries peuvent faire précipiter des sels de fer.

### II.5.1.2 Remèdes au colmatage des sols

En ce qui concerne les sols sur lesquels est pratiquée une irrigation, les expérimentations menées montrent que des labourages fréquents suffisent à limiter ces phénomènes de colmatage d'une part par action mécanique, d'autre part en activant la dégradation des matières organiques du fait de l'aération du sol. Ce travail de la terre est également bénéfique pour lutter contre la tendance à la formation des croûtes dites salées lorsque les eaux utilisées sont très minéralisées. Cette pratique présente bien évidemment des limites et il importe que le sol possède au préalable une aptitude à recevoir des effluents.

Les plus impotentes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité (limons sableux ou sols sableux), c'est à dire souvent sur des sols qualifiés de *pauvre* du point de vue agricole mais qui sont valorisés par une irrigation au moyen d'eaux usées riches en fertilisant.

### II.5.1.3 Perméabilité

Il y a problème de perméabilité si l'eau ne pénètre pas assez rapidement dans le sol pendant une irrigation pour reconstituer la réserve d'eau nécessaire à la culture jusqu'à l'arrosage suivant. Une mauvaise perméabilité du sol entrave donc l'apport d'eau à la culture et risque de rendre beaucoup plus difficile les pratiques culturales en raison d'un croûtage sur les semences, d'un engorgement à la surface du sol, phénomènes qui s'accompagnent de toutes sortes d'inconvénients : maladies, salinité, mauvaises herbes, problèmes d'aération et de nutrition.

Cette imperméabilisation est liée à la composition ionique de l'eau d'irrigation, c'est ainsi que ce problème est lié à la teneur en carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) de l'eau d'irrigation. Quand le sol est sec entre les arrosages une partie de  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  précipite sous forme de carbonate mixte de calcium et de magnésium, ce qui revient à enlever des cations  $\text{Ca}^{2+}$



et  $Mg^{2+}$  de la solution du sol et accroître la proportion relative de sodium et donc le risque d'imperméabilisation.

Une classification des eaux d'irrigation est basée sur le calcul du carbonate de calcium résiduel (R.S.C.) par la formule suivante :

$$R.S.C. = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

La qualité de l'eau d'irrigation est liée à la valeur de R.S.C. :

- R.S.C. > 2.5                    L'eau d'irrigation n'est pas utilisable
- 1.25 > R.S.C. < 2.5        L'eau d'irrigation est marginale
- R.S.C. < 1.25                L'eau d'irrigation est utilisable.

Le problème de perméabilité est également lié à l'alcalinisation qui est la fixation exagérée du sodium par le complexe absorbant du sol. Ce processus est toujours accompagné d'une augmentation du PH. Cette alcalinisation est appréciée par le pourcentage de sodium échangeable ESP donné par les formules suivantes :

$$ESP = (Na / CEC) * 100$$

CEC : étant la capacité d'échange cationique

Na : la teneur du sol en sodium échangeable

- Si l'ESP est supérieur à 15% les risques d'alcalinisation sont élevés et l'eau est dite mauvaise.
- Si l'ESP est compris entre 8 et 15% les risques sont faibles et l'eau est dite moyenne.
- Si l'ESP est inférieur à 15% ces risques sont nuls et l'eau est dite bonne.

#### II.5.1.4 Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité

Parmi les solutions d'aménagement envisageable aux problèmes de perméabilité, on peut citer :

- Les amendements du sol par utilisation du gypse.
- Les façons culturales ou le labour profond constituent une autre solution efficace mais provisoire et il importe que le sol possède au préalable une certaine aptitude à recevoir des effluents. Les plus importantes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité.

- Des apports de matières organiques peuvent aussi améliorer la structure sol.

## **II.5.2 Les risques sanitaires immédiat**

### **II.5.2.1 Toxicité chimique**

La toxicité due aux composés chimiques (métaux lourds essentiellement) pourrait provenir de l'accumulation de ceux-ci dans les cultures (effet de concentration) et leur transmission aux consommateurs (humain ou bétail).

Il faut également signaler que les quantités de métaux lourds apportés par les boues d'eaux résiduaires utilisées en agriculture sont nettement supérieures à celles apportées par les eaux usées.

De ce fait, les problèmes dus aux éléments - traces minéraux ne devaient se poser que dans certaines situations particulières. Cependant, cet aspect doit être examiné de manière plus approfondie dans le cas d'épandage d'eaux résiduaires (effluent brut).

### **II.5.2.2 Agents pathogènes**

Les eaux usées sont des milieux particulièrement favorables aux développements des microorganismes de tout genre, notamment en ce qui concerne les bactéries pathogènes et les virus.

La composition microbiologie des effluents est extrêmement conditionnée par les modes de vie et les conditions sanitaires régionales.

La contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux.

### **II.5.2.3 Le consommateur**

La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisées pour l'irrigation. Il faut tout de même souligner l'absence d'étude portant sur les effets sanitaires liés à la REU, donc actuellement, il n'existe pas de normes bactériologiques bien définies relative à l'eau utilisée à des fins d'irrigation.

D'autre part, la qualité bactériologique dépend des cultures pratiquées. Pour certaines, un niveau de 10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup> bactéries coliformes sera acceptable. Pour d'autres, ce niveau pourra descendre à moins de 100 / 100 ml, nécessitant ainsi une désinfection de l'eau.

### **II.5.2.4 Culture légumière**

Presque tous les cas d'épidémies cités dans la littérature concernent la consommation de végétaux crus et l'utilisation d'eaux résiduaires brutes, de matière de vidange ou de boues brutes.

Compte tenu de l'efficacité des traitements d'épuration et de la désinfection, l'utilisation des eaux résiduaires sur des végétaux à consommer crus est inacceptable, quel que soit le stade de traitement.

#### **II.5.2.5 Cultures fourragères**

L'utilisation des eaux résiduaires urbaines sur prairies pâturées est possible sous réserve de respecter un délai entre épandage et pâturage. Les problèmes posés par les bactéries ne semblent pas majeurs, seuls les parasites risquent d'empêcher cette utilisation et de la réduire à des eaux traitées désinfectées. Par ailleurs il serait intéressant d'avoir des informations sur le devenir des agents pathogènes dans l'ensilage. L'utilisation des eaux résiduaires sur prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes.

#### **II.5.2.6 Le personnel d'exploitation**

Pour le personnel d'exploitation, la prévention passe par une formation sur les précautions à prendre. Quelques études menées sur le risque sanitaire pour le personnel font ressortir que ce risque n'est pas plus élevé que pour le personnel travaillant sur les stations d'épuration.

#### **II.5.2.7 Le voisinage immédiat**

Il est à mentionné également qu'une épuration insuffisante peut aussi entraîner des nuisances pour le voisinage immédiat en ce qui concerne les odeurs et le développement de moustiques.

Il convint donc, dans la mesure du possible que les terrains agricoles utilisés soient suffisamment éloignés des habitations et en aval par rapport aux vents dominants, d'autant plus l'irrigation qui se fait par asperseurs les risques de contamination humaine par les bactéries ou virus transportés par les aérosols sont toujours possibles. Pour remédier à cela, il a été mis en place sur certaines réalisations, une zone morte autour du périmètre irrigué ou un rideau d'arbres protecteurs.

### **II.5.3 Problèmes liés à la plante**

La phytotoxicité pose des problèmes différents de ceux de la salinité et de la perméabilité, car elle se manifeste dans le végétal lui-même comme résultat de l'absorption et l'accumulation de certaines substances contenues dans l'eau d'irrigation.

Si les eaux usées contiennent en proportion élevée des rejets industriels, peuvent être riches en métaux lourds qui font partie certains éléments indispensables à la plante en quantité faible.

Ces métaux pourraient s'accumuler dans les cultures et devenir par- là phytotoxiques et toxiques pour le consommateur.

#### **II.5.3.1 Le sodium**

La plupart des cultures arboricoles et autres plantes pérennes de types ligneux sont particulièrement sensibles à de faibles concentrations de sodium. Les cultures annuelles sont relativement moins sensibles mais peuvent être affectées par des concentrations plus élevées.

Les plantes absorbent le sodium en même temps que l'eau et celui-ci se concentre dans les feuilles, pouvant entraîner des dégâts (toxicité) si son accumulation atteint une concentration dépassant la tolérance de la culture.

Les symptômes caractéristiques en sont la brûlure ou le dessèchement des tissus situés sur les bords de la feuille qui, à mesure que le phénomène s'aggrave progressivement vers l'intérieur entre les nervures.

### **II.5.3.2 Le chlore**

La plupart des cultures d'arbre et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faibles doses alors que la plupart des cultures annuelles ne le sont pas. Toutefois, certaines cultures peu sensibles peuvent être affectées par des concentrations plus fortes. Les symptômes de toxicité sont : la brûlure du feuillage ou le dessèchement des tissus foliaires qui se produisent de manière caractéristique tout d'abord à l'extrême pointe des feuilles plus âgées puis progressives vers l'arrière en suivant les bords, à mesure que le phénomène s'aggrave.

### **II.5.3.3 Le bore**

Le bore est un des éléments essentiels à la croissance végétale, mais il n'est nécessaire qu'à des doses relativement faibles. En quantité excessive il devient toxique. Les problèmes de toxicité par le bore sont souvent en rapport avec la présence de cet élément dans l'eau d'irrigation, mais ils peuvent à l'occasion se manifester quand le bore se trouve naturellement dans le sol.

Il semble que la sensibilité au bore affecte des cultures très diverses. Les symptômes de toxicité se manifestent d'une manière caractéristique tout d'abord sur les bouts et les bords des feuilles plus âgées ou par des taches ou un détachement ou un dessèchement des tissus foliaires.

Le jaunissement ou les taches sont suivis dans certains cas par un dessèchement qui progresse depuis le bout de la feuille, le long des bords et vers le centre des nervures.

### **II.5.3.4 Procédés de lutte contre la phytotoxicité**

Les problèmes de toxicité se manifestent à des concentrations relativement faibles dans l'eau d'irrigation. Si l'on pratique des cultures sensibles, on pourra être amené à adopter certaines techniques qui ont pour effet soit de diminuer la concentration effective des substances toxiques soit d'apporter des ajustements permettant d'améliorer la production avec les concentrations présentes.

Pratiques visant à diminuer la concentration effective des constituants toxiques (sodium, chlore, bore) :

- Arroser plus fréquemment ;
- Fournir un supplément d'eau pour lessivage ;

- En cas de toxicité par le sodium utiliser des amendements du sol ou de l'eau tels que le gypse...
- Modifier l'approvisionnement en eau ou mélanger des eaux de Provenance différente.
- Pratiques visant à s'adapter à la situation :
- Faire des cultures moins sensibles ;
- Fournir un supplément d'azote pour obtenir une fertilité maximum du sol nécessaire à la croissance des cultures telles que les agrumes ;
- Lessiver périodiquement, augmenter la fraction de lessivage, modifier le profil du sol pour améliorer la percolation de l'eau en profondeur, et installer un drainage artificiel.

## **II.6. Adaptation des différents systèmes d'irrigation**

### **II.6.1 Techniques de submersion ou apparentés**

Ces techniques nécessitent toutes un apport important d'eau, qui peut se faire par des fossés, digues, ou des conduites de gros diamètre. Ces équipements délivrent l'eau sur un bord de la parcelle et ne nécessitent pas d'équipements compliqués ou de précision (ce sont des déversoirs au flanc des canaux, des vannes...).

Les problèmes ne se posent donc pas d'un point de vue technologiques (pas de colmatage...). Cependant on doit tenir compte des risques de contamination pour les mains d'œuvres, consommateurs, animaux ... il est donc préférable, soit de limiter l'accès aux fossés par des grillades, soit de transporter l'eau dans des conduites fermées.

### **II.6.2 Irrigation à la raie**

Ces techniques nécessitent des réglages de débits qui peuvent se faire à la pelle ou à la main.

Il y a donc de forts risques d'éclaboussures. Pour limiter les risques de contamination des techniciens par l'effluent, les recommandations suivantes sont à prendre en considération :

- L'emploi de gaines souples manœuvrables par chaînettes.
- L'emploi de tuyaux enterrés ou de venettes : l'ouverture sera réglée une fois pour toutes pour que l'on n'ait plus de risques de contact avec l'effluent. On placera un clapet à l'extrémité de la conduite pour pouvoir la vidanger.

### **II.6.3 Irrigation par aspersion**

Les adaptations que l'on peut apporter au matériel vont avoir pour but de maîtriser au mieux l'aérosol. La quantité d'aérosol produite est d'autant plus grande et plus sensible au vent que la pression est forte, que la portée est grande, et que les gouttes sont fines.

Les adaptations proposées sont les suivantes :

- Favoriser des pressions minimales de fonctionnement, adopter des buses de fort diamètre.
- Utiliser des asperseurs ayant un angle de tir faible et donc une trajectoire tendue pour limiter la prise au vent. Les meilleurs angles de tir sont de 10 à 25° par rapport à l'horizontal.
- Si on utilise des rampes pivotantes ou frontales, on peut les équiper de cannes télescopiques fixées sur la rampe pour abaisser la tête d'arrosage en fonction de la hauteur de la culture, ou de buses dirigées vers le sol.
- Mettre en place des brise-vent.

La hauteur des arbres impose l'espacement entre les haies ; ils créent une zone de protection contre les vents longue de 1 fois la hauteur en amont et de 15 à 20 fois celle-ci en aval.

Globalement, il faut placer les brises vents toutes les 20 hauteurs.

#### **II.6.4 Micro-irrigation**

Cette technique d'irrigation semble être la plus adaptée à la réutilisation des eaux usées.

Cependant, du fait du faible diamètre des orifices des distributeurs, le réseau est très sensible aux colmatages par les matières en suspension, les développements organiques causés par les eaux usées.

C'est pourquoi il faut apporter une grande attention au choix des distributeurs car certains y sont plus sensibles que d'autres.

Parallèlement au choix des distributeurs, il faut prévoir :

- Un bout mort à l'extrémité de chaque rampe (environ 1 m), pour que, la vitesse de l'eau chutant, les particules sédimentent à cet endroit et non pas au niveau des derniers distributeurs de la rampe.
- Des valves de vidange, éventuellement automatique, aussi aux extrémités des rampes pour pouvoir effectuer des purges régulièrement et facilement.

## **Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

Globalement, que ce soit avec des eaux épurées, ou des eaux brutes, la micro-irrigation ne pose pas de problèmes technologiques insurmontables si on choisit les distributeurs présentant le moins de risques d'obstruction et si bien sûr, on installe des filtres largement dimensionnés.

# **Chapitre III : Présentation et L'état Actuel des Ouvrages de La Station D'épuration De Djelfa**



## Introduction

En Algérie, l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable, les ressources en eau sont réduites, et le seront davantage si certaines d'entre elles sont rendues inutilisables, du fait de la pollution par les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles ou par des produits chimiques utilisées en agriculture.

L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissements constitue une des solutions capables de préserver ces ressources.

Le ministère de l'eau a fixé des priorités afin de sauvegarder les milieux récepteurs, la première priorité a été donnée à l'épuration des eaux usées des agglomérations avant qu'elles rejoignent le milieu récepteur.

### III.1.1 Site de la station d'épuration

Le site de la station d'épuration est défini par l'étude d'assainissement de l'oued MALEH. Il est situé à la sortie nord de la ville de Djelfa, et est distant de 3km de la ville. Et est limité par:

- Au Nord : par l'ancienne route nationale N°1.
- Au Sud : par la ligne de chemin de fer.
- A l'est : par un abattoir.
- Et a l'ouest : par un terrain nu.

Le site présente les avantages suivants :

- Facilité d'accès,
- Présence de la ligne électrique à basse tension à proximité,
- Il est non inondable.

Présentation de site :



**Figure II.1** : image Satellitaire de site prise depuis google earth 2012

L'actuelle station d'épuration est localisée sur une parcelle clôturée de 170m\*100m : 17000m<sup>2</sup> + 120\*70 : 8400m<sup>2</sup> environ pour les lits de séchage.

La voie ferrée borde la parcelle sur son côté sud, Au-delà de la voie, coté sud-ouest, les terrains sont constitués de prairies peu végétalisées.

Les terrains côté nord sont constitués de pâturages jusqu'à l'oued Mellah qui passe à plus de 250 m.

La partie ouest de la parcelle est bordée par des habitations.

La partie Est de la parcelle est occupée par un abattoir.

La station préconisée de déplacer la route adjacente n'est pas retenue par le maître d'ouvrage.

Le terrain disponible pour la station est caractérisé par une forme très allongée ce qui nécessite des longueurs de canalisations importantes et une voirie conséquente.



**Figure II.2 :** Vue d'ensemble localisant le réseau de transfert et la station d'épuration prise depuis google earth 2012



**Figure II.3 :** Vue aérienne de la station d'épuration et des rejets à l'Oued site prise depuis google earth 2012

### III.1.2 Alimentation en eau potable et réseau d'assainissement

La ville de Djelfa est alimentée par un champ captant de sorte que :

- 67% de la population sont alimentés à partir du champ captant nord (11 forages)
- 10 % à partir de MAALBA (3forages)
- 23% à partir du champ de la zone industrielle.

Les besoins ont été estimés à partir de la dotation de l'hydraulique de la wilaya de Djelfa et sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau II.1 : Besoins en eau domestique et équipements**

Horizon	2003	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
<b>Dotation (l/s)</b>	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Nombre Habitants</b>	191523	202398	232366	266771	306270	351617	403678	463448
<b>Consommation journalière (m3/j)</b>	38304,6	40479,7	46473,2	53354,2	61253,9	70323,3	80735,6	92689,5
<b>Consommation horaire (m3/h)</b>	1596	1686,6	1936,4	2223,1	2552,3	2930,1	3364	3862,1
<b>Besoins des équipements (l/s)</b>	53,20	56,22	64,55	74,10	85,07	97,67	112,13	128,74
<b>Besoin total (l/s)</b>	496,54	524,74	602,43	691,63	794,03	911,6	1046,57	1201,53

La ville de Djelfa est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire et le taux de raccordement de la population au réseau est de 100%. Il existe un collecteur principal de Ø 1200 mm et une longueur de 3 km qui relie la ville à la station d'épuration.

Le réseau d'assainissement est caractérisé par :

120km de longueur de 300à400 de diamètre ;

17,5km de longueur de 500à1200 de diamètre ;

### **III.2 Etat actuelle des ouvrages de la station**

#### **III.2.1 Données techniques et caractéristiques fondamentales**

Les travaux de réalisations de la station d'épuration exécutés par l'entreprise de réalisation des travaux hydrauliques ont débuté en 1980. La mise à eau à été finalise en 1984.

L'équipement de la station a été fourni par VON ROL SA ZURICH (SUISSE). La gestion a été confié en 1987 à l'APC et à EPEGED –DJELFA 1987à1990.

Malheureusement, la mauvaise gestion due au manque de personnel qualifié ainsi que la maintenance et au manque de pièce de rechange a conduit à l'arrêt de la station en 1990.

Les rejets de la ville de Djelfa sont unifiés, et aboutissent à la STEP par gravité à l'aide d'un seul collecteur de diamètre 1200mm muni à l'aval d'un déversoir d'orage et d'une vanne qui sert à limiter le débit d'eau à traiter à 490 l/s

La station de la ville de Djelfa a été dimensionnée pour deux phases d'aménagement. La première phase a été étudiée pour une population de 75000 habitants, un volume journalier à traiter de 14090 m<sup>3</sup>/j et une charge polluante de 6000 kg DBO<sub>5</sub> /J.

La deuxième phase est caractérisée par un nombre de population de 100000 habitants à horizon 2000 avec un débit à traiter 21300 m<sup>3</sup>/j et une charge polluante de 8900 kg DBO<sub>5</sub>/J

L'effluent rejeté devrait satisfaire aux valeurs suivantes :

- MES : teneur inférieur à 30mg/l.
- DBO<sub>5</sub> : teneur inférieur ou égal à 20 mg/ jour à pleine charge.
- Teneur en chlore inférieur à 0,2mg/l.

Le Tableau III.11 résume pour les deux phases la capacité de traitement de la station

**Tableau II.2 :** La capacité de traitement de la station de Djelfa

	Phases d'aménagement	
	I	II
<b>Année</b>	1998	2000
<b>Population (hab.)</b>	75000	100000
<b>Charge en DBO<sub>5</sub> (kg/j)</b>	6000	8900
<b>Débit journalier par eq-hab. (l/j).</b>	188	188
<b>Débit journalier par temps sec (m<sup>3</sup>/j)</b>	14090	21300
<b>DBO<sub>5</sub> (g/hab./ j)</b>	80	89
<b>Concentration moyenne (DBO5) (mg/l)</b>	426	418
<b>MES (g/hab./j)</b>	90	90
<b>Charge en MES (kg/j)</b>	6750	9000
<b>Concentration moyenne en MES (mg/l.)</b>	479	423

### III.2.2 Description des ouvrages

#### III.2.2.1 Les ouvrages d'entrée

Les effluents seront collectés au niveau de l'abattoir par une canalisation de diamètre 1200 mm à la station par gravité amenés au niveau des ouvrages de réception et du poste de relèvement de tête. Un by passe général de 1200 mm de diamètre transitant par l'aval des

prétraitements sera réalisé depuis cet ouvrage jusqu'à l'oued Mellah, Un déversoir d'orage et une vanne automatique permettent de limiter le débit d'eau à traiter à 490 l/s par temps de pluie.

Le canal d'entrée a été dimensionné en tenant compte de la deuxième phase d'aménagement soit pour un débit maximum en temps de pluie de 740 l/s.

### III.2.2.2 Traitement mécanique ou primaire

#### A. Composition de l'installation

L'orientation technique a été prise en conciliant divers facteurs, en particulier

- ✓ Réutilisation maximale des ouvrages existants
- ✓ Recherche d'un rendement épuratoire élevé
- ✓ Simplicité de fonctionnement.
- ✓ Réutilisation possible des eaux traitées et des boues produites.

Les prétraitements existants seront entièrement détruits et remplacés par un nouvel ouvrage, et afin de permettre un fonctionnement gravitaire des trois lignes, les effluents seront relevés vers de nouveaux prétraitements d'où ils seront répartis comme suit :

-42% des flux hydrauliques vers les ouvrages biologiques existants.

-58% des flux hydrauliques vers les deux nouvelles lignes de traitement.

En ce qui concerne les ouvrages de la chaîne existante, le bassin de stabilisation sera transformé en aération complémentaire pour permettre de traiter la pollution, entrante sur cette ligne.

Cette première phase de traitement permet d'extraire 30 % de la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus solides (déchets retenus à la grille, sable et corps flottants).

L'installation sera composée de :

#### B. Prétraitements

##### ➤ Relevage

L'extension de la station vers le bas du terrain ne va plus rendre possible son alimentation gravitaire nous proposons l'installation d'un poste de pompage équipé de 4 groupes immergés similaire dont un en secours automatique, le fonctionnement de ces groupes sera asservi à un système de mesure de niveau et de variation de fréquence des moteurs ce qui permettra d'adapter les débits relevés aux flux arrivant à la station, avec une limite égale au débit de pointe prévu.

Le réseau de Djelfa étant unitaire, pour protéger ces groupes nous avons prévu avant la bêche de pompage :

Une fosse à batards avec un portique et grappin pour relever les encombrants,

Un dégrillage grossier verticale mécanisé (deux lignes un en secours total)

Enter le relevage et les prétraitements nous avons prévu une mesure des débits entrants qui permettra de connaître les débits instantanés et les flux cumulés.

##### ➤ Dégrillage

Dès l'arrivée dans les ouvrages de prétraitement les effluents seront dégrillés sur trois lignes dont une en secours équipées de dégrillages fin (espace 20mm maximum).

**a) La grille manuelle**

L'espacement entre barreaux est de 50mm. La largeur de la grille est de 0,90 m. La longueur de grille est de 1,5m

Elle est installée en by-pass de la grille automatique (en cas de coupure d'énergie).

**b) La grille automatique**

Retient les matières grossières la déverse dans une benne. La largeur de la grille est de 0,90 m. l'écartement entre barreaux est de 25 mm .la longueur de grille est de 1,5m. D'une manière générale, le génie civil de ces grilles est en bon état, par contre les équipements électromécaniques sont complètement colmatés et à l'arrêt.

➤ **Déshuilage –dessablage**

Par la suite les effluents seront débarrassés des graisses et sable dans un ouvrage longitudinal formé de 2 canaux parallèles de caractéristique unitaire :

Volume 204m<sup>3</sup>.

Surface 80 m<sup>3</sup>.

Il est prévu une extension\*1 .5 pour l'horizon 2030.

L'aire produit par trois groupes supprimeurs sera injecté sous forme de fines bulles dans les effluents les graisses seront raclées en surface et stockée dans un bassin en béton avant d'être envoyée en décharge, les sables pompés au fond de l'ouvrage seront essorés, lavés et entreposés dans une benne avant évacuation (objectifs de traitement MVS inférieur à 5%et siccité des sables supérieure à 85%). Il piège le sable, la lave et le refoule dans un bac où il est séparé de l'eau. L'ouvrage est colmaté, la vanne de vidange bloquée et oxydée, La pompe du sur presseur grippée.

➤ **Le décanteur primaire circulaire**

Décanteur primaire raclé existant de diamètre 30 m et un volume utile est de 1546 m<sup>3</sup>, il sépare les matières facilement décantables lourdes qui se déposent au fond du bassin.90 % des matières en suspension y sont retenus et constituent les boues primaires. Les corps flottants sont également retenus. Un pont racleur entraîne les boues au centre de l'ouvrage d'où, par pompage, sont régulièrement évacuées vers le bassin de stabilisation des boues. Le décanteur est colmaté, Le génie civil est un bon état. Le racleur est oxydé, la piste du roulement de pont et la roue de guidage scilles avec extraction des boues en excès, la vitesse ascensionnelle dans l'ouvrage n'excédant pas 1 .4m /h face au débit de pointe de temps sec

### **III.2.2.3 Traitement Biologique ou secondaire**

Cette deuxième phase de traitement permet une réduction de 90 % de la pollution biodégradable contenue dans les eaux.

N'en supposant que 30% de la MO à été éliminée au niveau du traitement primaire,



- a) Trois bassins d'aération à boues activées (deux existants et transformation du bassin de stabilisation) de volume unitaire  $1487 \text{ m}^3$  soit au totale  $2974 \text{ m}^3$  équipé chacun de deux turbines de surface de  $30 \text{ Km}$ . Les caractéristiques fonctionnelles étant en moyenne :

Charge massique  $0.28 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg MVS}$

Charge volumique de  $0,56 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3$

- b) Equipés de deux aérateurs de surface chacun. Chaque bassin est caractérisé par :

- Une longueur de  $26 \text{ m}$ ,
- Une largeur de  $13 \text{ m}$ ,
- Une hauteur d'eau maximale :  $4,4 \text{ m}$ .

Les bassins d'aération sont remplis de boues et cela date depuis l'arrêt de la station

Le génie civil est en bon état, cependant les équipements électromécaniques (4 pompes 4 aérateurs de surface, et 4 moto réducteurs) sont dans un état de dégradation avancé.

- c) Deux clarificateur raclé existants circulaires de  $30 \text{ m}$  de diamètre et de  $1546 \text{ m}^3$  de volume chacun qui retiennent les boues secondaires et laissent se déverser les eaux épurées dans le canal de sortie. la vitesse ascensionnelle dans l'ouvrage n'excédant pas  $0,69 \text{ m/h}$

Les deux décanteurs sont colmatés, Le génie civil est en bon état, les équipements électromécaniques sont dans un état de dégradation avancé (racleurs oxydés, pistes de roulement des ponts et les roues de guidage scillées).

➤ **Description des clarificateurs**

C'est un ensemble de ponts racleurs comprenant :

- Une jupe en tôle d'acier destinée à la répartition des eaux entrant dans le décanteur.
- Un pont racleur comprenant une charpente en fer profilé formant la passerelle.
- Au centre : sur un pivot avec plaque d'assise et couronne à bille et comportant une bague d'alimentation électrique.
- En périphérie : sur un sommier d'entraînement comprenant un réducteur à engrenages droits et roues à vis sans fin ainsi qu'une roue à bandage caoutchouc.
- Un racleur de fond comportant une lame unique garnie de la boîte à boutons – poussoirs ((marche – arrêt)).
- Un ensemble de déversoirs crénelés en tôle d'acier galvanisé avec des brides de fixation et de réglage ;
- Une tuyauterie en acier de diamètre  $300 \text{ mm}$  d'extraction des boues depuis le fond du décanteur.

### III.2.3 Désinfection des eaux traitées

Sur la chaîne de traitement actuelle, la désinfection des eaux peut être réalisée par injection de chlore gazeux dans un bassin de contact, cette solution simple de mise en œuvre

nécessite le stockage important de chlore, produit dangereux et très réglementé tant du point de vue des quantités stockées que transport. Par ailleurs la liaison du chlore avec certaines molécules aminées peut produire la formation de chlora mines nocives pour la consommation publique (recommandation OMS).

Le bac de chloration actuel étant inadapté au traitement des flux entrants, la désinfection que nous envisageons sera de type désinfection par ultra-violets qui, simple d'emploi ne génère pas de risques de pollutions chimiques ou d'incompatibilité de l'utilisation des eaux pour la consommation humaine.

Les effluents sont en contact avec des lampes au mercure basse pression dont la longueur d'onde produit une action bactéricide et microbicide en un minimum de temps, ce qui permet l'adaptation à des ouvrages existants, ou la réalisation d'ouvrage avec emprise au sol réduite.

La configuration des projets prévus avec des décantations travaillant à faible vitesse ascensionnelle permettra d'obtenir des concentrations en MES au rejet inférieur à 30 mg/l ce qui est compatible avec le traitement UV.

Elles seront utilisées pour l'irrigation, après désinfection à l'eau de javel dans le bassin de chloration, d'un volume utile de 586 m<sup>3</sup>. et d'un temps de contact de 20 minutes. Le génie civil de bassin de chloration est en bon état. Nous avons noté l'absence de pompe de dosage et une tuyauterie dans un état dégradé.

### **III.2.4 Traitement des boues**

L'objectif de la filière boues est d'atteindre une siccité de 22%. Le devenir des boues n'étant pas encore défini mais l'orientation pour une réutilisation agricole est la plus probable. Dans ce cas, le traitement par faible charge permet un meilleur blocage de l'évolution biologique.

La qualité du fonctionnement de la station est étroitement liée à son aptitude à traiter et à évacuer les boues produites. Un traitement des boues inadapté, perturbant le rythme d'évacuation des boues en excès a des répercussions importantes sur le fonctionnement du traitement des eaux.

La production journalière de boues fraîches (primaires et secondaires) est estimée en moyenne à 170 m<sup>3</sup> le traitement s'effectue par la stabilisation aérobie des boues qui permet de réduire le taux des matières organiques de telle façon qu'il est possible de les stocker sans qu'elles ne dégagent d'odeur et de les utiliser comme fertilisant en agriculture.

#### **La filière boues pour cette solution sera composée des ouvrages et équipement suivants**

- Solution moyenne charge avec l'extension faible charge :
- Stabilisation aérobie des boues
- Epaissement gravitaire dans des stockages hersés.

#### **Solution faible charge sur ouvrage neuf**

Pour cette solution, les boues sont déjà stabilisées du fait des temps de séjour élevés en aération et des phénomènes d'auto-oxydation qu'ils entraînent. Ceci évite la construction d'un bassin de stabilisation, facilite l'exploitation de la station, et réduit les risques de nuisances dues à l'évolution de la matière déshydratée.

- Epaissement gravitaire dans des stockeurs hersés
- Déshydratation par filtres à bandes

### **Epaissement**

L'épaissement gravitaire est rudimentaire et peut consommer d'énergie.

Cette solution permet aux boues d'atteindre une concentration voisine de 22 à 25 g/l

### **Déshydratation**

La déshydratation mécanique doit permettre un traitement facile d'exploitation. Nous nous orienterons en solution de base vers un traitement combiné égouttage – filtre à bandes.

La table d'égouttage, en amont du filtre à bandes permet d'obtenir des boues plus concentrées (40 à 60 g/l sur des boues biologiques) donc d'assurer une concentration complémentaire avant la déshydratation finale. Le filtrat reste d'excellente qualité. Ce dispositif d'égouttage, nécessite peu de surveillance.

Les boues égouttées seront déposées directement sur un filtre à bandes permettant d'obtenir une siccité de 22%, pour atteindre l'objectif de siccité finale.

En sortie de machines les boues seront transférées vers les bennes d'évacuation dont le nombre prévu est important afin de faciliter la rotation des véhicules.

#### **a) Bassin de stabilisation**

Son volume est de 1755 m<sup>3</sup> et l'aération est assurée par le brassage des boues à l'aide de 2 turbines flottantes.

Le bassin de stabilisation est rempli de boues, son génie civil est bon état, les deux turbines flottantes sont dans un état dégradé.

#### **b) Les lits de séchage des boues**

Ont une surface totale de 3760 m<sup>2</sup> et permettent la déshydratation des 170 m<sup>3</sup>/j de boues stabilisées avec une teneur en eau de 95 % à une teneur en eau de 65 % soit un volume de boues déshydratées de 16 m<sup>3</sup>/j. La tuyauterie est dans un état dégradé.

### **III.2.5 Le bâtiment de service**

Il renferme en plus d'un laboratoire et d'un atelier mécanique les tableaux électriques avec l'enregistreur des débits mesurés par le débitmètre, qui règle également le dosage du désinfectant de l'eau traitée et celui des teneurs en oxygène de l'eau des bassins d'aération, mesurées en continu à l'aide de la sonde à oxygène. Le génie civil est bon état sauf les sanitaires

se trouvant à l'intérieur et qui sont dans un état de dégradation avancée, nous avons noté, l'absence d'équipement de laboratoire qui permettrait d'effectuer des mesures et des analyses continues.

### III.2.6 Recommandations

Nous résumons l'ensemble des recommandations jugées nécessaires afin que cette station retrouve sa vocation initiale dans le tableau ci-dessous, a note par ailleurs que la station a connu des périodes de réhabilitation partielle suivantes :

- 1996 réhabilitations du bâtiment de commande.
- 1998 équipements électrique et entretien.
- 1999 réparations électriques et électromécaniques.

**Tableau II.3 : Les recommandations jugées nécessaires**

Désignation de l'ouvrage	Action à mener
Dégrilleur manuel	Prévoir un curage et nettoyage ;
Dégrilleur automatique	Prévoir un curage et nettoyage, Réparation de l'installation électrique, Changer les lames de grille ;
Déssableur déshuileur	Nettoyages des ouvrages, Revoir les compresseurs et surpresseurs, Changer la vanne de vidange
Bassin d'aération	Extraction des boues ; Réparation ou remplacement des 4 pompes, des 4 aérateurs de surface et des 4 moteurs réducteurs ;
Bassin de stabilisation	Réparation électrique, Extraction des boues ; Changer les 2 turbines flottantes ;
Décanteurs secondaires	Extraction des boues, Changer les 2 racleurs et les roues de guidage, Réparation mécanique et électrique ;
Bassin de chloration	Réparation de la tuyauterie ; Remplacement de la pompe de dosage ; Réparation électrique ; Nettoyage du bassin et du réservoir de chlore
Lits de séchage	Réparation générale (couches filtrantes, drains, tuyauteries) ;
Bâtiment d'exploitation	Equiper le laboratoire et le magasin, Réhabiliter les équipements sanitaires (wc, douche) ; Réparation générale (éclairage, peinture, ...etc.)
Aménagement extérieur	Réparer l'éclairage ; Réparer l'accès vers la station.



**Figure II.4 :** Armoire électrique



**Figure II.5 :** Déversoir d'orage et vanne automatique



**Figure II.6 :** Grille fixée



**Figure II.7 :** Grille mécanique



**Figure II.8 :** Décanteur primaire



**Figure II.9 :** Dessableur



**Figure II.10 :** Décanteur secondaire n°1





**Figure II.11** : Décanteur secondaire n°2



**Figure II.12** : Bassin d'aération



**Figure II.13 :** Bassin de stabilisation



**Figure II.14 :** Bassin de chloration



**Figure II.15 :** Lit de séchage

## **Conclusion**

D'après les résultats qui ont été obtenu avant et après le traitement on remarque que le traitement effectué par la STEP de Djelfa est efficace, et que les normes des rejets sont respectés ; donc il n'y a pas un risque sur le milieu récepteur.

# **Chapitre IV : Besoins En Eau Du Périmètre**

## Introduction

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs, mais la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture. Une partie percole et se perd en profondeur. L'eau qui rentre dans la constitution de la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

### IV.1.Choix des cultures

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

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

#### IV.1.1.Classification des cultures en fonction du degré de protection sanitaire requis

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

##### IV.1.1.1.Catégorie A : protection nécessaire pour des ouvriers

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

- Parc irrigué en zone clôturée sans accès au public (pépinières, forêts, et ceinture de verdure).

#### **IV.1.1.2.Catégorie B : des mesures complémentaires peuvent être nécessaires**

- Terre de pâture fourrage vert
- Plantes pour la consommation humaine qui n'entrent pas en contact direct avec l'eau usée, à condition que rien ne soit ramassé sur le sol et que l'irrigation par aspersion ne soit pas employée (culture arbustives, vignes, etc....)
- Plantes pour la consommation humaine, consommées seulement après cuisson (pommes de terre, aubergine, betteraves)
- Plantes pour la consommation humaine, dont la peau ne pas manger (melons, pastèque, citron, bananes, noix, arachides).
- Cultures irriguées par aspersion.

#### **IV.1.1.3.Catégorie C : le traitement des eaux usées jusqu'à la qualité "sans restriction" des directives de l'OMS est essentiel**

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

#### **IV.1.2.Classification des cultures en fonction du potentiel de transmission en microorganismes pathogènes**

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

- Les légumes consommés crus.
- Les légumes consommés cuits.
- Les plantes ornementales.
- Les arbres produisant des fruits consommés sans épluchage.
- Les arbres produisant des fruits consommés après épluchage
- Les raisins de table.
- Les pelouses en zone d'agrément d'accès public limité.
- Les fourrages verts.
- Les arbres produisant des noix ou autres semblables.
- Les cultures industrielle

## IV.2. Calcul de L'évapotranspiration

Les besoins en eau qui peuvent également s'exprimer sous le terme déficit hydrique, se définissent comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (Peff).

L'évaluation des Besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

### IV.2.1. L'évapotranspiration potentielle de référence (ET<sub>o</sub>)

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

#### IV.2.1.1. L'évapotranspiration maximale

S'obtient en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural.

$$ETM = ET_o * K_c$$

**ET<sub>o</sub>** : représente l'évapotranspiration standard (de référence)

**K<sub>c</sub>** : le coefficient cultural.

L'évapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatiques locales.

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus communiquement employées sont :

- Méthodes du lysymètre
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- Penman
- Turc
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman- Monteith modifiée.

Sur la base des résultats de plusieurs études, la consultation d'experts menée par la FAO sur les méthodologies d'estimation des Besoins en eau des cultures, a conduit à recommander :

La méthode de Penman Monteith modifiée comme méthode privilégiée d'estimation de ETo (Bulletin F.A.O, N° 30).

La formule de Penman est la meilleure manière d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule de Penman-Monteith modifiée se présente comme suit :

$$ETo = C \times [ w \times Rn + ( 1 - w ) \times F ( u ) \times ( ea - ed ) ]$$

ETo : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

w : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

Rn : rayonnement net d'évaporation équivalente exprimé en mm/ j

F(u) : fonction liée au vent.

ea : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

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

(ea - ed): constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence a été effectué à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith.

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

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.



**Tableau IV.1 : Calcul de l'ET0.**

Mois	Temp Moy (°C)	Hr%	Vent (Km/jour)	Isolation (Heurs)	Radiation Solaire (MJ/m2/j)	ET0 Pen Mon (mm / j)	ET0 Pen Mon (mm /mois)
Janvier	4,39	61	362	6	10.4	1.06	32.86
Fevrier	6,37	65.52	352	6.6	12.9	1.68	47.04
Mars	9,39	56.8	367	7.3	16.7	2.89	89.59
Avril	12,49	40.58	364	8.2	20.5	4.48	134.4
Mai	17,87	40.44	629	9.4	23.6	4.99	154.69
Juin	23,46	40	333	10.4	25.4	5.53	165.9
Juillet	24,81	35.61	318	11.1	26.3	6.04	187.24
Août	26,04	30.17	302	10.3	23.8	5.70	176.7
Septembre	20,39	35.88	307	8.9	19.7	4.66	139.8
Octobre	15,47	46.66	318	10.7	18.5	2.89	89.59
Novembre	9,17	47.96	340	8.8	13.3	1.90	57
Decembre	5,68	60.51	359	5.7	9.3	1.07	33.17
moy	14,63	41.51	362	8.6	18.4	3.57	57

#### IV.2.1.2. Les Coefficients culturaux (Kc)

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « Irrigation et drainage »,

Les coefficients culturaux des cultures de notre périmètre sont détaillés comme suit :

**Tableau IV.2 : Les Coefficients culturaux.**

culture	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
<b>ORANGER</b>	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>PECHER</b>	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>VIGNES</b>	0,55	0,33	0,25	0,20	0,15	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6
<b>OLIVIER</b>	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75

### IV.3.La réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité qui s'approche du point de flétrissement, on considère donc la Réserve Facilement Utilisable (RFU). On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve Utile, selon le type de cultures.

On obtient donc :

$$\text{RFU} = (\text{Hcc}-\text{Hpf}) * \text{Y} * \text{Z} * \text{da}$$

Avec :

Hcc et Hpf : sont les humidités du sol à la capacité au champ et au point de flétrissement ;

Y= degré de tarissement généralement égal à 2/3.

Z : Profondeur d'enracinement (mm).

da : Densité apparente du sol.

### IV.4.Cycle végétatif des cultures :

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, il est impératif de déterminer le cycle végétatif des différentes cultures, il est résumé dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.3: Cycle végétatif des cultures.**

culture	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
<b>Oranger</b>	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
<b>PECHER</b>	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
<b>VIGNES</b>	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
<b>OLIVIER</b>	←	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

#### IV.4.1. Les pourcentages proposés aux différentes cultures

Après détermination de l'assolement et rotation, on a proposé un assolement des cultures détaillé dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.4: Les pourcentages occupés aux différentes cultures sont représentés.**

N° de la parcelle	culture	Superficie m <sup>2</sup>	Superficie (ha) de la parcelle	N° de l'ilot d'irrigation	Superficie de la parcelle projetée	Pourcentage %
1	Pècher	286300	28.63	1_A	10.17	10.17
				1_B	9.99	9.99
				1_C	8.47	8.47
2	Oranger	277300	27.73	2_A	10.05	10.05
				2_B	7.18	7.18
				2_C	10.50	10.50
3	Vignes	257400	25.74	3_A	10.24	10.24
				3_B	6.24	6.24
				3_C	9.26	9.26
4	Olivier	179000	17.9	4_A	9.1	9.1
				4_B	8.8	8.8

#### IV.5. Le bilan hydrique

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les Besoin en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant pour chaque période le bilan suivant :

$$B = Kc \cdot ETP - (P_{\text{eff}} + \text{RFU})$$

**ETP** : évapotranspiration potentielle de référence en mm ;

**Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée ;

**Pe<sub>ff</sub>** : pluie efficace en mm ;

**RFU** : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;

### IV.5.1. Calcul des débits spécifiques

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha})$$

**B<sub>m</sub>** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m<sup>3</sup>/ha.

**T** : Temps d'irrigation par jour.

**t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30 J.

**K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation  $\approx 0.75$ .

Les résultats sont résumés dans le tableau IV.5

### IV.6.Détermination les Besoins en eaux des cultures

Les Besoin en en eaux des cultures sont détaillés comme suit :

**Tableau IV.5 : Besoin en eaux des cultures.**

	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	<b>oranger</b>	ET0	139,80	89,59	57,00	33,17	32,86	47,04	89,59	134,40	154,69	165,90	187,24
	Kc	0,80	0,70	0,70	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80
	ETM	111,84	62,71	39,90	23,22	26,29	42,34	80,63	120,96	123,75	132,72	149,79	141,36
	Pluie (mm)	19,40	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
	Peff	15,52	21,90	32,22	31,57	32,58	36,03	34,66	25,09	23,17	5,72	1,93	3,27
	Peff-ETM	-96,32	-40,81	-7,68	8,35	6,30	-6,30	-45,97	-95,87	-100,58	-127,00	-147,86	-138,09
	RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
	RFU	10,52	10,52	35,64	35,64	35,64	35,64	25,52	25,52	20,76	12,36	12,36	12,36
	Besoins _net (mm)	96,32	40,81	0	0	0	0	45,97	95,87	100,58	127,00	147,86	138,09
	Besoins _brute	128,43	54,41	0	0	0	0	61,29	127,83	134,11	169,33	197,15	184,12
	Besoins _brut (m3)	1284,27	544,12	0	0	0	0	612,89	1278,29	1341,12	1693,33	1971,52	1841,17
	deb_speci_the_l/s/ha	0,50	0,21	0	0	0	0	0,24	0,49	0,52	0,65	0,76	0,71

	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	<b>PECHER</b>	ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24
	Kc	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
	ETM	111,84	62,71	39,9	23,21	26,28	42,33	80,63	120,96	123,75	132,72	149,79	141,36
	Pluie (mm)	19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
	Peff	15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
	Peff-ETM	-96,32	-40,80	-7,68	8,34	6,29	-6,30	-45,96	-95,87	-100,58	-127	-147,86	-138,08
	RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
	RFU	15,48	15,48	35,64	35,64	35,64	35,64	24,79	24,79	24,79	20,46	20,46	20,46
	Besoins _net (mm)	96,32	40,80	0	0	0	0	45,96	95,87	100,58	127	147,86	138,08
	Besoins _brute	128,42	54,41	0	0	0	0	61,28	127,82	134,11	169,33	197,15	184,11
	Besoins _brut (m3)	1284,26	544,12	0	0	0	0	612,89	1278,2	1341,12	1693,33	1971,52	1841,17
	deb_speci_the_l/s/ha	0,50	0,21	0	0	0	0	0,24	0,49	0,52	0,65	0,76	0,71

mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24	176,7
Kc	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,75	0,75	0,75	0,75
ETM	97,86	58,23	37,05	21,56	21,35	30,57	58,23	87,36	116,01	124,42	140,43	132,52
Pluie (mm)	19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
Peff	15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
Peff-ETM	-82,34	-36,32	-4,83	10	11,22	5,45	-23,56	-62,27	-92,84	-118,7	-138,5	-129,25
RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
RFU	15,26	15,26	35,64	23,76	35,64	35,64	27,45	27,45	20,42	20,42	18,09	18,09
Besoins _net (mm)	82,34	36,32	0	0	0	0	23,56	62,27	92,84	118,7	138,5	129,25
Besoins _brute	109,79	48,44	0	0	0	0	31,43	83,03	123,8	158,27	184,67	172,34
Besoins _brut (m3)	1097,87	484,39	0	0	0	0	314,26	830,29	1237,99	1582,73	1846,69	1723,37
deb_speci_the_l/s/ha	0,42	0,19	0	0	0	0	0,12	0,32	0,48	0,61	0,71	0,66

<b>VIGNES</b>	mois	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
	ET0	139,8	89,59	57	33,17	32,86	47,04	89,59	134,4	154,69	165,9	187,24	176,7
	Kc	0,55	0	0	0	0	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6
	ETM	76,89	0	0	0	0	14,11	44,79	80,64	108,28	149,31	131,06	106,02
	Pluie (mm)	19,4	27,38	40,27	39,46	40,73	45,04	43,33	31,36	28,96	7,15	2,41	4,09
	Peff	15,52	21,90	32,21	31,56	32,58	36,03	34,66	25,08	23,16	5,72	1,92	3,27
	Peff-ETM	-61,37	21,90	32,21	31,56	32,58	21,92	-10,13	-55,55	-85,11	-143,59	-129,14	-102,74
	RFU_max	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28	71,28
	RFU	18,57	35,64	35,64	35,64	35,64	35,64	28,17	28,17	24,19	24,19	19,78	19,78
	Besoins _net (mm)	61,37	0	0	0	0	0	10,13	55,55	85,11	143,59	129,14	102,74
	Besoins _brute	81,82	0	0	0	0	0	13,50	74,06	113,48	191,45	172,18	136,99
	Besoins _brut (m3)	818,26	0	0	0	0	0	135,08	740,69	1134,86	1914,53	1721,86	1369,97
	deb_speci_the_l/s/ha	0,32	0	0	0	0	0	0,05	0,29	0,44	0,74	0,66	0,53



Besoins max mensuel = 563.37 mm

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

$$Q_{sp} = 2.9 \text{ (l/s /ha)}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5, ce qui pourrait aboutir à un surdimensionnement.

On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$$Q_{sp} = 0.761 \text{ (l/s /ha)}.$$

#### IV.7.Débit caractéristique

C'est le débit maximum que peut assurer le réseau d'irrigation. Il est égal à :

$$Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} \cdot \text{surface}$$

$$\text{Surface totale} = 100 \text{ ha}$$

$$Q \text{ caractéristique} = 76.1 \text{ l/s}$$

Les volumes des besoins en eau = besoin de la culture  $m^3$  x surface de la culture.

#### IV.7.1.Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en  $m^3$  multiplié par la surface de la culture.

On trouve les résultats dans le Tableau IV .6 :

**Tableau IV .6 : volumes d'eau d'irrigation.**

	Surface de la culture ha	Besoin de la culture $m^3$	Les volumes des besoins en eau $m^3$
<b>PÉCHER</b>	28.63	10566.72	302525
<b>ORANGER</b>	27.73	10566.72	293015
<b>OLIVIER</b>	17.9	9117.61	163205
<b>VIGNES</b>	25.74	7835.28	201680
		<b>TOTALE</b>	<b>960426</b>

Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est  $960426 m^3$ .

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les besoins en eau des cultures, ce qui nous a permis d'atteindre deux objectifs principaux :

- D'abord l'estimation du débit spécifique de notre périmètre, et cela vu les principales spéculations agricoles et les contraintes agronomiques, ce qui a permis de calculer le débit spécifique en tenant compte de la culture la plus exigeante. Pour l'élaboration des arrosages, il faudra suivre un planning quotidien des irrigations pour diminuer la demande en eau et satisfaire l'ensemble des besoins en eau des cultures.
- L'estimation des volumes d'eau d'irrigation nécessaires du périmètre.

En définitif, il faudra prévoir une disponibilité annuelle brute d'environ 960426 m<sup>3</sup> d'eau d'irrigation, qui permettra aux agriculteurs de d'intensifier et de diversifier leurs cultures

# **Chapitre V : Dimensionnement Du Réseau De Distribution**

## Introduction

Dans ce chapitre nous allons dimensionner Le réseau de distribution d'eau, est essentiellement composé par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différents exploitants, par l'intermédiaire des bornes.

Le développement de ces réseaux des cultures, par les conduites gravitaires, est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes à la demande. C'est dans ce contexte, que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée à la mise au point de la méthodologie d'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression, présentée ci-après.

### V.1.1.Découpage du périmètre en ilots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants. Chaque borne aura pour rôle :

- Laisser passer ou arrêter le débit.
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

- **Choix du tracé:**

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction, il est indispensable de :

- De chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, oueds, etc.).

### V.1.2.Calcul des débits des ilots

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été évalué (chapitre 4) à :

$$q_s = 0.761 \text{ l/s/ha}$$

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

**Q<sub>b</sub>** = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s).

**q<sub>s</sub>** = Débit spécifique moyen (l/s/ha).

**S** = Superficie de l'ilot (ha)

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau **VII.1**

**Tableau V.1:** Les débits au niveau de chaque ilot.

N° de la parcelle projeté	Superficie (ha) de la parcelle	N° de l'ilot d'irrigation	Superficie de la parcelle projetée	débit des prises L/S	N° de borne	L'ilot alimenté par la borne	Débit brut de la borne L/S
1	28.63	1_A	10.17	7.74	1	1_A	15.34
		1_B	9.99	7.6		1_B	
		1_C	8.47	6.44	2	1_C	14.09
2	27.73	2_A	10.05	7.65		2_A	
		2_B	7.18	5.46		3	
		2_C	10.50	7.99	4	2_C	14.69
3	25.74	3_A	10.24	7.79		4_B	
		3_B	6.24	4.75	5	4_A	6.92
		3_C	9.26	7.05	6	3_A	7.79
4	17.9	4_A	9.1	6.92	7	3_B	11.8
		4_B	8.8	6.7		3_C	

### V.1.3. Choix du type de borne

Le choix de la borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces  $S \leq 10ha$  on prend la Borne à deux prises.
- Pour les surfaces  $S \geq 15ha$  on prend la Borne à quatre prises.

### V.1.3.1.Choix de diamètre de la borne

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

**Tableau V.2:** Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D= 65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D= 150mm
$Q > 25$ l/s	D= 200mm

### V.1.3.2.Calcul des débits aux bornes

$$Q_b = q \times S \dots\dots\dots(VII.2)$$

Avec :  $q$  = débit spécifique (l/s/ha)

$S$  = Superficie (ha)

**Tableau V.3:** Débit au niveau des bornes et des prises.

N° de la borne	N° de la parcelle projeté	débit des prises l/s	débit brut de la borne L/S	D des prises (mm)	Diamètre de la borne mm
1	1-A	7.74	15.34	65	100
	1-B	7.6		65	
2	1-C	6.44	14.09	65	100
	2-A	7.65		65	
3	2-B	5.46	5.46	65	65
4	2-C	7.99	14.69	65	100
	4-B	7.79		65	
5	4-A	6.92	6.92	65	65
6	3-A	7.79	7.79	65	65
7	3-B	4.75	11.8	65	100
	3-C	7.05		65	

### V.1.4.Calcul hydraulique des canalisations

#### V.1.4.1.Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution

##### V.1.4.1.1.Choix du type de matériau

- **Conduite en PEHD:**
  - Ils supportent des pressions élevées.
  - Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
  - Ils offrent une bonne flexibilité.
  - Disponible sur le marché.

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD pour les conduites dont le diamètre est inférieur à 400 mm, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 500 mm.

##### V.1.4.1.2.Calcul des diamètres des conduites

$$D = \bar{Q}$$

Avec :

D : Diamètre de la conduite calculée (m)

Q : Débit dans la conduite (m<sup>3</sup>/s).

**Tableau V. 4 :** Calcul des diamètres des Conduite.

N° du point	N° du tronçon	Longueur tronçon L(m)	Longueur tronçon (km)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	D. calculé D (mm)	D. normalisé (mm)
R				76.1	0.0761	276	315
	R-N1	1014.74	1.01474	76.1	0.0761	276	315
N1				76.1	0.0761	276	315
	N1-N2	263.98	0.26398	41.2	0.0412	203	250
N2				41.2	0.0412	203	250
	N2-N3	128.1	0.1281	26.51	0.02651	163	200
N3				26.51	0.02651	163	200
	N3-N4	243.85	0.24385	19.59	0.01959	140	160
N4				19.59	0.01959	140	160
	N4-N5	223.21	0.22321	11.8	0.0118	109	110
N5				11.8	0.0118	109	110
	N1-N6	439.34	0.43934	29.43	0.02943	171.5	200
N6				29.43	0.02943	171.5	200
	N6-N7	311.6	0.3116	15.34	0.01543	123.8	125
N7				15.34	0.01534	123.8	125

Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse, les pressions et les pertes de charge au niveau de la conduite principale et le réseau de distribution. Le calcul des pertes de charge a été effectués selon la formule d’Hazan-

Williams :

$$Hf = 10.675 \cdot L \left( \frac{Q}{Chw} \right)^{1.852} \frac{1}{D^{4.87}}$$

Chw : est le coefficient de perte de charge qui dépend du type de matériau il varie entre 130 et 150 pour le PEHD

Selon les pressions des bornes, les diamètres des canalisations seront modifiés si la pression n’est pas suffisante.

Les résultats des calculs sont présentés dans la figure et les tableaux ci-dessous :

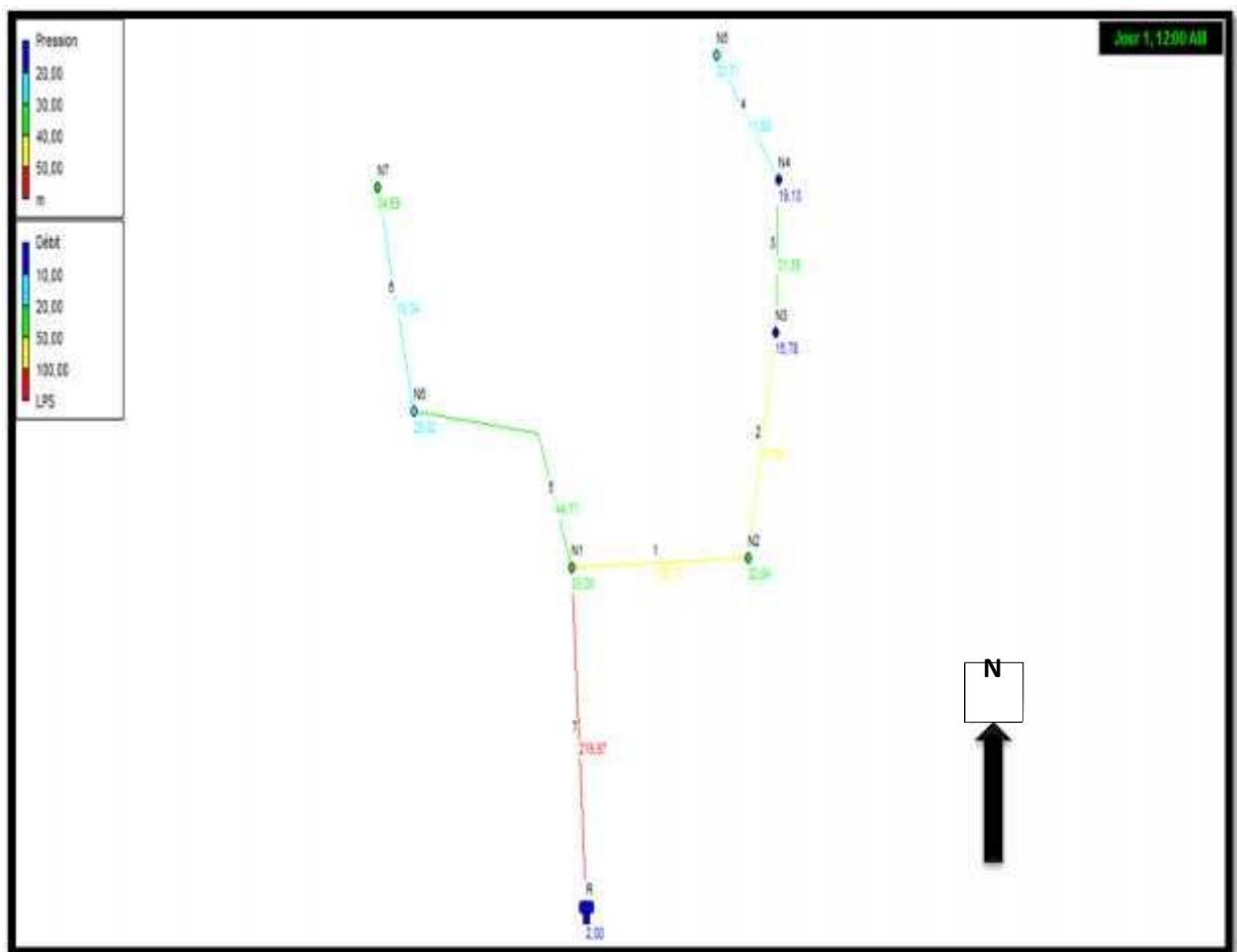


Figure V.1 : Simulation du réseau de distribution (Epanet). Echelle :1 /25000.



**Tableau V.5:** Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et Pression).

Nœuds	Altitude	Demande Base	Demande	Charge	Pression
	m	l/s	l/s	m	m
N1	880	76.1	76.10	910	30
N2	876	41.2	41.20	908.84	32.84
N3	873	26.51	26.51	908.20	35.20
N4	866	19.59	19.59	907.02	41.02
N5	861	11.8	11.80	903.30	42.30
N6	880	29.43	29.43	908.65	28.65
N7	867	15.34	15.34	904.52	37.52
R	910	-	219.97	912	2

**Tableau V.6:** Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge).

tronçon	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Perte de Charge Unit.
	m	mm	l/s	m/s	m/km
Conduite1	1014,74	500	219,97	1,12	1,97
Conduite 2	264	315	99,10	1,27	4,39
Conduite 3	128,1	250	57,90	1,18	5,04
Conduite 4	243,8	200	31,39	1,00	4,82
Conduite 5	243,2	110	11,80	1,24	15,32
Conduite 6	439,34	250	44,77	0,91	3,08
Conduite 7	311,6	125	15,34	1,25	13,23

### V.1.5.Appareillage d'équipement du réseau

#### V.1.5.1.Vannes

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux, puisque permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation.

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

#### **V.1.5.2.Vanne de sectionnement**

Les vannes de sectionnement sont utilisées dans le réseau d'irrigation pour isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir pour réparation ou réalisation d'un piquage.

#### **V.1.5.3.Ventouses**

Comme nous l'avons dit précédemment les ventouses sont placées aux points hauts des addictions, voir le tableau ci-après.

**Tableau V.7:** Choix des ventouses.

<b>Diamètre de la conduite</b>	<b>Diamètre de l'orifice d'évacuation de l'air</b>
D < 500mm	D=80mm
500 < D < 900mm	D=100mm
900 < D < 1250mm	D=150mm

#### **V.1.5.4.Vidange**

Les vidanges sont placées au niveau des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau.

# **Chapitre VI : Dimensionnement Du Réseau De Goutte à Goutte**

## Introduction

Dès l'antiquité, il fut observé que l'apport d'eau aux plantes à très faible dose et de manière répétée donnait des résultats spectaculaires. De nombreux documents attestent l'utilisation, par les anciens, de jarres poreuses en terre cuite, les cultivateurs remplissaient les jarres d'eau et celles-ci libéraient pendant plusieurs jours, par suintement, une très faible quantité d'eau, le goutte à goutte était inventé. Nous allons voir dans ce chapitre le dimensionnement du réseau de goutte à goutte.

### VI.1. Données générales

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N° :1-A alimentée par la borne N°2 (borne à deux prises). La surface de l'exploitation est de 10.17hectares, répartie en quatre parcelles de tailles 2.54 hectares.

**Culture** : pêcher

- Espacement entre arbres: 4 m
- Espacements entre rangs: 4 m
- Besoins de pointe: 147.86 mm

**Caractéristique du goutteur**

- Débit nominal: 4l/h
- Pression nominal: 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs: 1 m
- Le nombre de goutteurs par arbre: 2

### VI.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

#### VI.2.1. Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite (Ollier & Poirée, 1981).

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction :  $K_r$

$K_r$  dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) pour les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

KELLER et KARMELI (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.85}$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égal à 60% (pour les arbres adultes)

Donc :

$$Kr = 0.71 \text{ selon Keller et Karmeli}$$

$$Kr = 0.80 \text{ selon Freeman et Garzoli}$$

$$Kr = 0.70 \text{ selon Decroix (CTGREF)}$$

On prendra un coefficient  $Kr = 0.80$

$$B_{jl} = B_j * K_r \quad (B_j = 4.93 \text{ mm/jour})$$

$$B_{jl} = 4.93 * 0.8 = \mathbf{3.944 \text{ mm/j}}$$

### 1. Dose nette (dose pratique)

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (goutte à goutte ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur  $h$  :

La dose pratique (nette) qui correspond à la RFU étant calculée comme suit :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot D_A \cdot Z$$

Tel que :  $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ (31%)

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement (16%)

$Y$  : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)

$Z$  : profondeur d'enracinement en (1000 mm)

$D_a$  : densité apparente du sol ( $D_a = 1$ )

$$D_p = (31 - 16) / 100 \cdot 1000 \cdot 2/3 \cdot 1 = 100 \text{ mm}$$

$P$  : Pourcentage du sol humidifié, il est calculé comme suit :

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

P : Volume du sol humidifié ;

N : Nombre de point de distribution par arbre (égal à 2) ;

$S_{pd}$  : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

$S_h$  : Largeur de la bande humidifiée (1m)

$S_r$  : Ecartement entre rangs d'arbre (4m)

$S_a$  : espacement des arbres sur les rangs (4m)

$$P = 25\%$$

Donc la dose nette corrigée devient :

$$D_p = D_p = 100 * 0.25 = 25 \text{ mm.}$$

## 2. Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_p * 0.25}{eff} = \frac{100 * 0.25}{0.9} = 27.78 \text{ mm / mois}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=90%.

## 3. Fréquence des arrosages

La fréquence des arrosages se calcule à partir des besoins en eau journaliers de la culture et de la dose nette apportée à chaque arrosage. La fréquence d'arrosage (intervalle entre 2 arrosages) est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose\ nette}{E_{jl}} = \frac{25}{3.944} = 6.34 \text{ jours}$$

Donc on prend un intervalle de **6 jours**.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 6 * 3.944 = \mathbf{23.664 \text{ mm}}$$

Et la dose Brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{eff} = \frac{23.664}{0.9} = \mathbf{26.29 \text{ mm}}$$

## 4. Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_b * S_a * S_r}{n * qg} = \frac{26.29 * 4 * 4}{4 * 2} = 52.58 \text{ heures / mois}$$

## 5. Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr} = \frac{52.58}{6} = 8.76 \text{ heures}$$

**6. Nombre de poste :** le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{8.76} = 2 \text{ postes}$$

**7. Surface de la parcelle**

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{2.54}{2} = 1.27 \text{ ha}$$

**8. Calculs hydrauliques**

**8.1. Conditions hydrauliques**

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

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

La variation maximale de la pression

$q = K.H$  avec  $x=0.5$  (caractéristique du goutteur)

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

Telle que :  $q(g)$  : débit nominal du goutteur

$H(n)$  : pression nominale

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

**8.2. Le débit**

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

Avec :  $Q_r$  : Débit de rampe.

$Q_g$ : Débit du goutteur.

$N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe.

$N_r$  : Nombre des rampes.

$Q_{pr}$ : Débit de porte rampe.



Avec : La longueur de la rampe (Lr) : 116 m.

La longueur de la porte rampe (Lpr) : 233 m.

La longueur de la conduite secondaire (Ls) : 464 m.

### 8.1.1. Le nombre d'arbres par rampe

$$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 116 / 4 = 29 \text{ arbres}$$

### 8.1.2. Nombre de goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 29 * 2 = 58 \text{ goutteurs}$$

### 8.1.3. Le nombre de rampes

$$N_r = L_{pr} / E_r = 233 / 4 = 58 \text{ rampes}$$

### 8.1.4. Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 58 * 4 = 232 \text{ l/h}$$

### 8.1.5. Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 232 * 58 = 13456 \text{ l/h}$$

### 8.1.6. Débit de la conduite secondaire

Etant donné que nous avons 4 portes rampe :

$$Q_{cs} = Q_{pr} * N_{pr} = 13456 * 4 = 53824 \text{ l/h.}$$

## 9. Dimensionnement des différentes parties du réseau

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

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

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

Avec :

➤ Pdc(r): la perte de charge dans la rampe.

- $Q(r)$ : le débit de la rampe en l/h.
- $L(r)$ : la longueur de la rampe en m.
- $\varnothing r(\text{cal})$ : le diamètre de rampes.
- $\varnothing pr(\text{cal})$ : le diamètre de porte rampe.

### 10. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire :

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite en (m) :

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i$$

Où : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

### 11. Calculs hydrauliques de la rampe

**Tableau VI.1** : Caractéristique de la conduite de la rampe.

culture	Surface ha	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
pécher	2.54	116	58	232	1.2	11,66	12	0.38	0.26

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

### 12. Calculs hydrauliques du porte rampe

**Tableau VI.2** : Caractéristiques de la conduite de la porte rampe.

culture	Surface ha	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
pécher	2.54	233	58	13456	0.6	80.59	90	0.75	0.23

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

### 13. Calcul des diamètres de la conduite secondaire

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

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

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s).

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

#### 13.1. Calcul de caractéristique de la conduite secondaire

**Tableau VI.3** : Caractéristique de la conduite secondaire.

culture	Surface ha	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
pécher	10.17	464	53824	1.25	123	125	1.13	0.39

### 14. La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

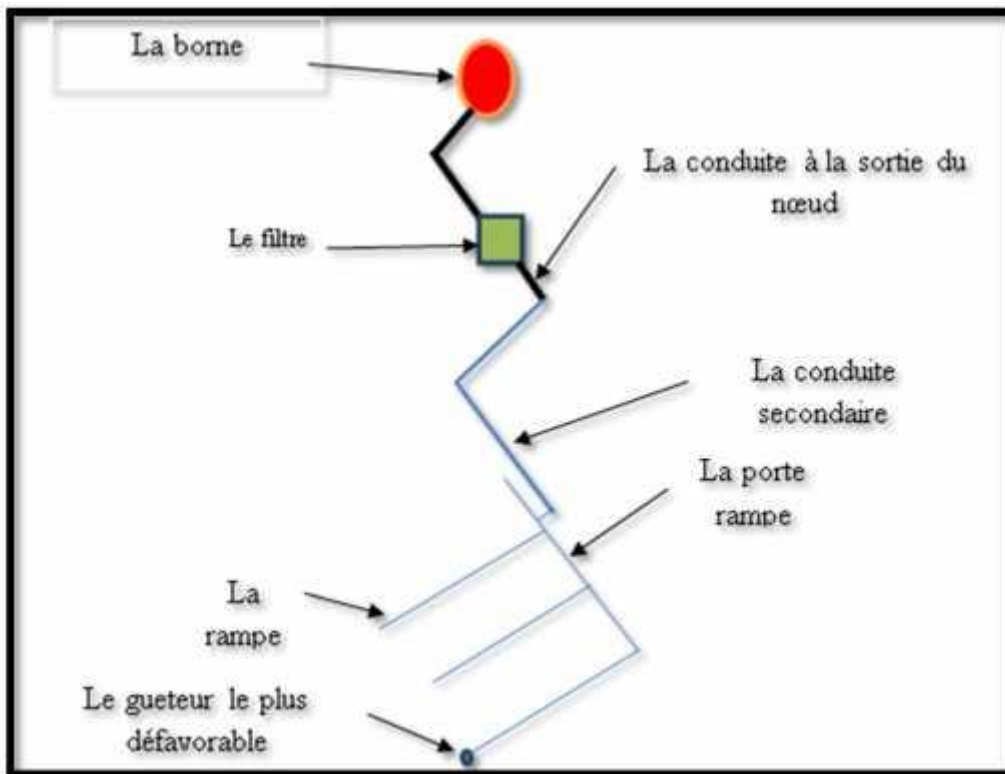


Figure VI.1 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur.

Tableau VI.4 : Les pertes de charge de la borne jusqu’au goutteur le plus défavorable.

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	116	233	464
Diamètre(m)	15	90	125
Débit (l/h)	232	13456	53824
Pertes de charge(m)	0.26	0.23	0.39

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d’irrigation jusqu’à le goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 + 0.26 + 0.23 + 0.39 = 10.88 \text{m.}$$

### VI.3.Capacité de stockage du réservoir

Le réservoir de stockage est dimensionné de telle sorte qu’il puisse emmagasiner l’excédent en eau après irrigation du périmètre Pendant une journée. Ce qui nous fait un volume total V égale à :

Débit journalier moyen issu de la STEP 38880 m<sup>3</sup>/J.

Débit de pointe journalier consommé le mois de juillet 250.4 m<sup>3</sup>/J. Excédent journalier

38629.6 m<sup>3</sup>.

### **Remarque**

Puisque on a besoin juste d'un débit de 250.4 m<sup>3</sup> donc on a opté pour un réservoir de 260 m<sup>3</sup> pour bien satisfaire nos besoins d'irrigation.

Ce qui concerne le débit qui reste au niveau de la STEP il est distingué pour les autres terrains agricoles.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour la culture du pêcher.

En irrigation gravitaire, cette culture consommer de volume d'eau importante, de plus le rendement est généralement faible. Avec l'irrigation localisée, non seulement nous avons une efficacité de l'eau d'irrigation, mais aussi de rendement de culture très élevé, ce qui permettra d'intensifier la culture dans cette région riche mais semi-aride qui est la wilaya de DJELFA.

# **Chapitre VII : Etude Technico- Economique**

## Introduction

L'étude économique d'un projet est indissociable de l'étude technique, car c'est à partir de ses résultats qui vont nous orienter vers la faisabilité économique du projet.

À titre d'exemple nous pouvons citer les enjeux de l'étude technico-économique :

- L'enveloppe à débloquent pour la réalisation du projet et sa disponibilité.
- Les intérêts économiques et sociaux du projet face à l'importance de l'enveloppe Budgétaire débloquée.

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

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

### VII.1. Devis de réseau d'irrigation localisée

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau VII.1** : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation.

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ15 PEBD	ml	26912	30.89	831311.68
TubeØ90 PEHD	ml	932	335.47	312658.04
TubeØ110 PEHD	ml	243.2	493.40	119994.88
TubeØ125 PEHD	ml	311.6	631.13	196660.11
TubeØ200 PEHD	ml	243.8	1617.42	394327
TubeØ250 PEHD	ml	567.44	2510.95	1424813.47
TubeØ315 PEHD	ml	264	4003.95	1057042.8
TubeØ500 PEHD	ml	1014.74	10021.19	10168902.34
Vanne Ø90	U	4	4500	18000
Vanne Ø125	U	4	15151.72	60606.88
V. de sectionnement Ø500	U	1	310523.81	310523.81

Goutteur réglable	U	13456	7.37	99170.72
coude Ø250/90°	U	1	16309	16309
Bouchon Ø110	U	1	2391.07	2391.07
Bouchon Ø125	U	1	2481.87	2481.87
Ventouses	U	1	22020.36	22020.36
Vidange	U	2	13800	27600
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	31200
Manomètre glycérine	U	1	832.92	13500
TOTAL 1				15109514.03

## VII.2. Factures Pro-forma de conduite principale et réservoir

### VII.2.1. Calcul du volume de terrassement

#### VII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée

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

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

Avec :

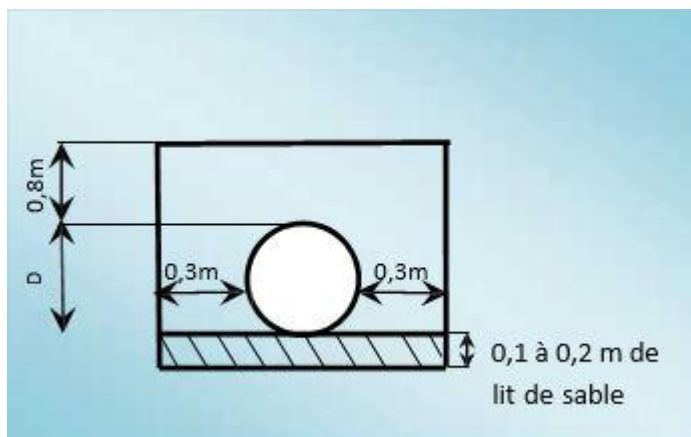
B : largeur de la tranchée (m).

d : diamètre de la conduite (m).

#### VII.2.1.b. Profondeur de la tranchée

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





**Figure VII.1 :** Schéma d'une tranchée.

$$H = e + d + h \text{ (m) .....(VIII.2)}$$

Avec :

- H : profondeur de la tranchée. (m)
- e : hauteur de lit de pose. (m)
- d : diamètre de la conduite. (m)
- h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

**VII.2.2. La conduite principale**

**VII.2.2.a. Calcul du volume de déblai**

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = B * H$$

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

Donc :  $B = 1 + \emptyset$

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

$$V = B * H * L$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VII.2 :

**Tableau VII.2:** calcul du volume de déblai.

Diamètre (mm)	longueur	largueur	Hauteur de	Volume de déblai
	de la conduite (m)	d'une tranchée b :(m)	La tranchée(m)	(m3)
500	1014.74	1.1	1.3	1451.08

**VII.2.2.b. Calcul du volume de lit de sable**

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

$$V = e \cdot b \cdot L$$

**Tableau VII.3** : Calcul du volume de sable

Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m <sup>3</sup> )
0.15	1014.74	1.1	167.43

**VII.2.2.c. Calcul du volume de remblai**

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

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

- $V_r$  : Volume du remblai compacté (m<sup>3</sup>)
- $V_d$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>)
- $V_s$  : Volume du sable
- $V$  : Volume occupé par la conduite (m<sup>3</sup>) ;  $V = L \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$
- $L$  : Longueur de la conduite
- $D$  : Diamètre de la conduite.

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

**Tableau VII.4** : Calcul du volume de remblai.

Diamètre (mm)	Déblai (m <sup>3</sup> )	Conduite (m <sup>3</sup> )	Sable (m <sup>3</sup> )	Remblai (m <sup>3</sup> )
500	1451.08	199.14	167.43	1084.51

**VII.2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale****Tableau VII.5** : Factures pro-forma terrassement, la conduite principale.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m <sup>3</sup>	1451.08	300	435324
2) lit de sable	m <sup>3</sup>	167.43	800	133944
3) remblaiement de la tranchée	m <sup>3</sup>	1084.51	200	216902
TOTAL 02				786170

## VII.2.4. Devis estimatif total

### VII.2.4.1. Calcul de devis du réseau projeté

$$D_1 = \text{total 01} + \text{total 02} = 158\,956\,84.03 \text{ DA}$$

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

### VII.2.4.2. Coût du réservoir de stockage

**Tableau VII.6 : Coût bassin de stockage.**

Bassin de Stockage	Volume m <sup>3</sup>	Coût en DA
	260	3 416 400

$$D_2 = 3416400 \text{ DA}$$

$$D_{\text{TOTAL}} = D_1 + D_2$$

$$D_{\text{TOTAL}} = \mathbf{19\,312\,084 \text{ DA}}$$

#### Remarque :

Coût global du projet est estimé après majoration de 40% à **7 724 833 DA**

- **Coût total du projet.**

Le coût total du projet est estimé à : **27 036 917 DA**

## Conclusion

D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est relativement importante. Cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important, et à la filtration qui demande des équipements trop chers.

Cependant, tenant compte des potentialités qu'offre la wilaya de DJELFA, le projet est rentable à long terme.

D'après les approximations ce projet va produire **1 406 250 DA /ha** pour des frais d'investissement de **965 605 DA/ha** donc ce projet est réussi.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude est de caractériser au mieux les eaux usées de la station d'épuration de Djelfa en vue d'une utilisation sans risque sur le périmètre à irriguer.

Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type des eaux usées traitées et du débit disponible.

Les résultats analytiques ont montré que les eaux usées de la STEP de Djelfa sont d'une qualité adéquate pour l'irrigation.

Parmi les recommandations proposées avant de généraliser cette pratique, il est important que les techniques de réutilisation des eaux usées épurées soient bien maîtrisées pour cela, il serait nécessaire :

- Un suivi rigoureux de la qualité des eaux réutilisées ;
- Un traitement adapté aux conditions locales ;
- Un entretien du matériel permanent ;
- Une meilleure connaissance des impacts sanitaires et écologiques ou environnementaux de la réutilisation.

De plus cette option devra être appuyée par des campagnes d'exploitation et de sensibilisation auprès des utilisateurs.

# **Bibliographie**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DONNEEN I.d.** Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, technique d'irrigation et gestion des eaux.
- AVERS.R.S. WESTEOT D.W.** qualité de l'eau d'irrigation, bulletin de la FAO n°31 (Rome Italie). **1985**
- Documentation **ORLAC**.
- Rene Léonce** - Hydraulique agricole.
- Office nationale de l'assainissement de Djelfa (ONA)**
- Office nationale d'irrigation-drainage de Djelfa (ONID)**
- Direction des ressources en eau de Djelfa (DRE)**
- Contrôle techniques hydraulique de Djelfa (CTH)**
- TIERCELIN J.R-** Traité d'irrigation
- <http://www.fao.org/docrep/V7160F/v7160f01.htm#TopOfPage>
- MECHEBEK. A (1983)** - Eaux et sols d'Algérie vol.4 (l'utilisation des eaux usées traitée dans l'agriculture).
- Algérienne Des Eaux de Djelfa (ADE)**
- Dynamique environnementale des zones steppiques à Djelfa (Algérie) : Caractérisation par télédétection des changements du couvert végétal et des processus d'ensablement. Mohamed Mezrag**
- **RESSOURCES HYDRIQUES : TRAITEMENT ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE**  
BOUCHAALA Laid, CHARCHAR Nabil et GHERIB Abde Elfettah
- **CARTOGRAPHIE DES ZONES ARIDES, GEOMORPHOLOGIE, PEDOLOGIE, GROUPEMENTS VEGETAUX, APTITUDES DU MILIEU A LA MISE EN VALEUR.**  
**M.POUGET**





# **Annexes**

**ANNEXE 01 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées. (OMS)**

Paramètres	Unité	Normes	
		FAO * (1995)	OMS ** (1990)
<b>pH</b>		6,5-8,4 *	
Turbidité	NTU	/	
CE	dS/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée	
MES	mg/l	< 70**	
DCO	mg O2 /l	< 40 **	
DBO <sub>5</sub>	mg O2/ l	<10 **	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50 **	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1 **	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	< 2 **	
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	< 0,94 **	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	500 *	
Cl <sup>-</sup>	mg/l	1065 *	
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	400*	
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	60,75 *	
K <sup>+</sup>	mg/l	50 *	
Na <sup>+</sup>	mg/l	920 *	
SAR	meq/l	<3* Aucune restriction 3-9* restriction légère à modérée	
Coliformes totaux	UFC/100ml	< 1000CF/100ml	
Streptocoque	UFC/100ml	1000 **	
Éscherichia coli Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **	

**ANNEXE 02 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation – FAO**

**Tableau 1 : Limites recommandées en éléments traces**

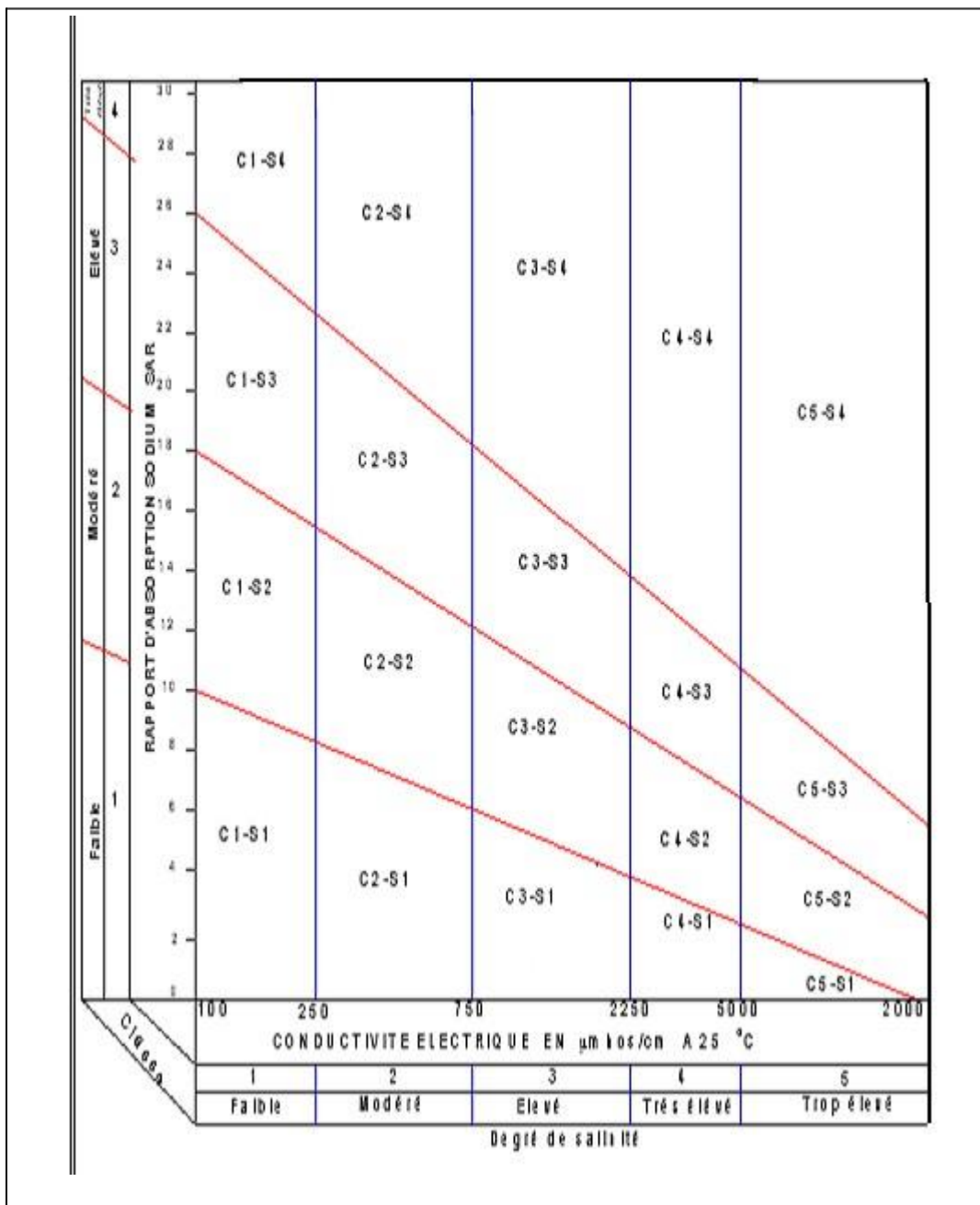
<i>Paramètre</i>	<i>Long terme a</i>	<i>Court terme b</i>
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.002	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Selenium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

Avec :

a pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

b pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins

### ANNEXE 03 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



ANNEXE N° 04 : Guide d'estimation de 'P'

GUIDE D'ESTIMATION DE P

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

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

**ANNEXE N° 05 : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures**

<b>Cultures</b>	<b>z (m)</b>
<b>Tomates</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Cultures maraichères</b>	<b>0,3 - 0,6</b>
<b>Agrumes</b>	<b>1 - 1,2</b>
<b>Arbres fruitiers à feuilles caduques</b>	<b>1 - 2</b>
<b>Vigne</b>	<b>1 - 3</b>

**Tableau A.1 : Suivi mensuel des différents paramètres des eaux brutes à l'entrée de la STEP de Djelfa – 2016**

Mois	Debit m <sup>3</sup> /j	DBO <sub>5</sub> mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NTK mg/l	PO <sub>4</sub> mg/l
Jan	17990	319	626	377	20,53	0,60	52	3,75
Fev	18373	282	586	414	22,35	1,00	50,5	3,35
Mars	18839	234	692	331	21,62	1,11	52	3,94
Avril	17229	275	679	441	22,44	1,19	47,6	4,64
Mai	18588	301	776	603	26,38	1,50	53	4,85
Juin	18015	278	794	426	28,35	1,38	53,5	5,05
Juill	12750	274	617	373	27,45	1,21	46	4,65
Aout	14587	265	669	452	31,56	1,44	49,5	4,74
Sep	13260	230	599	360	33,49	0,93	46	4,2
Oct	11933	195	530	272	30,55	0,80	46,5	3,7
Nov	12595	247	613	348	36,73	1,12	48,5	4,26
Dec	13049	249	603	398	30,47	1,05	58	4,13

**Tableau A.2 : Suivi mensuel des différents paramètres des eaux épurées à la sortie de la STEP de Djelfa – 2016**

Mois	Debit m <sup>3</sup> /j	DBO <sub>5</sub> mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	N-NO <sub>3</sub> mg/l	NTK mg/l	PO <sub>4</sub> mg/l
Jan	17990	58	110	36	5,37	19,22	6,24	1,075
Fev	18373	23	79	38	0,7	2,4	6,06	1,05
Mars	18839	16	106	33	3,75	4,56	6,24	1,39
Avril	17229	19	114	44	2,64	13,23	5,712	1,93
Mai	18588	17	108	36	2,29	11,46	6,36	1,58
Juin	18015	22	135	30	1,42	7,12	6,42	2,09
Juill	12750	23	114	43	2,7	13,51	4,6	1,77
Aout	14587	19	107	44	3,41	6,49	5,94	2,42
Sep	13260	21	114	34	2,97	14,84	5,52	2,13
Oct	11933	24	122	36	3,33	16,62	5,58	1,80
Nov	12595	17	103	37	7,36	2,34	5,82	1,61
Dec	13049	18	102	28	2,86	14,34	8,12	0,97

**Tableau A.3 :** Suivi Variations du débit, et des % de dépassement des MES par rapport à la capacité nominale de la STEP de Djelfa

Mois	% débit/capacité nominale	% dépassement MES/capacité nominale
Jan	64,7122302	99,2105263
Fev	66,0899281	108,947368
Mars	67,7651427	87,1731749
Avril	61,9743405	116,105263
Mai	66,8615688	158,641766
Juin	64,8010791	112,105263
Juill	45,8626131	98,098472
Aout	52,4719192	118,947368
Sep	47,6978417	95,2631579
Oct	42,925086	71,5789474
Nov	45,3043165	91,4536341
Dec	46,9376038	104,613003



**Tableau A.4 : Suivi de la charge polluante (DCO, DBO5) et l'énergie électrique consommée pour son élimination**

Mois	DBO <sub>5</sub> Entrée kg/j	DBO <sub>5</sub> Sortie kg/j	DBO <sub>5</sub> éliminé	DCO Entrée kg/j	DCO Sortie kg/j	DCO éliminé	EE Kwh	EE/DBO <sub>5</sub> éliminée	EE/DCO éliminée
Jan	5738,81	1043,42	4695,39	11261,74	1978,9	9282,84	10165,5833	2,16501363	1,0950941
Fev	5181,186	422,579	4758,607	10766,578	1451,467	9315,111	9993,66667	2,1001244	1,07284461
Mars	4406,43496	301,419355	4105,01561	13036,9948	1996,90323	11040,0916	11146,2083	2,71526576	1,00961195
Avril	4736,21545	327,348467	4408,86698	11700,1234	1964,0908	9736,03255	8368,70833	1,89815396	0,85956043
Mai	5591,24477	315,987774	5275,257	14423,3129	2007,45174	12415,8612	10306,5	1,95374368	0,83010754
Juin	5009,28758	396,3234	4612,96418	14301,2698	2431,9845	11869,2853	10470,5833	2,26981674	0,88215786
Juill	3494,68082	293,245548	3201,43527	7867,04186	1453,47794	6413,56393	8391,08333	2,62103795	1,30833394
Aout	3864,19463	277,156677	3587,03795	9758,36193	1560,82971	8197,53222	10185,7083	2,83958756	1,24253349
Sep	3049,8	278,46	2771,34	7942,74	1511,64	6431,1	9551,91667	3,44667802	1,4852695
Oct	2324,58228	286,396174	2038,1861	6324,58217	1455,84722	4868,73496	8918,125	4,37552046	1,83171298
Nov	3109,29188	214,1082	2895,18368	7724,26818	1297,2438	6427,02438	9268,79167	3,20145203	1,4421591
Dec	3254,55175	234,875769	3019,67598	7864,61008	1330,96269	6533,64739	6593,79167	2,18360901	1,00920531
Moyenne	4147	365,943364	3780,74665	10248	1703	8544,23538	9446,72222	2,64750027	1,17238257

**Tableau A.5 : Suivi des rations des paramètres de pollution**

Mois	DCO/DBO <sub>5</sub> Entrée	DBO/NTK	NH <sub>4</sub> /NTK	NTK/DBO <sub>5</sub>	DCO/NTK	NH <sub>4</sub> /DCO	MES/DBO <sub>5</sub>	DCO/MES	DBO <sub>5</sub> /MES	DCO/DBO <sub>5</sub> Sortie	MES/DCO	DBO <sub>5</sub> /DCO
Jan	1,96	6,13	0,39	0,16	12,03	0,032	1,1818181	1,6604774	0,8461538	1,89	0,60223642	0,50958466
Fev	2,07	5,58	0,44	0,18	11,60	0,038	1,4680851	1,4154589	0,6811594	3,51	0,70648464	0,48122867
Mars	2,95	4,49	0,41	0,22	13,30	0,031	1,4162184	2,0891031	0,7061057	6,49	0,47867431	0,33799469
Avril	2,47	5,77	0,47	0,17	14,26	0,033	1,6049472	1,5392112	0,6230734	5,94	0,6496834	0,40480047
Mai	2,57	5,67	0,49	0,17	14,64	0,033	2,0040750	1,2871896	0,4989833	6,31	0,7768863	0,38765329
Juin	2,85	5,19	0,53	0,19	14,83	0,035	1,5320067	1,8635367	0,6527386	6,27	0,53661404	0,35026873
Juill	2,25	5,96	0,59	0,16	13,41	0,044	1,3600094	1,6552440	0,7352890	4,94	0,60414053	0,4442179
Aout	2,52	5,35	0,63	0,18	13,51	0,047	1,7062834	1,4800171	0,5860690	5,60	0,67566786	0,39598804
Sep	2,60	5	0,72	0,2	13,02	0,055	1,5652173	1,6638888	0,6388888	5,45	0,60100167	0,38397329
Oct	2,72	4,18	0,65	0,23	11,39	0,057	1,3963039	1,9485294	0,7161764	5,17	0,51320755	0,36754717
Nov	2,48	5,09	0,75	0,19	12,64	0,059	1,4076913	1,7647711	0,7103829	5,92	0,5666457	0,40253546
Dec	2,42	4,30	0,52	0,23	10,39	0,051	1,5938366	1,5161501	0,6274168	5,60	0,65956527	0,41382239