

Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



*Université de Ghardaïa*

Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologie

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Domaine :** *Sciences et Technologies*

**Filière :** *Hydraulique*

**Spécialité :** *Hydraulique urbaine*

**Par :** **KHELIF BRAHIM**  
**MEKHLOUFI ISMAIL**

**Thème**

**VALORISATION DES EAUX USEES EPUREES  
DANS L'IRRIGATION**

**Soutenu publiquement le :**

**Devant le jury :**

**MR BOULEMAZ**

Univ. Ghardaïa

**Président**

**MR OULEDBELKHIR ECHIKH**

Univ. Ghardaïa

**Examinateur**

**MR KATEB SAMIR**

Univ. Kasdi Merbah

**Examinatrice**

**MR MECHRI BACHIR**

Univ. Ghardaïa

**Encadreur**

**Année universitaire 2017/2018**

## Introduction

Au Sahara, l'agriculture constitue une activité principale et un facteur de stabilisation des populations. La mise en valeur dans les régions sahariennes se présente, même comme une alternative pour la réduction de la dépendance, voire l'autosatisfaction alimentaire au niveau régional. Cependant, l'eau est une ressource vitale et l'un des principaux facteurs de production agricole dans ces régions. Elle est une ressource naturelle très limitée dans les régions arides et semi-arides [16]. Elle est également indispensable pour les activités industrielles, touristiques et environnementales. L'expansion des villes et les accroissements démographiques et économiques ont causé l'augmentation des volumes des eaux utilisés ainsi que ceux des eaux usées rejetées.

Face à cette situation, la réutilisation des eaux usées après traitement apparaît comme une alternative souhaitable afin de mobiliser les ressources en eau conventionnelles pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages prioritaires de la population algérienne. Cependant, en Algérie, peu d'importance est accordée à l'épuration des eaux usées. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seuls 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. De plus, les ouvrages de traitement et d'épuration des eaux comprennent essentiellement une station d'épuration et des lagunes sont exclusivement destinées aux rejets dans le milieu sans objectif de réutilisation [ 15]

Selon TAMRABET (2011), l'utilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans la plupart des pays du monde et les pays méditerranéens, dont les principaux projets d'utilisation sont consacrés à l'irrigation agricole et la recharge des aquifères [ 16].

La réutilisation peut être considérée comme une partie intégrante de la lutte contre la pollution de l'environnement et de la stratégie de gestion de l'eau. Ces eaux récupérées peuvent être considérées comme une source précieuse d'eau. Elle peut présenter des avantages pour la santé publique, l'environnement, le développement économique et agricole. Les eaux usées épurées présentent une valeur fertilisante appréciable. Les apports en matière organique par les eaux usées épurées permettent à long terme d'augmenter la fertilité naturelle du sol sur le plan physique, chimique et biologique.

les eaux usées épurées peuvent avoir des impacts défavorables, tels que la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface, restent parmi les inconvénients potentiels les plus importants. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes[ 16].

Le Sahara algérien dispose de potentialités souterraines en eau conventionnelles vulnérables et non renouvelables. La réutilisation des eaux usées épurées peut s'intégrer dans des programmes de gestion raisonnée.

La cuvette de Ouargla caractérisée par l'absence d'un exutoire. La forte croissance qu'a connue la région a induit des besoins significatifs en eau pour l'usage domestique, agricole et industriel, causant ainsi de graves préjudices à l'environnement. La surexploitation des ressources en eau a conduit au phénomène des excédents hydriques dont l'ampleur de ce phénomène s'est considérablement accentuée par l'absence d'un système efficace de drainage.

Pour une évaluation de la situation de traitement et de réutilisation des produits d'épuration, que s'intègre notre recherche. Il a pour objectif d'étudier les modes de gestion et les possibilités de valorisation agricole des effluents de la station conformément aux normes internationale et les réglementations algériennes qui visent une réutilisation sans danger.

Afin d'atteindre nos objectifs, notre approche méthodologique est basée sur la réalisation expérience pour faire un état des lieux sur la situation de la réutilisation des eaux usées épurées, et la caractérisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles utilisées dans la mise en valeur, ainsi que leurs impacts agro-environnementaux de salinité, fertilité et pollution.

Cette étude s'articule autour de deux parties dont la première se rapporte à une synthèse bibliographique sur la zone d'étude et les eaux usées et la présentation du cadre d'étude, ainsi que la gestion des eaux dans la cuvette de Ouargla.

La deuxième partie est consacrée à la présentation du site expérimental et traite des résultats et discussion, complétée par des perspectives de valorisation et recommandations. Le tout couronné par une conclusion générale.

# *Chapitre I*

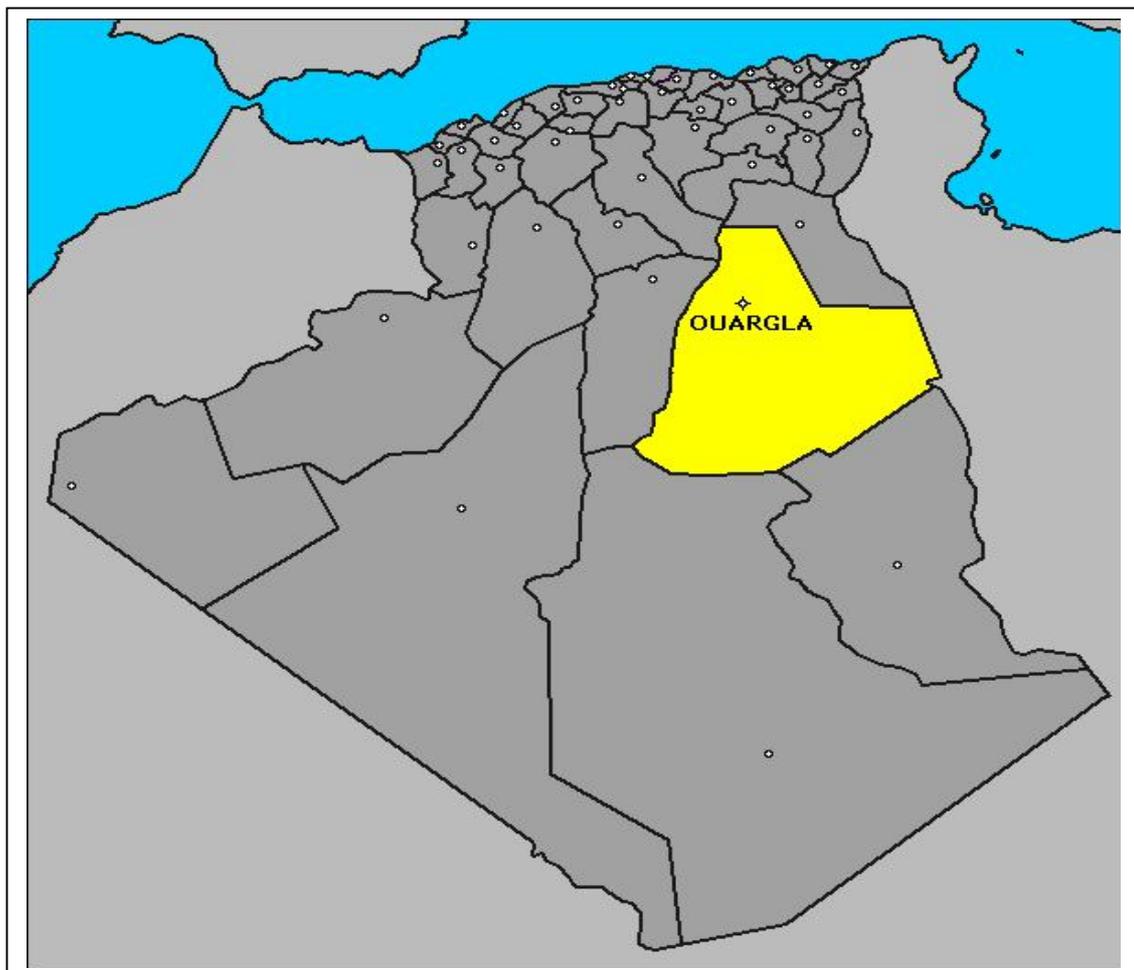
## *Présentation De la zone d'étude*

## I-1-Introduction

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérés par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs

## I-2- Situation géographique de la wilaya de OUARGLA :

La wilaya de Ouargla se situe au sud-est de l'Algérie, couvrant une superficie de 163.230 Km<sup>2</sup> et demeure l'une des collectivités administratives les plus étendues du pays [4]. La commune de Ouargla est le chef-lieu de la wilaya



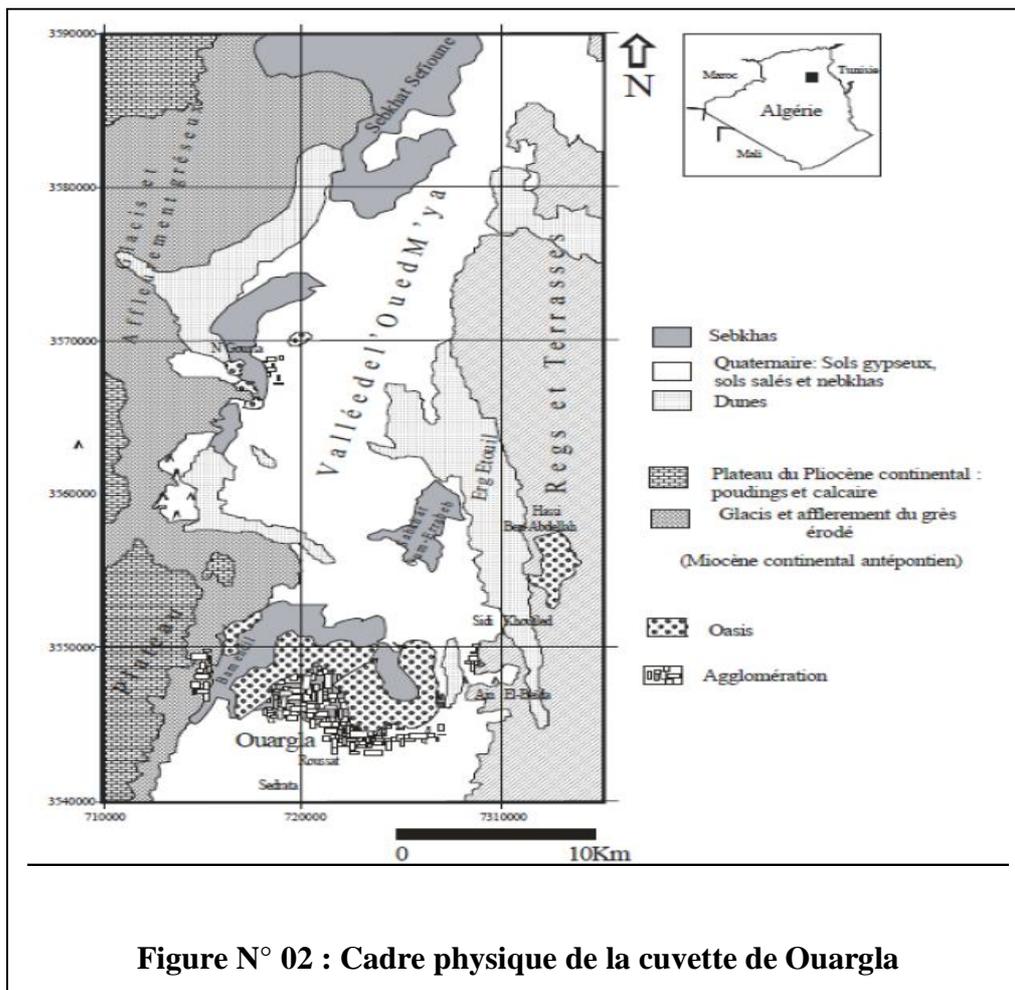
**Figure 01.** Situation de la wilaya de Ouargla

Les villes de Ouargla, Rouissat et Aïn El Beïda forment une unité urbaine, appelée l'agglomération de Ouargla, qui avec ses palmeraies constituent l'une des plus grandes oasis du Sahara algérien.

L'agglomération de Ouargla est située dans une dépression appelée « Cuvette de Ouargla ». Cette cuvette dont notre étude s'est déroulée est sise dans le Bas-Sahara algérien ; elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued M'ya qui draine le versant Nord du plateau de Tademaït, et se termine à Sebkhha Safioune.

La cuvette de Ouargla est limitée par :

- ❖ La Sebkhha Safioune au Nord ;
- ❖ les ergs Touil ET Arifdji à l'Est;
- ❖ les dunes de Sedrata au Sud;
- ❖ le versant Est de la dorsale du Mzab à l'Ouest [04] .

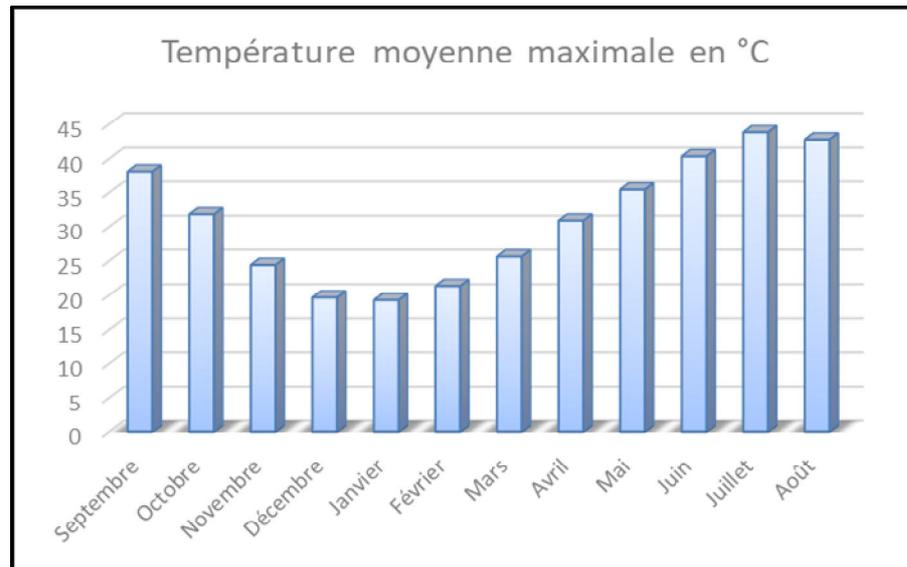


### I-2-1 Données climatiques :

Le climat de la vallée d'Ouargla est un climat désertique chaud de type saharien, caractérisé par des pluviométries très réduite, des températures élevées et une forte évaporation, et par une faible humidité relative de l'air, D'après les données de l'ONM, 2017 (voir annexe 04)

### I-2-2-Température :

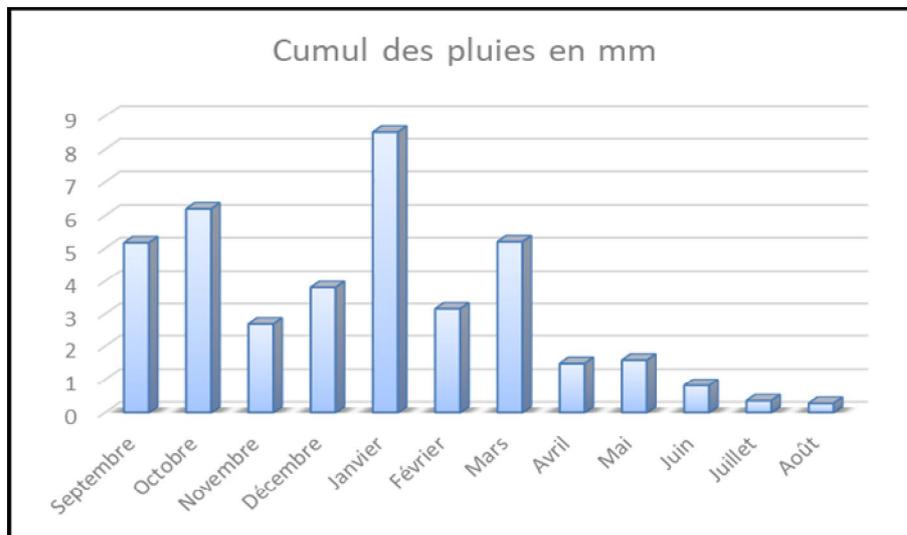
La température moyenne maximale annuelle est de 23, 40 C°. Les mois les plus chauds et Juillet, avec une température moyenne de 44 C°. , [13]



**Figure N° 03 : La température moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)**

### I-2-3-Précipitation :

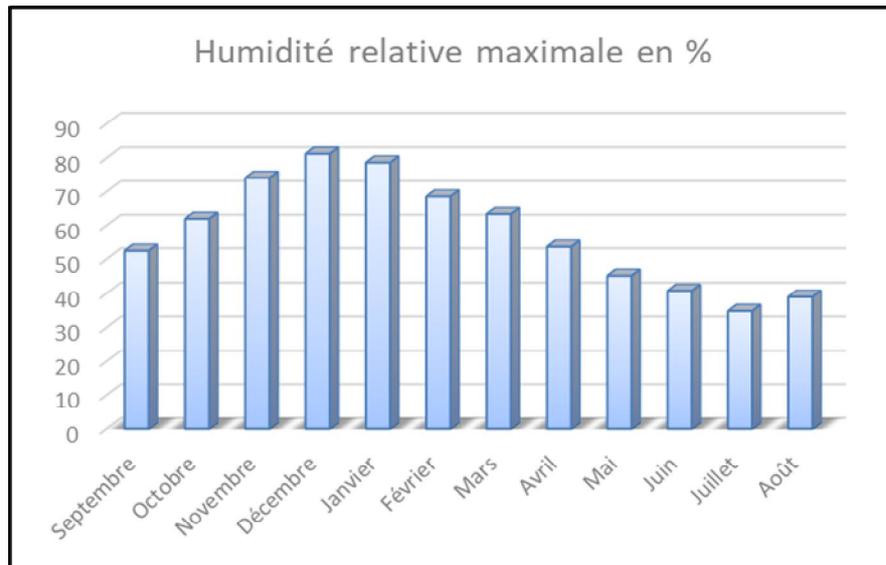
La précipitation est rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace, le mois le plus pluvieux est Janvier avec 8.51 mm, et de quantités très faible (0,27 mm) peuvent être enregistrées pour le mois d'Août, le cumul moyen des précipitations annuelles sur 10 ans (2008-2017) est de 39,19 mm. [13]



**Figure N°04 : le cumul des pluies moyenne annuelles des années (2008-2017)**

### I-2-4-Humidité relative

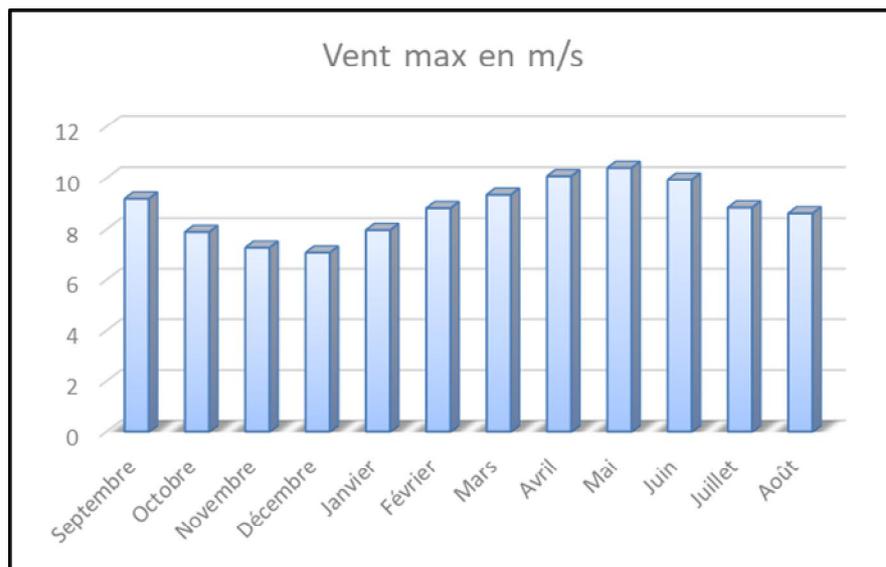
L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 57.81 %. Elle au mois de Janvier 79 % diminue jusqu'au mois de Juillet 35 %, puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 81 % au mois de Décembre [13].



**Figure N°05: l'humidité relative moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)**

### I-2-5-Vents :

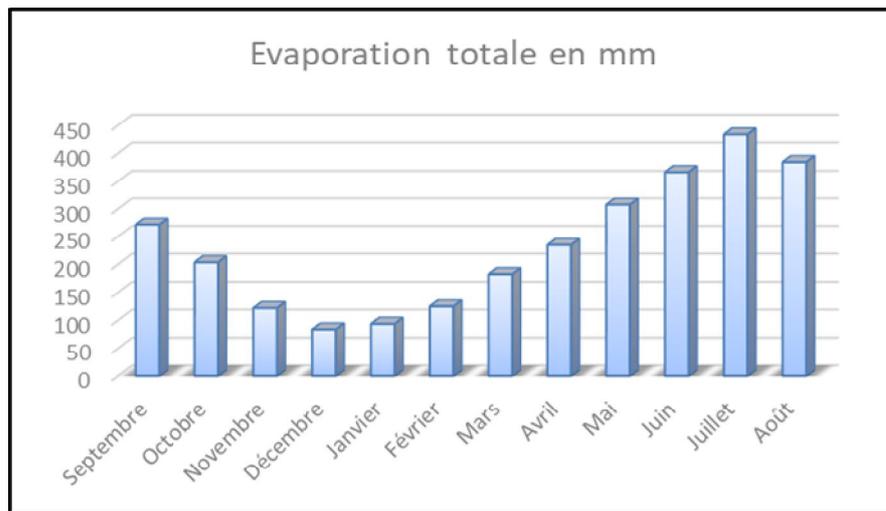
Les vents sont fréquents durant toute l'année, avec une moyenne qui varie entre 7.06 et 10.39 m/s, les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-Est/Sud-Ouest (vent chaud sirocco). [13].



**Figure N°06 : La vitesse moyenne de vent maximal annuelle des années (2008-2017)**

### I-2-6-Evaporation :

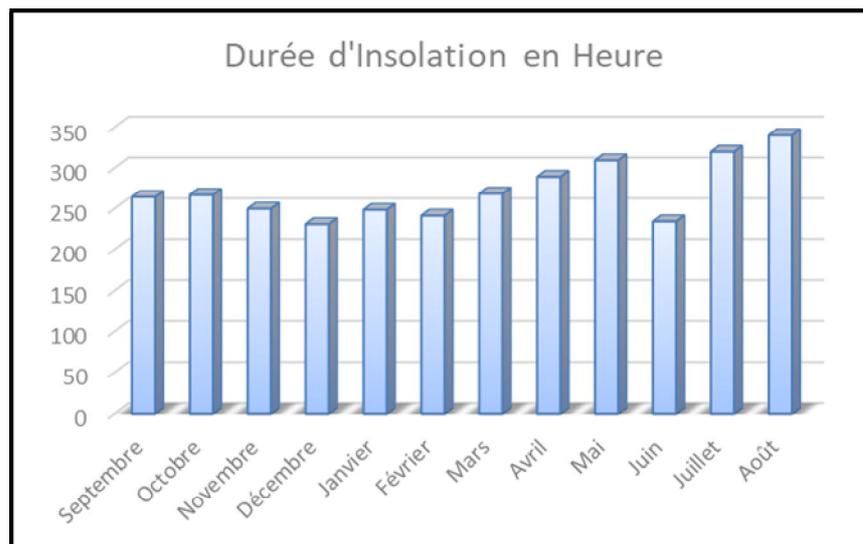
L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 433 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 80.3 mm au mois de Décembre, le cumule annuel est de 2807.6 mm [13].



**Figure N°07 : L'évaporation moyenne totale annuelle des années (2008-2017)**

### I-2-7-Insolation :

La durée annuelle moyenne d'insolation est de 271.92 heures par ans, avec un minimum de 230.97 heures par jour au mois de Décembre et un maximum de 340.13 heures par jour au mois d'Aout [13].



**Figure N° 08 : la Durée d'Insolation moyenne annuelle des années (2008-2017)**

### I-2-2 Géologie

La cuvette de Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grès tendres, à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que l'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest [04].

Au-dessous du fond de la vallée, des sondages ont mis en évidence, sous quelques mètres de sable :

- ✓ Une alternance de niveaux formés de calcaires, de calcaires marneux, de sables argileux et de grès tendres, se terminant à la base par des argiles sableuses vers 30 à 45 m de profondeur ;
- ✓ Des sables fins et gros, se terminant par des argiles sableuses à leur base vers 55 à 80m;

- ✓ Les calcaires du Sénonien (jusque vers 250 m) ;
- ✓ Un épais horizon d'argiles à évaporites (jusque vers 650 à 700 m) ;
- ✓ Une centaine de mètres d'évaporites massives ;
- ✓ Des argiles à évaporites plastiques, jusque vers 1050 – 1100 m de profondeur ;
- ✓ Des sables et grès de l'Albien, se trouvant entre 1050 – 1100 m et 1350 – 1400 m de profondeur [02].

### I-2-3 Géomorphologie

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants :

- ✓ La Hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Mio-Pliocène et Plio-Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne ;
- ✓ Les formations sableuses : composées de dunes et de cordons d'Erg ;
- ✓ Les étendues alluviales correspondant au lit de l'Oued M'ya, selon un axe SW-NE ;
- ✓ Les Sebkhass : marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. La plus grande est la Sebkhass Safioune à l'extrémité Nord, c'est aussi le point le plus bas de la cuvette de Ouargla [02].

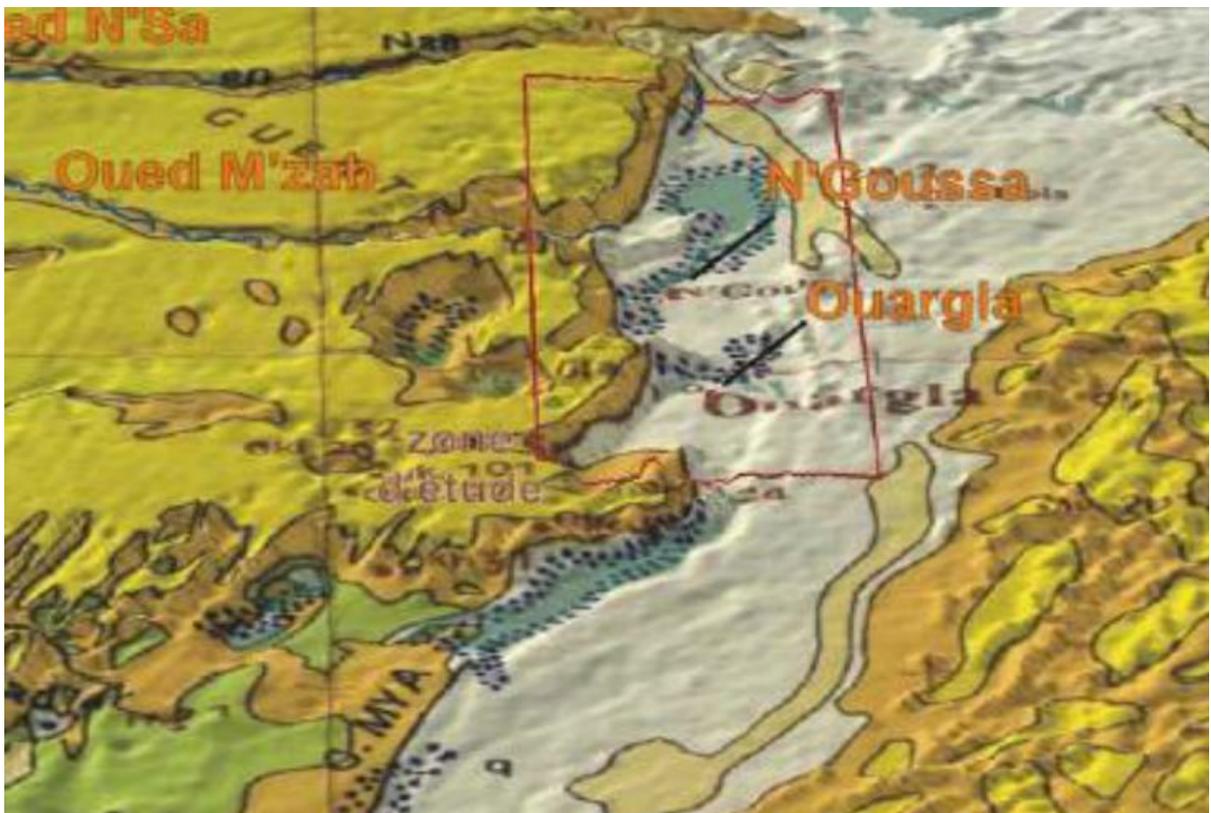


Figure N° 09. Relief géologique de la région de Ouargla Superposition de la carte géologique [01]

### **I-2-4 Topographie**

On distingue trois paliers de pentes :

- ✓ Les pentes de 2 ‰, se localisent des pieds du Djebel Abbad à la rive de la Sebkhha de Ouargla ;
- ✓ Les pentes de 1,8 ‰, sont situées au nord de la Sebkhha de Ouargla, jusqu'à la palmeraie de N'goussa ;
- ✓ La topographie devient pratiquement plane de N'goussa jusqu'aux rives de Sebkhha Safioune, à une pente de 0,6 ‰ [2].

### **I-2-5 Hydrographie**

Différents bassins versants (M'ya, M'Zab, N'sa) forment le réseau hydrographique qui aboutit à Sebkhha Safioune au Nord de la cuvette de Ouargla [10]. Parmi les Oueds les plus importants, nous citons : Oued M'ya, Oued N'sa et Oued M'Zab.

#### **I-2-5-1 Oued M'ya**

L'Oued M'ya draine le versant Nord-Est du plateau de Tademaït. Le bassin de l'Oued M'ya couvre une superficie de 19 800 km<sup>2</sup>. Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin. Les crues de l'Oued M'ya se perdent à 200 km en amont de la ville de Ouargla [3] .

Il est à noter que Ouargla ou la basse vallée de l'Oued M'ya ne connaît pas de talweg attribuable à l'Oued M'ya, alors qu'il existe bien une vallée façonnée par l'Oued M'ya dans le Tademaït, mais elle disparaît dès la latitude de Ouargla où elle est remplacée par une dépression irrégulière. L'Oued M'ya est à l'origine de la création de toutes les sebkhhas et chotts de la région. Son lit est asséché et comblé par des dépôts sédimentaires [2].

#### **I-2-5-2 Oued N'sa**

Il couvre une superficie de 7800 km<sup>2</sup>. Il débute dans la région de Tlirhemt (wilaya de Laghouat) pour aboutir à Sebkhha Safioune. Il atteint la cuvette de Ouargla lorsque la crue est importante [2].

#### **I-2-5-3 Oued M'Zab**

L'Oued M'Zab coule d'Ouest en Est, sur environ 320 km, de la région de Botma Rouila à 750m d'altitude jusqu'à Sebkhha Safioune à 107 m, située au Nord de la cuvette de Ouargla. La surface du bassin versant est de 5 000 km<sup>2</sup> [2]

### **I-2-6- Hydrogéologie**

La cuvette de Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables, favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives, alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques [3] . Deux grands ensembles d'aquifères existent : l'inférieur est appelé le Continental Intercalaire (CI) et le supérieur

est appelé le Complexe Terminal (CT). Une nappe phréatique d'importance plus modeste s'ajoute aux deux ensembles précédents.

**I-2-6-1-. Nappe du Continental Intercalaire** C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur [3] . Les eaux de cette nappe sont moins minéralisées comparées à celles des autres nappes (voir annexe 12).

**I-2-6-2 Nappes du Complexe terminal** L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprend trois aquifères différents, qui de haut en bas sont : le Mio-pliocène, le Sénonien et le Turonien [2] .

#### **I-2-6-2-1 Nappe du Mio-Pliocène**

Nappe contenue dans les sables (nappe des sables) grossiers atteinte vers 30 à 60 m de profondeur [3] . Elle s'écoule du sud-sud-ouest vers le nord-nord-est en direction du Chott Melghir. Sa salinité est très variable, variant de 2 à 7 g/l (voir annexe 12). Elle est utilisée surtout pour l'irrigation.

#### **I-2-6-2-2 Nappe du Sénonien (nappe des calcaires)**

La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l [2] .

#### **I-2-6-3 Nappe phréatique**

La nappe phréatique repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes Sa frange capillaire surgit souvent à la surface du sol sous forme de chotts. Elle est relativement profonde au niveau des hautes altitudes (Ergs), et moins profonde à proximité des palmeraies irriguées. Le sens d'écoulement des eaux est en général d'orientation sud-nord. Ces eaux s'écoulent vers la Sebkhia Safioune qui est le principal exutoire des eaux de cette nappe. La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée. La conductivité électrique est très forte, elle augmente en allant du sud vers le nord. A sebkha Safioune, la conductivité varie de 199 à 214 ms/cm à 25°C (voir annexe 04). Au niveau de N'goussa, la teneur en sels est d'environ 30 g/l [2].

#### **I-2-7 Contexte pédologique**

Les sols de la zone aride de l'Algérie présentent une grande hétérogénéité et ils se composent essentiellement des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols halomorphes et des sols hydromorphes [8] La région de Ouargla se caractérise par des sols légers, à prédominance sableuse et une structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une bonne aération et une forte salinité. On distingue trois types de sol qui sont : sol salsodique, sol hydromorphe et sol minéral brut [10]

### **I-3-1-Site de la station d'épuration :**

La station d'épuration située au Nord-Est d'Ouargla (SAID OTBA), a pour rôle d'épurer les effluents générés par l'agglomération de Ouargla et consiste à traiter l'ensemble des eaux usées à partir d'une station d'épuration de type lagunage aéré.

Ce site permet de répondre aux besoins fonciers et aux objectifs d'assainissement (proximité du drain et de zones potentielles de développement agricole).

Le site d'implantation est limité :

- Au nord, par le drain existant
- Au sud, par un terrain vague se prolongeant jusqu'aux constructions traditionnelles
- Au sud-est, par des palmeraies
- A l'ouest, par le drain existant [4]

### **I-3-2-Nature des eaux usées de la ville d'Ouargla :**

La station d'épuration de la ville d'Ouargla traite des rejets typiquement domestiques ; la part des rejets industriels reste limitée même à l'horizon de la future.

### **I-3-3-L'objectif de traitement de la station**

Les objectifs de traitement sont les suivants :

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées,
- Protéger le milieu récepteur,

Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés pour une irrigation restrictive

### **I-3-4-Principe de traitement :**

Les eaux brutes arrivent à la station par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. Les étapes par lesquelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

#### **I-3-4-1-Prétraitement ou traitement primaire :**

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements.

Le prétraitement comporte : voir la (**Figure N° 11**)

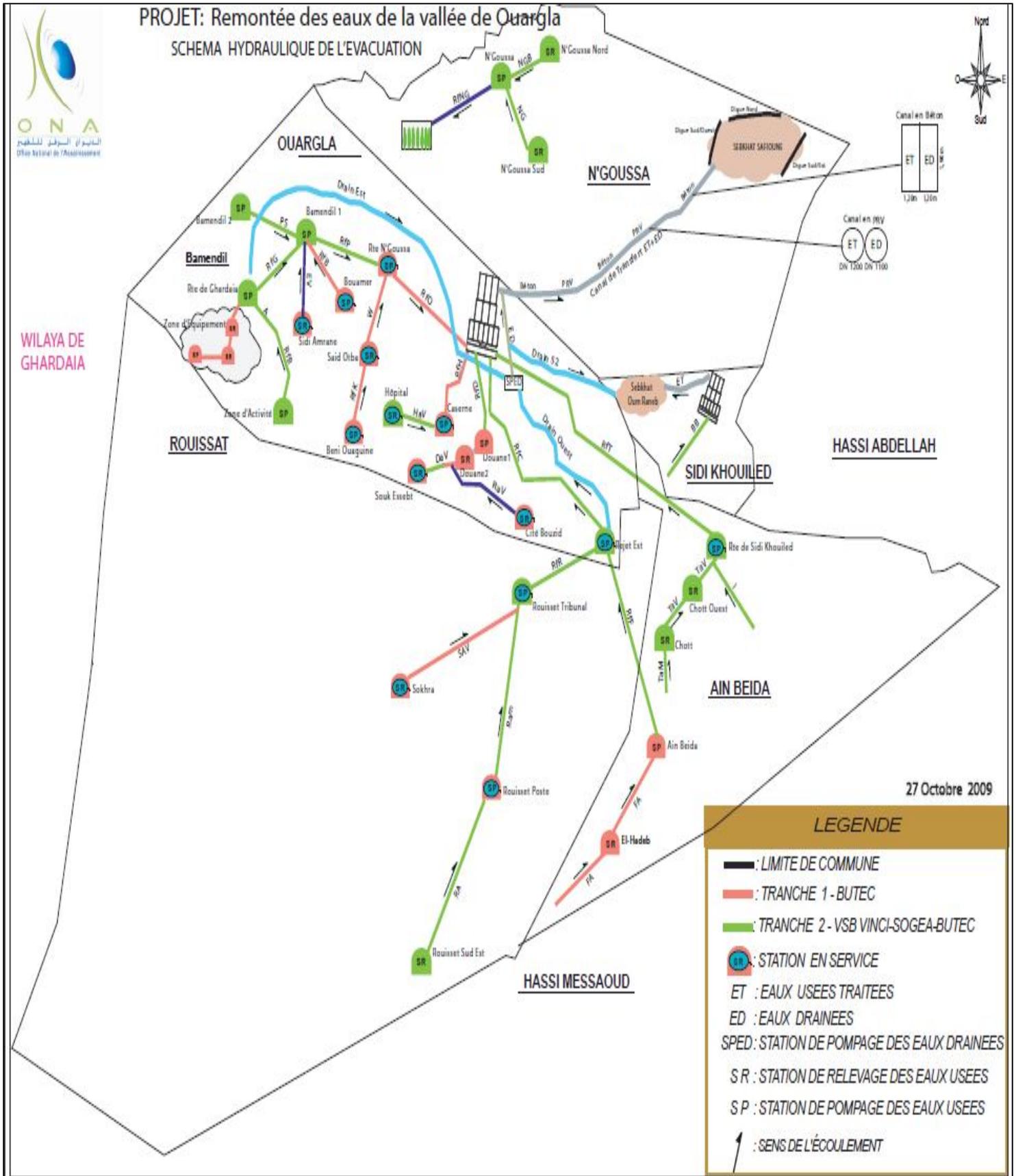
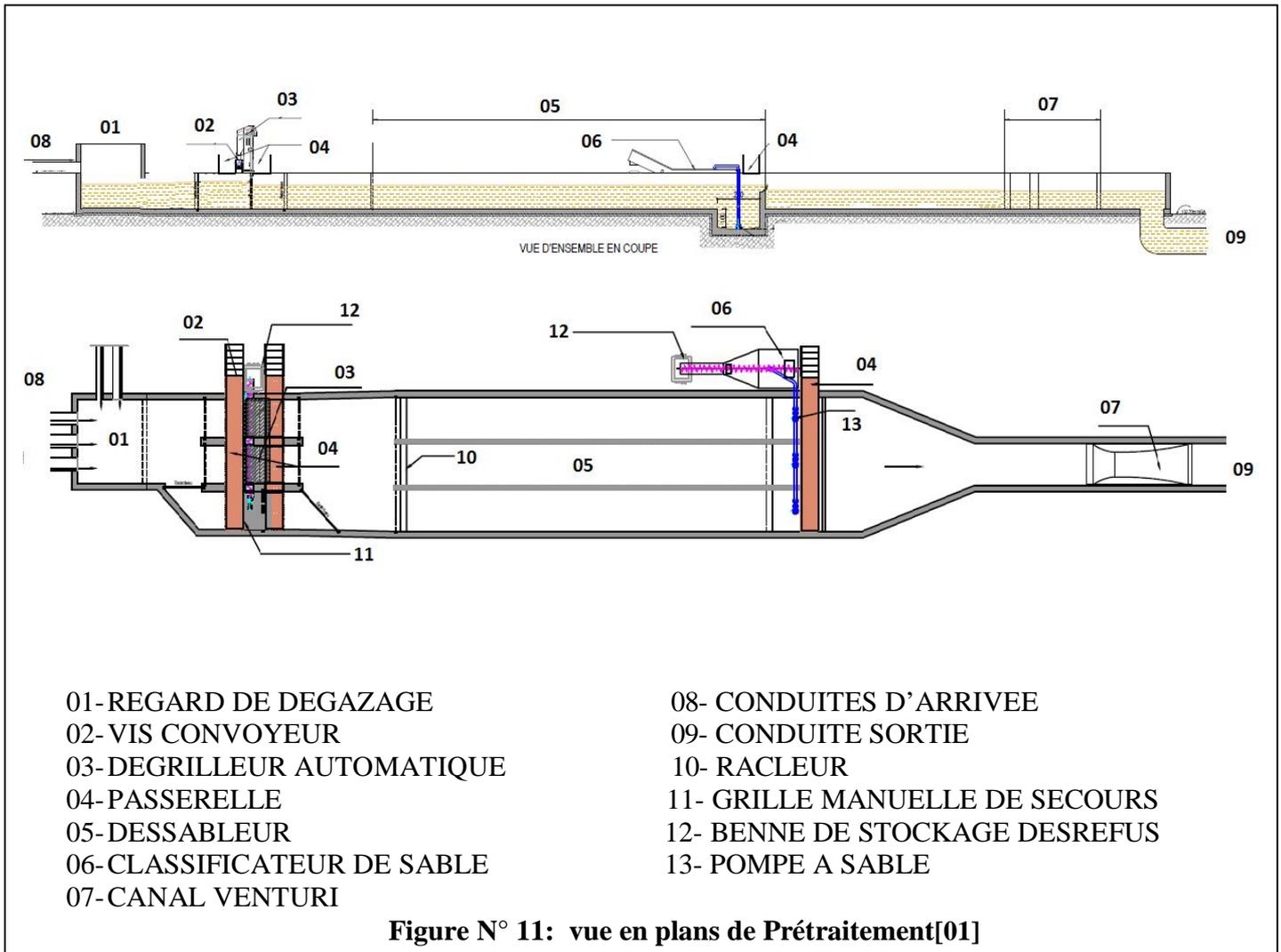


Figure N°10 : Plan De Situation du la STEP[01]



### I-3-4-2-Regard Dégazage

Les eaux usées à traiter arrivent à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulements :

- Refoulement 01 : conduite d'amenée des eaux usées DN 600mm de SP nœud hydraulique de Chott.
- Refoulement 02 : conduite d'amenée des eaux usées DN 400mm de nouvelle SP Caserne/Hôpital.
- Refoulement 03 : conduite d'amenée des eaux usées DN 500mm de SP Douane.
- Refoulement 04 : conduite d'amenée des eaux usées DN 700mm de SP route N'Gaussa.
- Ces conduites déboucheront dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes. Cette opération permet d'évacuer le H<sub>2</sub>S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement.

A partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage.

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permettra de mesurer de manière continue les débits.

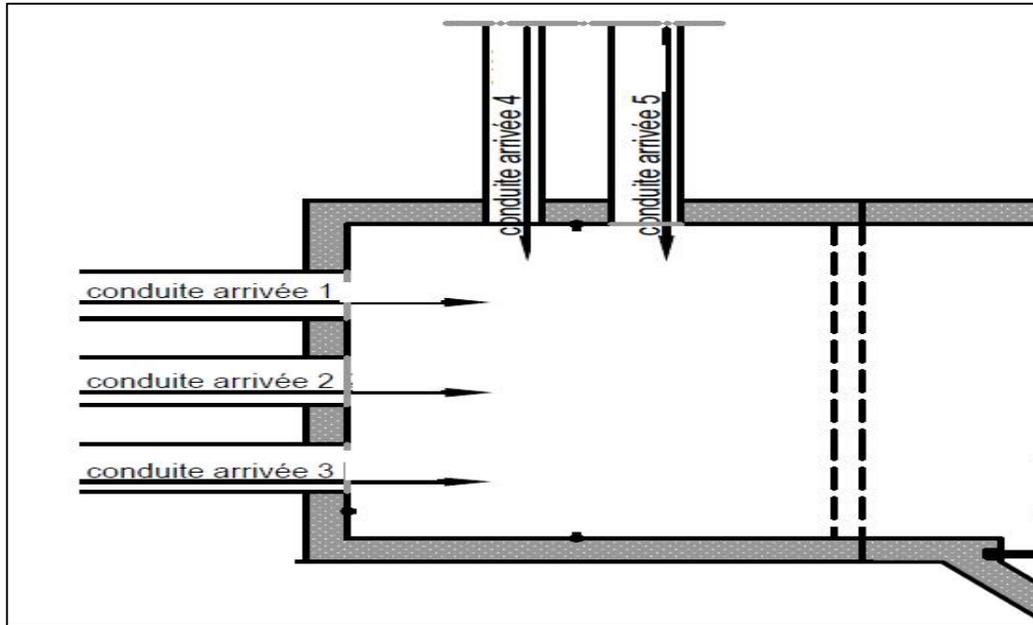


Figure N° 12: Regard Dégazage [01]

#### I-3-4-3-Dégrillage :

Les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux plus au moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses.

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle

Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposée en parallèle permettra de by passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques.

Les refus de grilles tombent sur un convoyeur, installé perpendiculairement aux deux grilles automatiques. Les refus de grille sont évacués vers un conteneur étanche de 4 m<sup>3</sup>, placé à côté de l'ouvrage de dégrillage.

#### I-3-4-4-Dessablage :

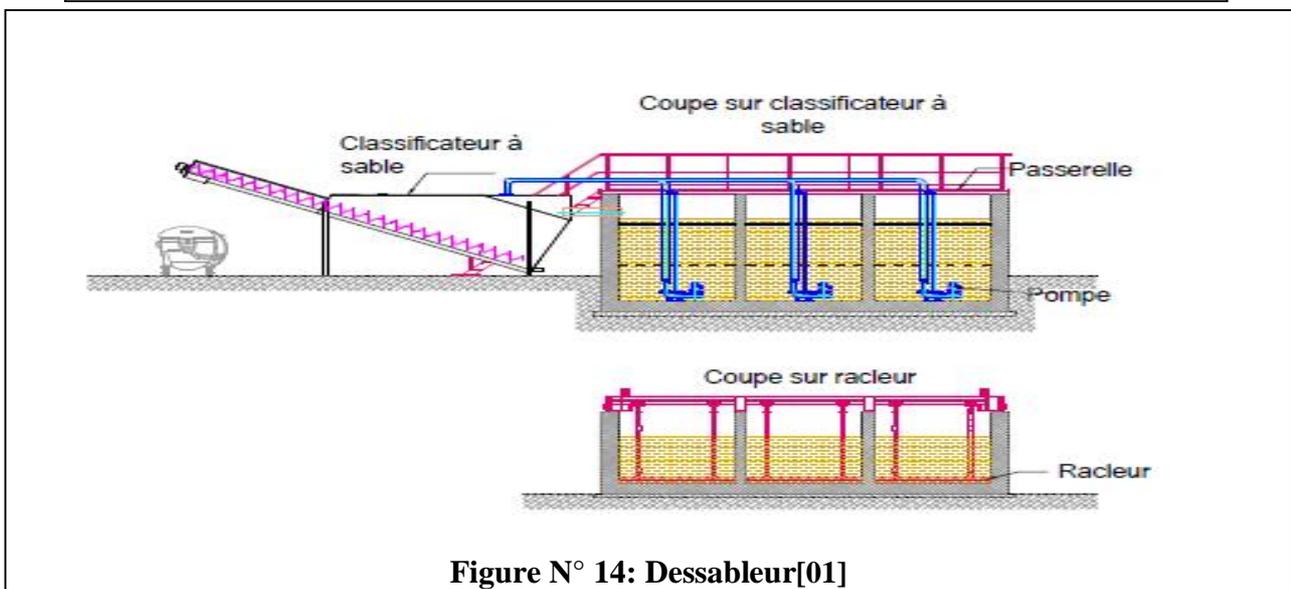
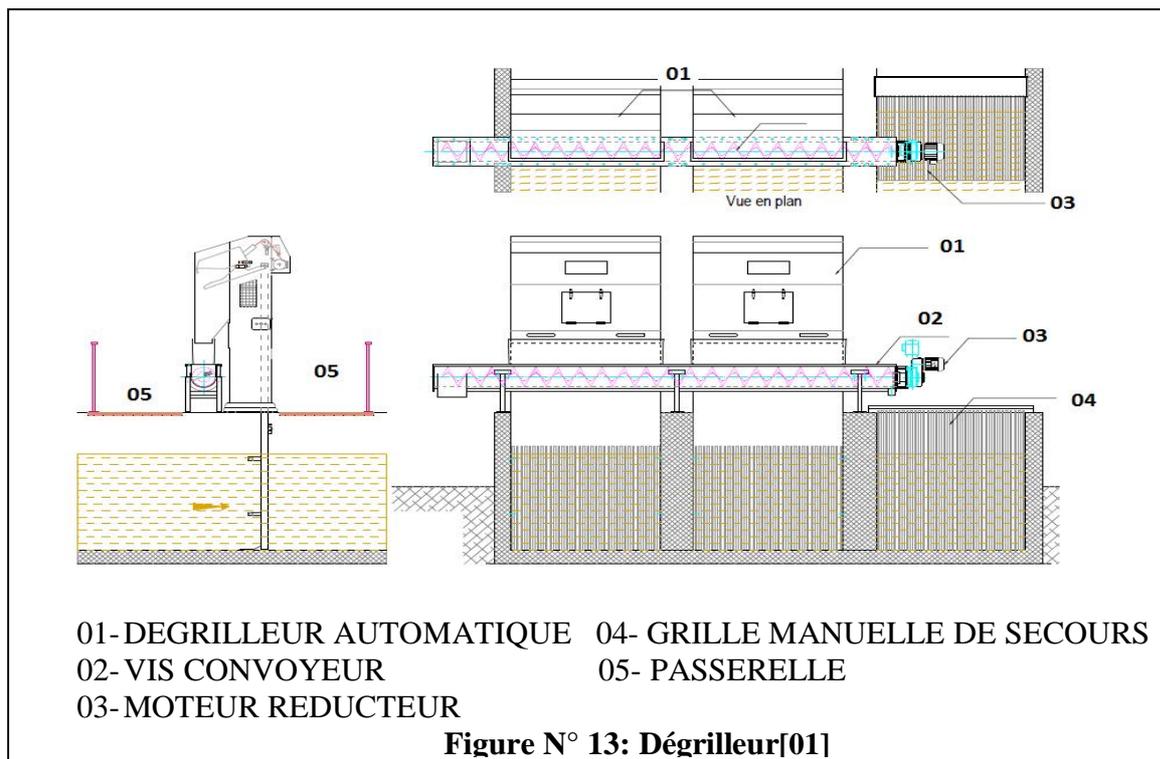
La rétention des particules sableuses permet d'éviter :

- Les surcharges dans les étapes suivant de traitement,
- L'accumulation de sable dans les étapes ultérieures du traitement.
- L'abrasion des engins mécaniques.

- Le dessablage sera réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23m de long.

Chaque ouvrage sera équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque chenal. Une pompe permettra l'extraction des sables vers un classificateur à sable.

Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonoïde. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne (voire la **figure n° 13**)



### I-3-4-5-Ouvrage de répartition :

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les quatre lagunes de l'étage aéré n°1.

Cette répartition est assurée par quatre seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service.

L'ouvrage de répartition autorise le remplissage préférentiel des 4 lagunes de premier étage A1, A2, A3 et A4. En position relevée elles servent à isoler chaque bassin si nécessaire. [3]

### I-3-5-Traitement secondaire :

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traitait subis un traitement par le système de lagunage aéré.

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène.

La filière est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition. ; il s'agit d'aérateurs flottants

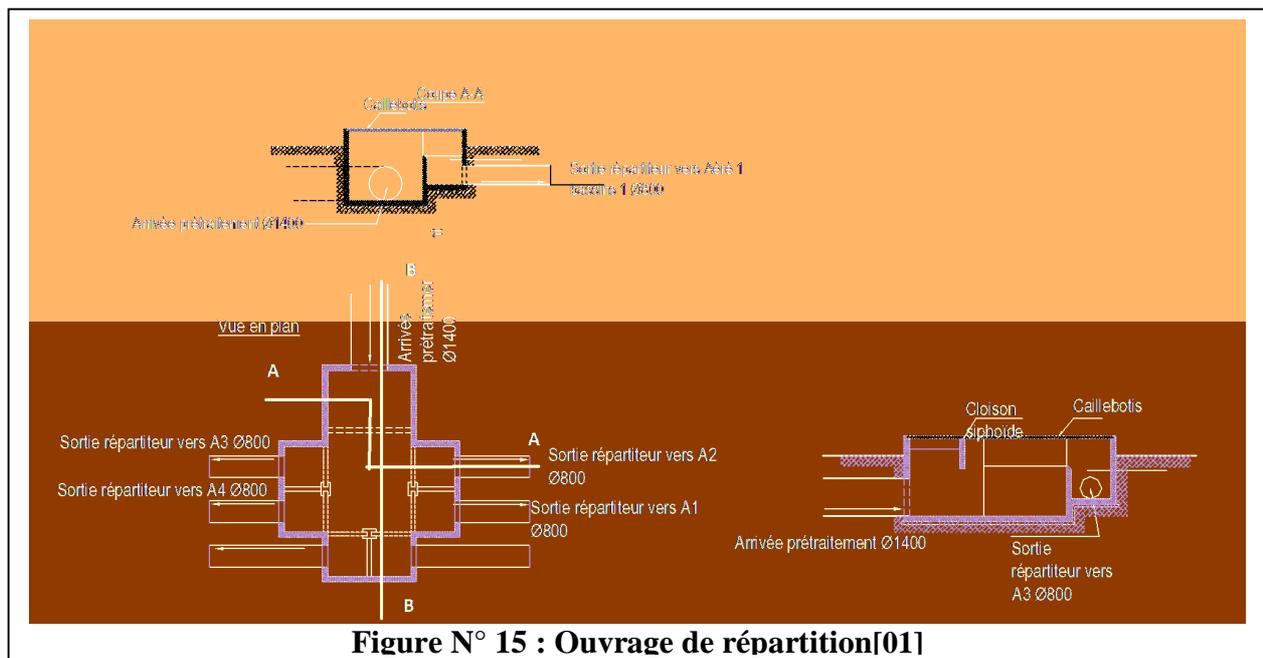


Figure N° 15 : Ouvrage de répartition[01]

#### I-3-5-1-Premier étage de lagunage aéré :

#### I-3-5-2-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins (A1, A2, A3, A4):

Les eaux prétraitées arrivent vers quatre bassins de lagunage aéré ayant chacun les caractéristiques suivantes :

- Surface : 24 343 m<sup>2</sup>
- Hauteur moyenne d'eau : 3,5 m
- Volume : 85 200 m<sup>3</sup>

Chaque bassin de premier étage de lagunage aéré est équipé de 12 aérateurs brasseurs à vis hélicoïdale de type FUCHS, la puissance unitaire est de 18,5 kW.

En plus de l'aération, les aérateurs génèrent une circulation horizontale importante de l'effluent. La double action d'aération et de brassage confère à cet équipement le nom d'agitateurs brasseurs.

### **I-3-5-3-Deuxième étage de lagunage aéré :**

### **I-3-5-4-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins B1 et B2 :**

Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1<sup>er</sup> étage vers les lagunes aérées de 2<sup>ème</sup> étage (lagunes de décantation) qui sont constituées de 2 lagunes.

Les conditions d'aérobiose sont plus importantes dans le premier étage de lagunage qui est le plus chargé, le deuxième étage nécessite une aération moindre.

Les deux lagunes composant le deuxième étage d'aération présentent chacune les caractéristiques suivantes :

- Surface : 40 570 m<sup>2</sup>
- Hauteur moyenne d'eau : 2,8 m
- Volume : 113 600 m<sup>3</sup>

Chacune de ces deux lagunes est équipée de 7 aérateurs brasseurs de 18,5 kW, identiques à ceux installés dans les lagunes du premier étage.

### **I-3-5-5-Troisième étage de lagunage aéré :**

### **I-3-5-6-Lagunes de finition (bassins F1 et F2):**

En aval des deux lagunes aérées, il est prévu deux lagunes de finition dans lesquelles les traitées avant d'être rejetées.

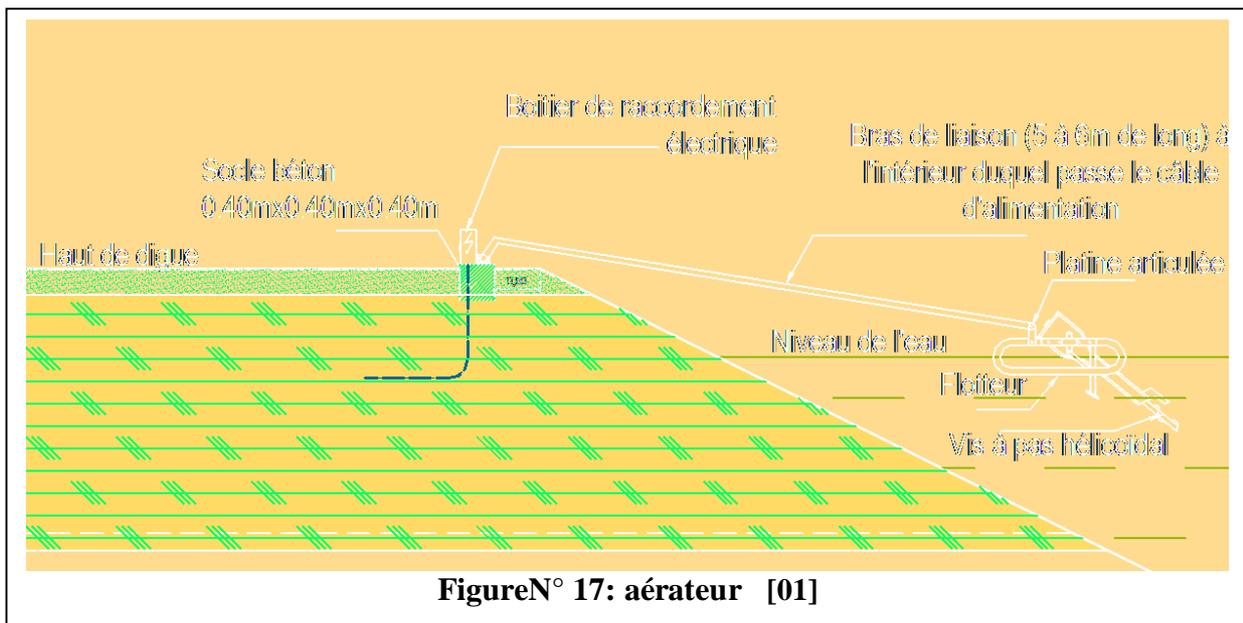
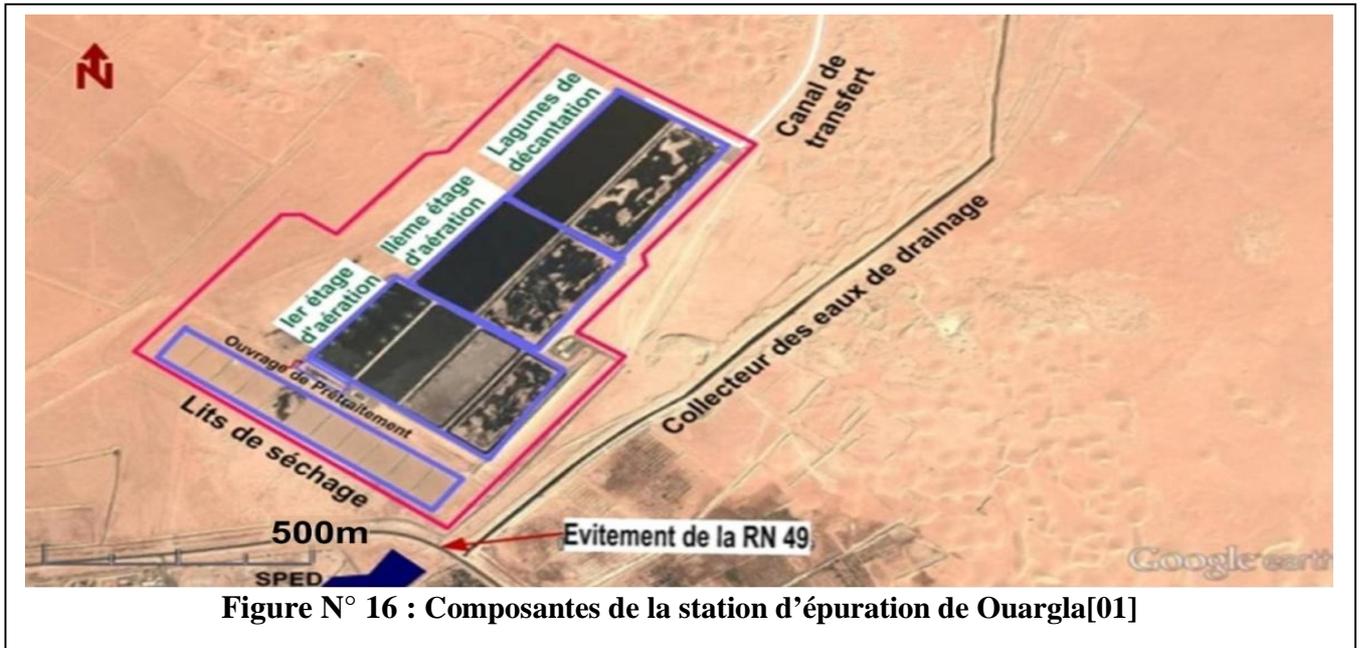
Les deux lagunes de finitions présentent chacune les dimensions suivantes :

- Surface : 49 350 m<sup>2</sup>
- Hauteur moyenne d'eau : 1.5 m
- Volume : 74 027 m<sup>3</sup>

Le temps de séjour prévu dans les lagunes de finition est de l'ordre de 2.6 jours, ce qui de dimensionnement usuels indiquent un temps de séjour minimal de 1 jour. Aussi, ce temps de séjour ne doit pas être très important pour ne favoriser pas le développement d'algues. Un temps de séjour maximal de 2 jours est la limite à ne dépasser pas.

Lorsque le niveau de boues dans les lagunes de finition occupe la moitié de la hauteur disponible, il convient alors de procéder à leur curage, prévu dans ce cas par pompage mobile sur une barge en aluminium. Les boues rejoignent les lits de séchage par une tuyauterie fixe.

Les eaux épurées (sortie lagune de finition) seront reprises par un collecteur de restitution auquel seront raccordés tous les ouvrages de sortie.



### I-2-6-Les lits de séchages :

Les lits de séchages seront constitués d'une couche de sable lavé surmenant des couches de granulométrie plus important, incluant le réseau de drainage. Chaque lit de séchage sera équipé d'une vanne DN 150et d'un raccord rapide permettant de recevoir le tuyau flexible de pompage des boues

Ilya 11 lits de séchage chacun présent les caractéristiques suivantes:

Surface de lit de séchage:5.000m<sup>2</sup>

Hauteur de remplissage des lits de séchage 0.52m.

A l'issue de ce séchage les boues sont évacuées vers leur destination finale, mise en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique.

### **I-2-7-Concluions :**

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les différents procédés comportent la station d'épuration d'Ouargla.

Nous avons constaté que l'eau à épurer doit passer par plusieurs étapes successives la première est constaté par les prétraitements, la deuxième étape est, liée à l'épuration biologique et la décantation et enfin aux lit de séchages

# *Chapitre II*

## *Réutilisation Des Eaux Usées Epurées*

## **II- Introduction**

Le déversement sauvage des eaux usées dans le milieu naturel est à l'origine de graves problèmes de pollution biologique des nappes souterraines et des eaux de surface '. pour limiter les risques de pollution l'organisation mondiale d'alimentation préconise de plus en plus à travers le monde, de réutiliser les eaux usées après un traitement partiel au total [6].

La réutilisation des eaux usées traitées est une forme de valorisation d'un potentiel en eau très important. Cette valorisation permet d'alléger le recours aux eaux conventionnelles et essentiellement les eaux souterraines très vulnérables.

Les applications de la réutilisation des eaux usées traitées sont nombreuses, qu'il s'agisse d'irrigation agricole, utilisations urbaines (nettoyage, espaces verts), industrielles (refroidissement, protection contre les incendies), d'usages récréatifs, d'entretien d'habitats naturels et de zones humides, ou de recharge de nappe.

### **II-1- Avantages et limites de la réutilisation**

Les avantages de la réutilisation des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays, ils sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale. [15] L'eau usée et d'autres eaux de mauvaises qualités sont importantes dans le contexte de la gestion globale des ressources en eau, la réutilisation apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de la vie. D'ailleurs, les systèmes d'utilisation d'eau usée, lorsqu'ils sont correctement planifiés et contrôlés, peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire positif, à côté de rendements agricoles accrus. Cependant, la réutilisation de l'eau usée peut également avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique [6].

### **II-2- Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde**

Dans les pays développés, l'usage planifié des eaux usées traitées est plus courant. La REUE a connu un développement rapide ces dix dernières années. Une croissance des volumes de l'ordre de 10% à 29% par an en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Le volume journalier des eaux usées réutilisées est de 1,5-1,7 millions de m<sup>3</sup> dans plusieurs pays comme la Californie, la Floride, ou la Chine. Certains pays européens méditerranéens ont aussi des objectifs ambitieux : réutiliser 100% des eaux usées à Chypre et à Madrid.

Au Tunisie, l'utilisation des EUE est déclarée comme un objectif national et on vise un taux d'utilisation de 50 % dans l'agriculture irriguée. Une politique de réutilisation des eaux usées traitées (EUE) a été adoptée au début des années 80. En effet, sur 170 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées collectées par an, environ 40 millions m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées sont valorisés en agriculture

Au Maroc, le volume en ressources des eaux usées traitées est estimé à 300 millions de m<sup>3</sup> dont 20% est réutilisées, les rejets épurés sont utilisés pour satisfaire les besoins des périmètres agricoles péri-urbains. [12]

### **II-3- Réutilisation des eaux usées en Algérie**

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m<sup>3</sup>/an par habitant, cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord qui est 1,250 m<sup>3</sup> ou à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m<sup>3</sup>. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m<sup>3</sup>/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est.

De plus, ces dernières années, l'accroissement de la demande en eau pour la consommation humaine, industrielle, agricole et les sécheresses répétées, ont sensibilisé les décideurs à considérer les eaux usées comme une ressource hydrique appréciable, d'où la nécessité de réfléchir à un programme national d'épuration et de réutilisation des eaux usées (ABBOU, 2010). Parmi les grands objectifs de la politique de gestion du secteur de l'eau, figurent la réhabilitation et la réalisation des systèmes d'épuration des eaux usées des zones agglomérées dont la population est supérieure à 100 000 habitants et des agglomérations situées à proximité des périmètres agricoles et des agglomérations à haut risque de pollution environnemental.

Le nombre des stations d'épuration des eaux usées réalisées en Algérie est estimé à 146 STEP en exploitation dont 71 à boues activées, 72 par lagunage et 03 filtre plante, 11 STEP en cours d'étude de diagnostic pour la réhabilitation et 08 STEP en projet. Concernant, la réutilisation des eaux usées en Algérie, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions m<sup>3</sup> sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet. [14]

## **II-4- Filaires de réutilisation des eaux épurées**

Quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la REUT sauf ce qui touche aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles n'entrent pas dans les champs de la réutilisation. En effet, on accepte que toute eau usée est potentiellement réutilisable. L'organisation et les éclaircissements suivantes permet d'y voir plus clair en matière d'utilisations des EUT. [12]

### **II-4-1- Valorisations directes des eaux usées épurées**

Valorisation directe ou cycle courte, l'eau usée traitée passe directement du statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration [11]. Il existe ; l'irrigation agricole, l'aquaculture et les usages urbains.

#### **II-4-1-1- Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture**

L'utilisation des eaux usées domestiques pour l'irrigation des terres agricoles est une pratique ancienne dans nombreuse pays du monde. Elle est connue depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle [6]. Actuellement, cette pratique commence à prendre l'ampleur à cause de la rareté des eaux conventionnelles surtout dans les régions arides et semi-arides. En terme de surface, plus de 20 million hectares des terres agricoles sont irriguées par les eaux usées épurées travers le monde. Les modalités de mise en œuvre pour l'usage des REUE sont multiples, il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, d'autres périmètres mixtes. La réutilisation des eaux usées en agriculture présente un intérêt certain, des risques de réutilisation ainsi que des impacts positifs notamment négatifs sur les sols et les cultures.

##### **II-4-1-1-A Intérêt agronomique des eaux usées épurées :**

L'utilisation des eaux usées résiduares domestiques pour la production agricole constitue à priori une démarche séduisante à plusieurs titres. Elle permet en effet, de valoriser l'eau et les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter.

L'eau usée traité peut avoir des résultats agronomiques positifs [6]. Selon ABBOU. (2010) [11], l'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables dans les eaux usées et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation des eaux usées épurées en agriculture. D'une façon générale. Une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare : de 16 à 62 kg d'azote, de 2 à 69 kg de potassium, de 4 à 24 kg de phosphore, de 18 à 208 kg de calcium, de 9 à 100 kg de magnésium et de 27 à 182 kg de sodium.

**II-4-1-1-B Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture :** Les risques liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture sont multiples et de nature microbiologique, chimique ou environnementale. Ces risques sont MES, excès des nutriments (N, P, K), bactéries, helminthes, virus, les métaux lourds et la salinité. [12]

**II-4-1-1-B 1 MES :** La plupart des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES qui les protègent de beaucoup de traitements, d'autre part, si les MES sont présentes en trop grande quantité, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation ;

**II-4-1-1-B-2 Excès des nutriments :** Les éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des cultures, peut provoquer dans un sol très perméable la lixiviation du nitrate dans la nappe phréatique ; La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation, cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l et permet donc de répondre partiellement aux besoins.

**II-4-1-1-B-3 Bactéries :** La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses. Les eaux usées urbaines contiennent en moyenne environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau se sont les coliformes thermo- tolérants.

**II-4-1-1-B-4 Virus :** Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10<sup>3</sup> et 10<sup>4</sup> particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles.

**II-4-1-1-B-5 Protozoaires :** les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires.

**II-4-1-1-B-6 Helminthes :** Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué

entre 10 et 103/l. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

**II-4-1-1-B-7 Risque chimique** : Concernant les éléments traces métalliques: bore, fer, manganèse, zinc, cuivre et molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments, non indispensables à la plante tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome et le sélénium.

**II-4-1-1-B-8 Salinité** : Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. Les eaux usées épurées sont habituellement très salées, leurs utilisations pour l'irrigation nécessitent des suivis très ambitieux des impacts sur les sols et les cultures.

**II-4-1-1-C Impact de la REUT des eaux usées sur le sol** : La réutilisation des eaux usées est justifiée dans beaucoup de cas, par le fait qu'elles contiennent divers éléments nutritifs pour le sol, notamment les composés à base de nitrates, de phosphore et de potassium. L'utilisation des eaux usées épurées sur sol entraîne des variations importantes de la composition chimique du sol, notamment la salinité, la fertilité (N, P, K) et en certains éléments traces (Cu, Pb, Zn), ainsi que les caractéristiques physiques des sols notamment la stabilité structurale. En plus la contamination des sols irrigués par les eaux usées épurées est constatée par nombreux recherches. Les modifications observées après plusieurs apports conjugués d'eaux usées traitées sur le sol sont en relation directe avec leurs compositions chimiques. Le sujet d'impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur les sols est entamé par nombreux recherches nationales et internationales ([12]).

**II-4-1-1-D Impact de la REUT des eaux usées sur les cultures** : Nombreux études sont réalisées sur l'effet de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les cultures, tous ces travaux se concordent sur l'impact positif de l'irrigation par les eaux usées épurées sur l'augmentation des rendements des cultures.

Les lignes directrices interdisent actuellement l'irrigation des eaux usées de légumes qui sont augmenté au niveau du sol ou avec une courte tige, et qui sont consommés crus, même lorsque les eaux usées sont traitées. Les cultures céréalières, les cultures fourragères et des arbres fruitiers nécessitent un traitement secondaire, les cultures industrielles nécessitent un traitement primaire [6].

#### **II-4-1-1-E Réutilisation agricole des eaux usées en Algérie**

En Algérie, l'irrigation par les eaux usées se généralise dans plusieurs régions du pays, par manque d'eau d'irrigation, surtout pendant la saison sèche. Les eaux usées traitées peuvent

être réutilisées pour l'arrosage de certains vergers (oliviers, figuiers...) et pour l'arrosage des espaces verts

L'Algérie se penche actuellement, sur la régularisation de la réutilisation des eaux usées en agriculture. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations supérieures à 20.000 habitants est estimé à  $550 \times 10^6 \text{ m}^3$ . La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau naturelle afin de soulager cette ressource conventionnelle, qui devient de plus en plus rare.

De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques. La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricoles.

#### **II-4-1-2- L'aquaculture :**

Cette valorisation est encore relativement embryonnaire à travers le monde mais elle est déjà pratiquée en Inde ainsi que des pays asiatiques à la fois comme procédé d'épuration et pour l'économie piscicole qui en résulte.

#### **II-4-1-3- Usages urbains :**

Dans cet usage figure le lavage des rues et des marchés, des recyclages d'eaux grises à l'échelle d'un immeuble en vue d'alimenter des circuits particuliers de chasse, Irrigation de parcs, Golfs, et Protection d'incendie [1].

#### **II-4-2- Valorisations indirectes**

Ces modes de valorisation peuvent être plus délicats car ils supposent qu'on puisse suivre efficacement le devenir des eaux injectées dans le milieu. C'est le cas d'une recharge des nappes et alimentation des zones humides [1]. Les techniques de recharge reposent sur l'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou des lits de cours d'eau ou l'injection profonde, par puits ou forages, ou l'eau est introduite directement dans la nappe souterraine.

**II-4-2-1- Recharge de nappes:** Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUE dans le sous-sol. On vise plusieurs objectifs :

1. La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable.

2. La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
3. Le stockage des eaux pour une utilisation différée.
4. L'amélioration du niveau de traitement de l'eau en utilisant le pouvoir auto épurateur du sol.

#### **II-4-2-2- Alimentation des zones humides :**

La sauvegarde de zones humides par des EUT constitué à ce jour un domaine non négligeable de la REUT. Là aussi ce sont principalement les enjeux floristiques et faunistiques qui sont ciblés, et plus globalement la sauvegarde et la valorisation du patrimoine environnemental. C'est le cas d'alimentation de la zone humide de Sebkha Oum Erraneb, Chott Ain Beida et Sebkha Sefioune dans la cuvette de Ouargla.

### **II-5- Règlements**

Comme pour tout projet hydraulique, les projets de REUT doivent répondre à des contraintes de transfert, de stockage et de qualité des eaux (notamment en matière de bactériologie, de salinité et de métaux lourds), donc pour garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures.

#### **II-5-1- Réglementation algérienne**

Loi 05-12 de 4 août 2005 relative à l'eau fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale [1].

Décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Tableaux I et II). Les principaux axes de ce décret sont les modalités de concession d'utilisation des EUE, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter...), les contrôles sanitaires, le cahier des charges-type relatif à la REUE [011].

#### **II-5-2- Normes internationales**

A l'échelle internationale, la réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue, nombreux associations scientifiques ont mis des recommandations et normes pour

une réutilisation de ces eaux sans danger. Permis ces recommandations nous avons les recommandations OMS, Californienne, USEPA.

### **II-5-1- Normes de réutilisation OMS et Californiennes**

Il existe deux grands groupes de normes : les recommandations de l'O.M.S., 1989 (Tableau III) et la réglementation californienne titre 22, (1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique des eaux usées utilisées doit, selon l'OMS, rester au-dessous de 1000 coliformes fécaux (CF)/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/l. Le Titre 22 californien fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence totale de germes-tests : moins de 2,2 coliformes totaux (CT)/100 ml [1].

Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à la consommation. L'Afrique du Sud exige une qualité d'eau potable pour cette application, l'état d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique [6].

Certains pays comme l'Australie, l'Italie, le Canada, et certains pays du Golfe Arabe adoptent dans les grandes lignes l'approche californienne dans leur réglementation de réutilisation des eaux usées. Dans d'autres pays où la réglementation et les directives nationales de réutilisation des eaux usées n'existent pas, ils font, souvent, référence aux recommandations de l'OMS.

L'OMS a publié en (2006), de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux. L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire.

### **II-5-2- Recommandation USEPA**

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la réutilisation des EUT, intitulées « Guidelines for Water Reuse ». Contrairement à l'OMS, ces recommandations ne sont pas basées sur des études épidémiologiques ni sur une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Ces normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes. Dans ces

recommandations plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la Demande Biologique en Oxygène (DBO5), la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux.

Les trois recommandations (OMS, USEPA et Californienne) s'opposent à plusieurs niveaux. Une des différences concerne le niveau de traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de stabilisation, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôle varient aussi : alors que l'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, l'USEPA recommande le comptage des coliformes totaux comme unique contrôle de la qualité microbiologique. En général, l'OMS est taxée d'être trop laxiste, et l'USEPA de préconiser des traitements trop chers et trop technologiques, inaccessibles aux pays en voie de développement.

**Tableau I** : Recommandations microbiologique pour la REUE en Algérie.

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (œufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	<1	Seuil Recommandé <1000
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

**Tableau II** : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture.

	<u>Paramètres</u>	<u>Unité</u>	<u>CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE</u>
<b><u>Physiques</u></b>	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0-3 CE		0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
	12-20 20-40	ds/m	1.3 3
<b><u>Chimiques</u></b>	DBO <sub>5</sub>	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5
<b><u>Eléments toxiques (*)</u></b>	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	/
	Fer	mg/l	/
	Phénols	mg/l	0.002
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
Molybdène	mg/l	0.05	

	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0

(\*) : Pour type de sols à texture fine, neutre et alcalin.

**Tableau III:** Recommandations microbiologiques de l’OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l’irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Condition de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux <sup>a</sup> (nbre, d’œuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre/100 ml) moyenne géométrique <sup>b</sup>	Procédé de traitement susceptible d’assurer la qualité microbiologique voulue
<b>A</b>	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles consommateurs, public	<=1	<= 1000 <sup>d</sup>	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
<b>B</b>	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d’arbres	Ouvriers agricoles	<=1	Aucune norme n’est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé d’élimination des Helminthes et des coliformes intestinaux
<b>C</b>	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d’irrigation, mais au moins sédimentation primaire.

a, Espèce Ascaris et Trichuris et ankylostomes.

b, Pendant la périodes d'irrigation.

c, une directive plus stricte (<200 coliformes intestinaux par 100ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

d, Cette recommandation peut être assouplie quand les plantes comestibles sont systématiquement consommées après une longue cuisson.

e, dans le cas d'arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

### **Conclusion**

En zone urbaine et périurbaine, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble

# *Chapitre III*

## *Matériels et Méthodes*

### **III-1 L'Introduction**

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter l'objectif principal de l'étude réutilisation des eaux usées pour l'irrigation en est de démontrer le potentiel pour valoriser en toute sécurité des eaux usées traitées avec filtration sur sable à des fins agricoles.

Le projet consiste à préparer trois parcelles d'alfla (luzerne) qui seront irriguées avec trois types d'eau :

- Eau potable pour l'irrigation conventionnelle (eau de forage)
- Des eaux épurées actuellement par lagune aérée
- Les eaux épurées avec traitement tertiaire (filtration sur sable).

Pour mettre en œuvre l'expérience, un dispositif de filtration (filtre à sable) Fusion apportera le traitement tertiaire aux eaux usées actuellement traitées par la STEP de Saïd otba la ville de Ouargla. Cette eau sera alors stockée et utilisée pour l'irrigation Par Planches. Les trois types d'eau (eaux de forage, les eaux usées traitées et les eaux passe par le filtre à sable) seront utilisées pour irriguer de façon identique les parcelles similaires et permettons de comparer la croissance des cultures, les métaux lourds et les composés organiques dans l'eau, le sol et les plantes.

### **III -2 Choix du site expérimental :**

Le choix de la station d'épuration (SAID OTBA) comme lieu de notre expérimentation Était en fonction des objectifs du sujet visant la présence des surfaces parcelles pour fait mont étude ainsi que :

- Sa situation géographique à proximité d'Ouargla
- Ce site et à proximité des zones potentielles de développement agricole.
- Le site équipé par un réseau d'irrigation d'eau épure.
- La station équipée avec un laboratoire des analyses
- La station équipée par unité d'irrigation
- La station équipée par des réservoirs de stockages des eaux

### **III-3-Choix de la culture à étudier : La luzerne**

#### **III-3-1-Définition**

Plante fourragère de la famille des Fabacées, son nom latin est *Medicago Sativa L.* la luzerne est le fourrage le plus important en Algérie, il s'agit d'une culture très bien adaptée au climat Saharien et très productive. Elle constituée le fourrage le plus utilisé dans l'alimentation du bétail. Elle peut produire dans des bonnes conditions, jusqu'à 100 tonnes de vert par hectare (BAAMEUR, 1998).

La luzerne, planté enrichissante du sol, dont le taux de matières sèches est ainsi rapidement porté à (18 à 20%) en calcium, en carotène, et en vitamines, elle offre une valeur alimentaire moyenne de 0.8 à 0.9 UFL au kilo/MS, supérieure à celle des fourrages fanés ou ensilés (RENAUD, 2002).

### III-3-2 Végétation et croissance

La température maximale autorisant la croissance est de l'ordre de 37°C, où la luzerne accuse un net fléchissement de production pendant les mois d'été en Afrique du Nord.

La température minimale au dessous de laquelle la plante suspend son activité définit une autre limite le zéro de végétation est de l'ordre de 8 à 9 °C (CHAABENA, 2001).

Les températures élevées dans le sol pourraient réduire fortement ou empêcher la fixation de l'azote atmosphérique par les nodosités avec comme conséquence une limitation de la productivité de la qualité, de la pérennité (MAURIES, 2003).

Les températures extrêmes diminuent la croissance de la plante par leurs actions la photosynthèse et les translations.

L'effet combiné de la lumière et la température permet d'expliquer les variations journalières et la fixation par leur influence sur la quantité des glucides arrivant aux nodosités (JUERY, 1987)

### III-3-3 Exigences édaphiques

Naturellement les meilleurs résultats sont obtenus dans des sols profond sains et calcaire qui lui permettent de développer son enracinement bonne réserve hydrique et pas trop acides pour un bon fonctionnement de la symbiose avec le *Rhizobium meliloti* (bactérie fixatrice de l'azote de l'air).

MOREL, 1988, dit que la population microbienne est sensible aux variations de pH chaque espèce présentant son activité maximale entre des limites de pH déterminées.

Le pH proche ou supérieur de la neutralité ( $\text{pH} \geq 6.8$ ) (ITCF, 1998) est le meilleur pour la luzerne. Selon TOUTAIN, 1977 et CHAABENA, 2001, la luzerne s'intègre très bien dans la majorité des rotations, c'est une très bonne tête d'assolement pour les céréales. Elle est dotée d'un système racinaire assez développé pouvant descendre à plus de 2m de profondeur (maximum entre 40 et 120 cm) lui confèrent une bonne résistance a la sécheresse (ITCF, 1998). MARBLE, 1993 signale que la luzerne dans les zones arides se développe, persiste et croît sur les sols sableux à une profondeur supérieure à 2 m.

A cause de la symbiose entre la luzerne et les bactéries *Rhizobium Meliloti*, la luzerne n'exige pas l'amendement de l'azote. L'apport d'engrais azoté peut entraîner une réduction des nodosités, donc une moindre fixation d'azote atmosphérique (SICA France MAIS, 1990).

La luzerne exige les amendements phosphoriques d'une façon assez importante, la meilleure façon d'apporter l'acide phosphorique et de l'appliquer en localisation entre 2,5 et 05 cm en dessous de la semence lors de semis (SICA France MAIS, 1990).

La potasse est l'élément le plus important, même si les besoins sont peu importants.

L'action indispensable du calcium, magnésium, soufre et le bore sur la nutrition de la plante est in négligeable.

### **III-3-4-Exigences hydriques**

Selon CHAABENA, 2001, la luzerne est très exigeante en eau pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1000 grammes d'eau. Elle exige entre 12000 à 13000 m<sup>3</sup>/ha pour une année de culture. Son enracinement pivotant, qui peut atteindre 02 m de profondeur, lui permettant de résister à la sécheresse.

### **III-4 La filtre à sable**

Le filtre à sable est un moyen écologique de traitement des effluents relativement simple et peu coûteux. Son principe est de faire percoler de l'eau à travers un massif de sable.

Pour schématiser, les grains de sable forment une couche qui est traversée par l'eau et va arrêter par simple effet de tamisage les particules les plus grosses que les intervalles entre les grains. Des particules plus petites seront également retenues par effet de paroi sur la surface des grains si au fur et à mesure du cheminement dans le filtre elles touchent un grain.

Le pouvoir d'arrêt du filtre sera d'autant plus grand que le diamètre des grains sera faible et que le temps de séjour des particules sera plus long.

### **III-4-2- Les différents types de filtration**

Il existe plusieurs types de filtre à sable pour le traitement des eaux potables et l'eau usée. Chaque méthode est en fonction de l'objectif à atteindre à la fin du processus. Dans ce chapitre on s'intéresse à définir la filtration lente et rapide comme étant les techniques les plus utilisées dans le domaine de la production de l'eau potable.

#### **III-4-2-1 Filtration lente**

La filtration lente est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h. Le matériau filtrant le plus utilisé est le Sable.

Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par la diminution du Nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et

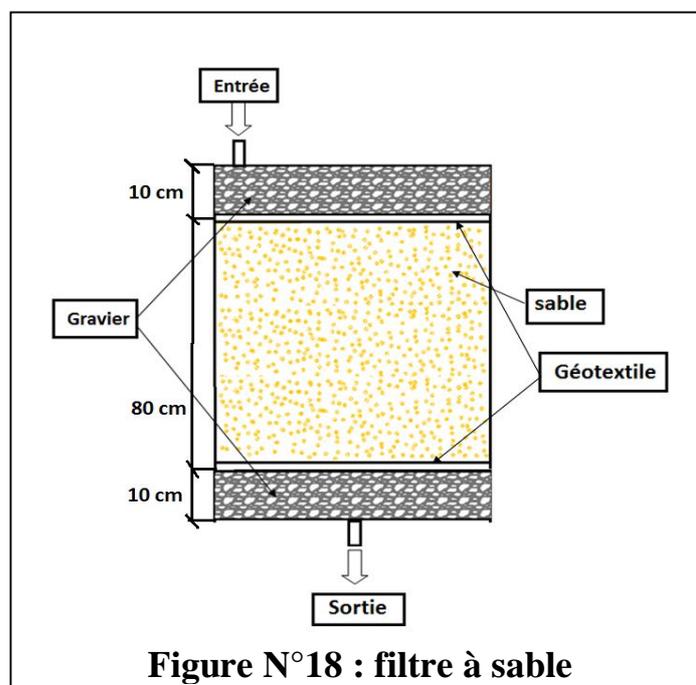
Colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. A la surface du lit se trouve une mince Couche appelée "membrane biologique" ou « bio film ».

### III-4-2-2 Filtration rapide

La filtration rapide est un processus physique qui consiste à filtrer l'eau sur différentes couches de sables afin d'enlever les solides en suspension dans l'eau. Cette technique est très abondante parce que les filtres de sables rapides peuvent traiter des débits assez élevés et sollicitent peu d'espace pour fonctionner. Durant la filtration, le taux d'écoulement de l'eau peut aller jusqu'à 20 mètres par heure. On distingue deux types de filtration rapide : la filtration ouverte et la filtration fermée sous pression.

Les sables ayant une petite taille effective et une faible masse volumique se positionnent à la surface du filtre, au-dessous desquels se trouvent des sables de granulométrie croissante. Cette combinaison permet la rétention des solides en suspension dans l'eau sur la couche de sable fin, ce qui facilite le captage des impuretés par cette couche et par le sable sous-jacent.

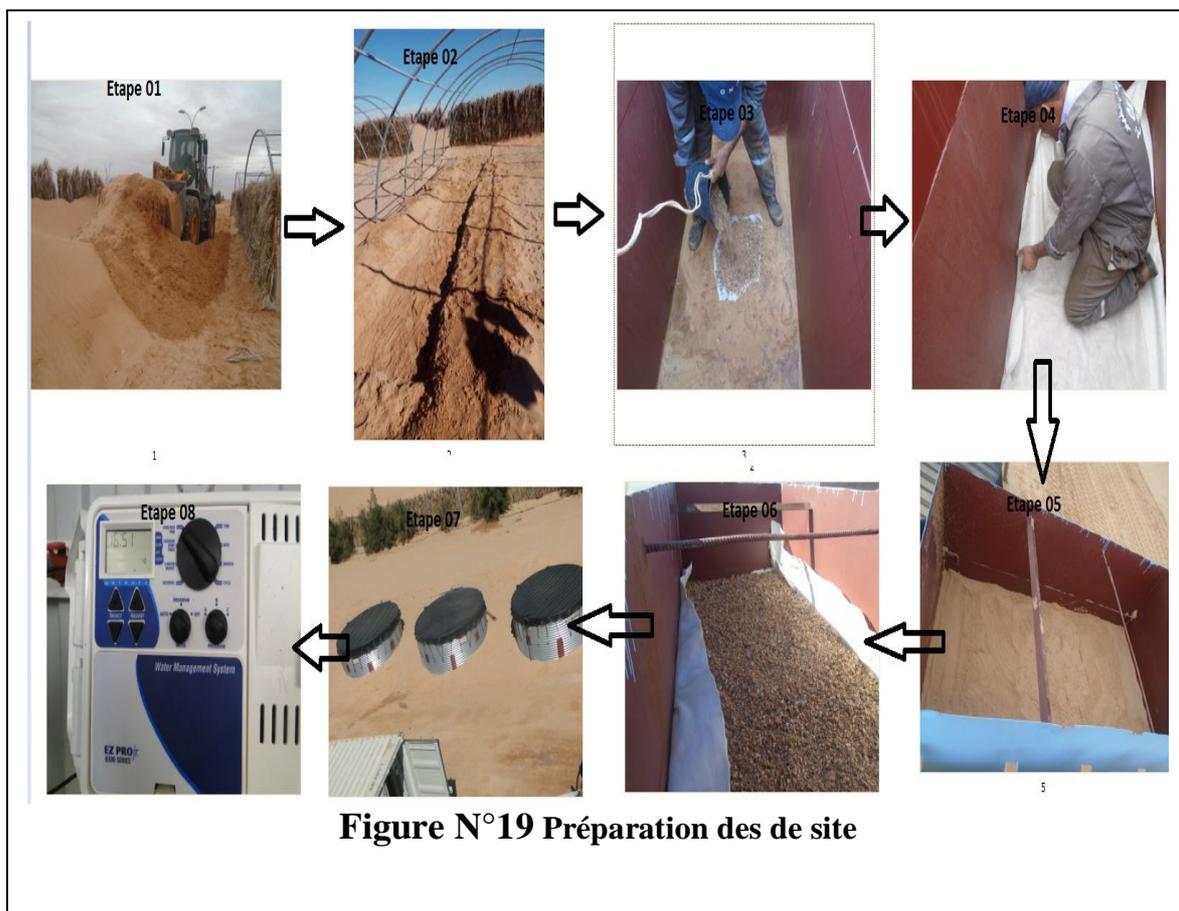
L'utilisation des graviers au fond des filtres est nécessaire, parce que les graviers adoptés sont calibrés de manière à s'opposer à la pénétration du sable, tout en assurant à l'eau l'écoulement libre vers les drains inférieurs.



### III-4-2-3-Préparation de site :

- 1- Enlèvement de sable accumulée à cause de vent sable (étape 01)

- 2- Préparation les trois parcelles identique les dimensions de chaque parcelle 1.5 \*7 m (étape 02)
- 3- Préparation de filtre à sable
  - Nettoyage de support de filtre (étape 03)
  - Remplir avec de gravier et sable des dunes (étape 06+05)
  - Mais la séparation entre les couches de gravier et sables avec géotextile (étape04)
- 4- Remplir les réservoirs de stockage (étape 07)
- 5- Programmée l'unité d'irrigation (étape 08)
- 6- Le semis a été effectué manuellement à raison faire d'une façon traditionnelle de variété à une profondeur ne dépassant pas 1cm. Les semences sont bien couvertes et tassées afin de favoriser un meilleur contact le sol avec les graines.



### III-5 Le régime d'irrigation

Le régime d'irrigation c'est l'ensemble du nombre de doses et des dates d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures cultivées, au cours de toute leur période de végétation, dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

### III.6. Besoins d'irrigation de la culture

Le besoin en eau d'irrigation, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci.

### III-7-Dose d'irrigation :

Pour évaluer des besoins en eau des plantes cultivée et détermination les doses et de la fréquence des arrosages, ont utilisé un programme format Excel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), Ce programme permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales. [07]

Ce programme a été réalisé par (ITDAS) et l'aide centre arabe d'étude les zones arides et les terres sèches.

Toute les données concernent la luzerne résumée dans le document FAO N° 56. Dans les Page N° (107-112-139-144-149-164-179). Annexe n° :2

La formule de Penman-monteth pour le calcul d'évapotranspiration

### III-7-1 L'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois, l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Donc on le considérant comme la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir, l'eau de constitution, l'eau de végétation et les consommations annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes.....)

#### III-7-1-1 L'évapotranspiration de référence (potentielle) :(ET0 ou ETP)

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

On peut la définir comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

**III-7-1-2 L'évapotranspiration réelle :(ETR)**

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Il est donné par l'expression :

$$ETR = KC \times ET_0$$

Avec :

KC : le coefficient cultural dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

**I.1.1.1 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub> ou ETP)**

Il existe plusieurs formules empiriques parmi lesquelles :

- Formule de Blaney-Criddle
- Formule de Turc
- Formule d'Ivanov. (URSS)
- Formule de Penman
- Formule de Messahel.

Permis ces formules on explore la méthode suivante :

**La Méthode de Penman et Monteith**

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} v (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 v)}$$

ET<sub>0</sub> : évapotranspiration de référence (mm/jour),

R<sub>n</sub> : rayonnement net (Méga joule/m<sup>2</sup>/jour)

T : température moyenne quotidienne de l'air à 2m (°C),

G : flux de chaleur dans le sol (MJ /m<sup>2</sup>/ jour)

Δ : pente de la courbe de la tension de vapeur saturante (kPa/°C),

γ : Constante psychrométrique (kPa/°C),

e : tension de vapeur mesurée (kPa),

e<sub>s</sub> ; tension de vapeur saturante (kPa),

v : vitesse du vent à 2m (m/s).

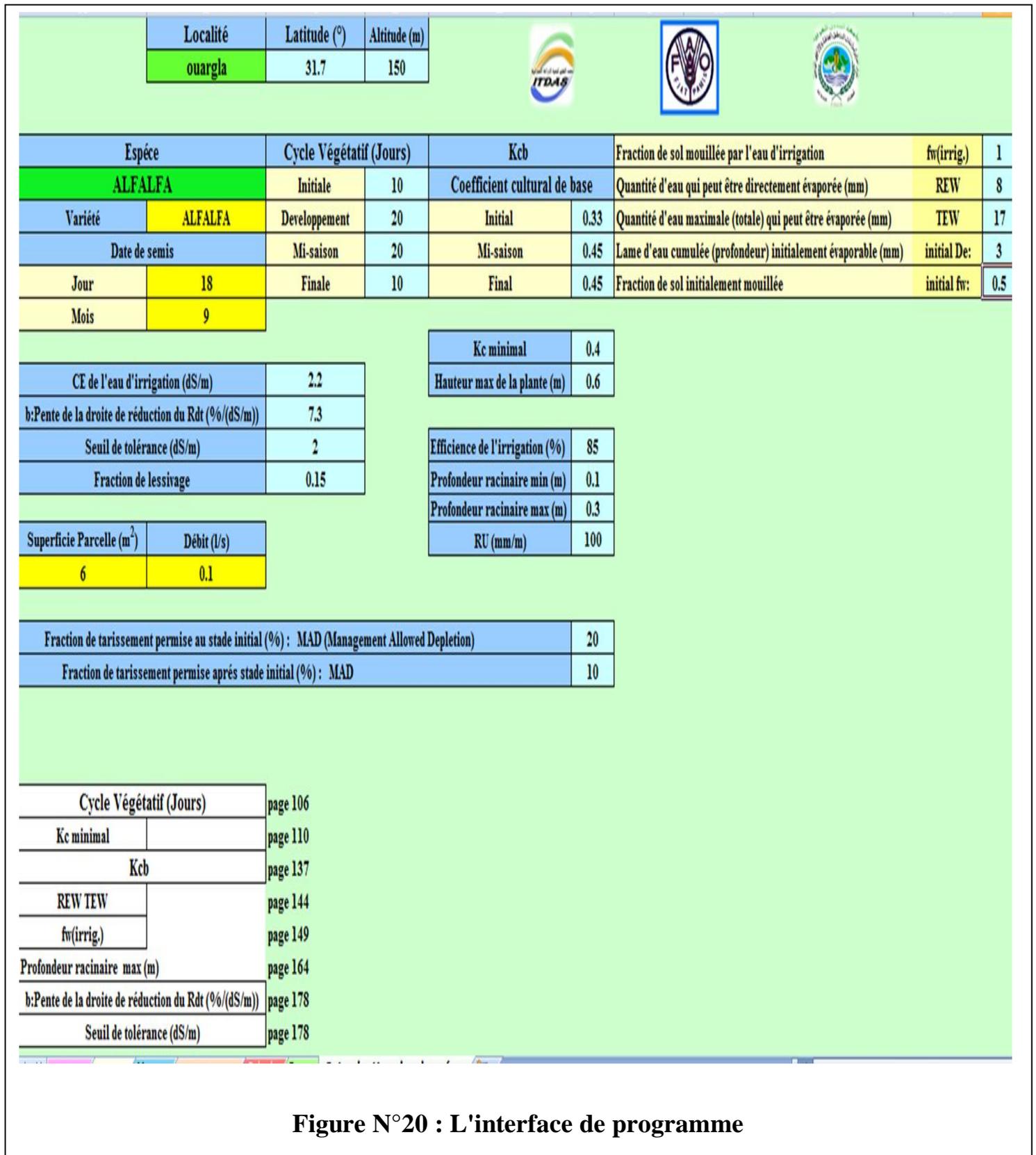


Figure N°20 : L'interface de programme

**Tableau N°04** : Le calendrier d'irrigation résumée dans le tableau suivant pour l'eau épurée

(traitée).

Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )
2	15	0.00	3	15	0.00	4	12	0.2
2	16	0.20	3	16	0.20	4	13	0
2	17	0.00	3	17	0.00	4	14	0
02	18	0.00	3	18	0.00	4	15	0.2
2	19	0.10	3	19	0.30	4	16	0
2	20	0.00	3	20	0.00	4	17	0
2	21	0.10	3	21	0.00	4	18	0.2
2	22	0.00	3	22	0.30	4	19	0
2	23	0.20	3	23	0.00	4	20	0
2	24	0.00	3	24	0.00	4	21	0.2
2	25	0.00	3	25	0.30	4	22	0
2	26	0.20	3	26	0.00	4	23	0
2	27	0.00	3	27	0.00	4	24	0.2
2	28	0.00	3	28	0.20	4	25	0
3	01	0.20	3	29	0.00	4	26	0
3	02	0.00	3	30	0	4	27	0.2
3	03	0.00	3	31	0.2	4	28	0
3	04	0.20	4	1	0	4	29	0
3	05	0.00	4	2	0.1	4	30	0.2
3	06	0.00	4	3	0	5	1	0
3	07	0.20	4	4	0.1	5	2	0
3	08	0.00	4	5	0	5	3	0.3
3	09	0.00	4	6	0.2	5	4	0
3	10	0.20	4	7	0	5	5	0
3	11	0.00	4	8	0	5	6	0.3
3	12	0.00	4	9	0.2	5	7	0
3	13	0.20	4	10	0	5	8	0
3	14	0.00	4	11	0	5	9	0.2

**Tableau N°05 : Le calendrier d'irrigation résumée dans le tableau suivant pour l'eau épurée filtrée**

Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )
2	15	0.00	3	15	0.00	4	12	0.2
2	16	0.20	3	16	0.20	4	13	0
2	17	0.00	3	17	0.00	4	14	0
2	18	0.10	3	18	0.00	4	15	0.2
2	19	0.00	3	19	0.30	4	16	0
2	20	0.10	3	20	0.00	4	17	0
2	21	0.00	3	21	0.00	4	18	0.2
2	22	0.20	3	22	0.30	4	19	0
2	23	0.00	3	23	0.00	4	20	0
2	24	0.00	3	24	0.00	4	21	0.2
2	25	0.20	3	25	0.30	4	22	0
2	26	0.00	3	26	0.00	4	23	0
2	27	0.00	3	27	0.00	4	24	0.2
2	28	0.20	3	28	0.20	4	25	0
03	01	0.00	3	29	0.0	4	26	0
03	02	0.00	3	30	0	4	27	0.2
03	03	0.20	3	31	0.2	4	28	0
03	04	0.00	4	1	0	4	29	0
03	05	0.00	4	2	0.1	4	30	0.3
03	06	0.20	4	3	0	5	1	0
03	07	0.00	4	4	0.1	5	2	0
03	08	0.00	4	5	0	5	3	0.3
03	09	0.20	4	6	0.2	5	4	0
03	10	0.00	4	7	0	5	5	0
03	11	0.00	4	8	0	5	6	0.3
3	12	0.20	4	9	0.2	5	7	0
3	13	0.00	4	10	0	5	8	0
3	14	0.00	4	11	0	5	9	0.2

**Tableau N°06 : Le calendrier d'irrigation pour l'eau de forage résumée dans le tableau suivant**

Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )	Mois	Jour	D/Parcelle (m <sup>3</sup> )
2	15	0	3	15	0.2	4	12	0.2
2	16	0.1	3	16	0	4	13	0
2	17	0	3	17	0.2	4	14	0.2
02	18	0	3	18	0	4	15	0
2	19	0.1	3	19	0.2	4	16	0
2	20	0	3	20	0	4	17	0.3
2	21	0.1	3	21	0.2	4	18	0
2	22	0	3	22	0	4	19	0.2
2	23	0.1	3	23	0.2	4	20	0
2	24	0	3	24	0	4	21	0.2
2	25	0.1	3	25	0.2	4	22	0
2	26	0	3	26	0	4	23	0.2
2	27	0.1	3	27	0.2	4	24	0
2	28	0	3	28	0	4	25	0.2
03	01	0.1	3	29	0.2	4	26	0
03	02	0.1	3	30	0	4	27	0.2
03	03	0.1	3	31	0.2	4	28	0
03	04	0.1	4	1	0	4	29	0.2
03	05	0.1	4	2	0.2	4	30	0
03	06	0	4	3	0	5	1	0.2
03	07	0.1	4	4	0.2	5	2	0
03	08	0.1	4	5	0	5	3	0.2
03	09	0.1	4	6	0.2	5	4	0
03	10	0.1	4	7	0	5	5	0.2
03	11	0.1	4	8	0.2	5	6	0
3	12	0	4	9	0	5	7	0.2
3	13	0.2	4	10	0.2	5	8	0
3	14	0	4	11	0	5	9	0.2

### **III-8- Technique d'irrigation :**

Dans notre travail on a choisit l'irrigation par planches cette méthode consiste à laisser l'eau s'écouler en nappe le long d'une bande de terre, délimitée entre les rangées la plante et dans le sens de la pente par de petites digues. du canal d'amenée, l'eau imbibe d'abord la partie amont de l'élément, et ce n'est qu'au bout d'un certain temps que l'aval commence.

### **III-9- l'analyse physico-chimique des eaux usée**

Les composés que l'on trouve dans les eaux usées sont très nombreux. Pour déterminer le degré de pollution, on ne peut pas identifier la totalité des composés chimiques présents. On fait plutôt appel à des paramètres globaux de pollution applicables à tous les types d'eau. Ces paramètres globaux mesurés par les analyses courantes, correspondent aux principaux polluants et ce sont eux que l'on va trouver dans les normes de rejet.

#### **III-9-1-Prélèvement et échantillonnage de l'eau**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau conditionne les résultats analytiques et les interprétations pour ne pas y modifier les caractéristiques physicochimiques d'eau.

Dans notre cas, nous avons effectué le prélèvement de l'échantillon d'eau à l'entrée et à la sortie de la S.T.E.P de Ouargla. L'opération s'est faite manuellement à l'aide d'un petit récipient qui est ensuite transvasé dans des bouteilles avant de prendre l'échantillon au laboratoire de la station d'épuration pour effectuer les analyses appropriées.

La fréquence d'échantillonnage a été de l'ordre d'une à Cinq fois par semaine pour les analyses de pH, conductivité électrique, salinité, température, oxygène dissous

La fréquence d'échantillonnage a été de l'ordre d'une à trois fois par mois pour les analyses de, DBO5, DCO, MES. Les mesures ont été effectuées (05) Cinq fois dans les deux mois (mars ; avril 2018) à cause de manque des réactifs. Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de la station de d'épuration SAID OTBA OUARGLA.

#### **III-9-2 Méthodes utilisés**

##### **III-9-2-1 Détermination des matières en suspension (M.E.S)**

###### **III-9-2-1-1 But de l'analyse**

Il s'agit de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau usée.

###### **III-9-2-1-2 Principe**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée. Le taux des MES est donnée par l'expression suivante

$$\text{MES} = 1000(\text{M1}-\text{M0}) / \text{V}$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de filtre contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml)

### III-9-2-1-3Appareillage

- Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- Filtre.
- Etuve (MEMMERT. UNB).
- Dessiccateur.
- Pompe a vide.

### III-9-2-1-4- Préparation des filtres par l'eau distillée

- Laver le filtre par l'eau distillée.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser

### III-9-2-1-5 Filtration de l'échantillon

- Placer le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration.
- Agiter le flacon d'échantillon.
- Verser un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée.
- Filtré l'échantillon.
- Rincer les parois internes de l'éprouvette graduée avec l'eau distillée
- Retirer avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces.
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser le filtre.

### III-9-2-1-6-Expression des résultats

Le calcul de la teneur en MES est donne par l'expression suivante :

$$\text{MES} = 1000(\text{M1}-\text{M0}) / \text{V}$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).



**Figure N° 21: Unité de filtration  
Avec pompe à vide**



**Figure N°22 : Balance**



**Figure N°23 : Etuve**

### III-9-2-2 La demande chimique en oxygène (D.C.O)

#### III-9-2-2-1-But d'analyse

La mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permet d'estimer le volume de prise d'essai de la DBO<sub>5</sub>.

#### III-9-2-2-2-Principe

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) en milieu acidifié par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ), en présence de sulfate d'argent ( $Ag_2SO_4$ ) et de sulfate de mercure ( $HgSO_4$ ).

Nous avons utilisé :

#### III-9-2-2-3-Appareillage

- Pipette jaugée à 2 ml.
- Spectrophotomètre (DR 2800).
- Réacteur DCO à 150°C (HACH. LANGE).

#### III-9-2-2-4-Réactif

- Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations

#### III-9-2-2-5-Procédure

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO
- Agiter et Placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 148°C.
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Mesurer directement la concentration de la DCO par spectrophotomètre DR 2800.

- Expression des résultats
- La teneur en DCO est donnée en mg/l.

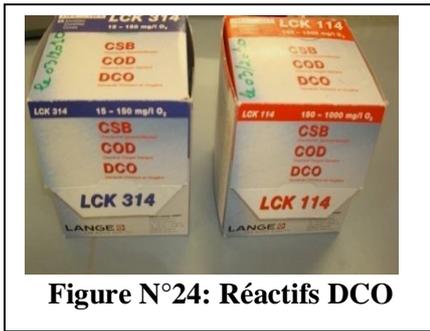


Figure N°24: Réactifs DCO

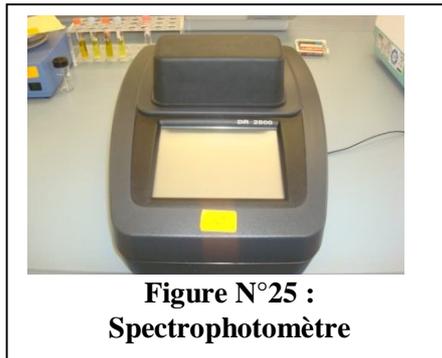
Figure N°25 :  
Spectrophotomètre

Figure N°26 : Réacteur DCO

### III-9-2-3- La demande biologique en oxygène (DBO5)

#### III-9-2-3-1-Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation, en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OxiTop.

#### III-9-2-3-2-Appareillage

- Réfrigérateur conservant une température de 20°C
- Un agitateur magnétique.
- Bouteilles brune de 510 ml.
- OXI TOP
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le CO<sub>2</sub> dégager par le microorganisme).

#### III-9-2-3-3-Procédure

La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO<sub>5</sub> ; Volume de la prise d'essai (DBO<sub>5</sub>) = DCO (mg/l) × 0.80, pour les eaux urbaines.

- Introduit la quantité de l'eau à analyser suivant le tableau. En fonction de la valeur de DCO.

Tableau 07: Volume d'échantillon d'après la DCO.

La charge	DCO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

- Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium
- Visser la tête de mesure sur les bouteilles.
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message (00).
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.
- Expression des résultats
- $DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur}$ .

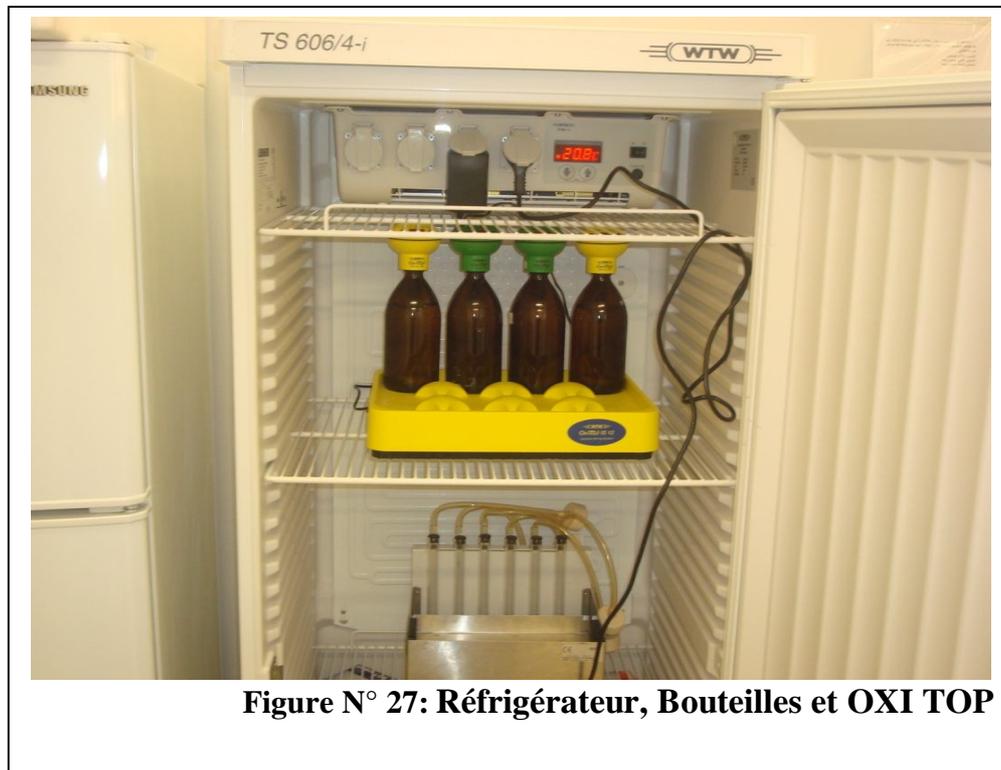


Figure N° 27: Réfrigérateur, Bouteilles et OXI TOP

### III-9-2-4-Détermination de la conductivité électrique, de la salinité et de la température

#### III-9-2-4-1- Principe

La mesure de la conductivité électrique, de la salinité et de la température a été faite à l'aide d'un conductimètre de poche (Cond 340i).

#### III-9-2-4-2-Appareillage

- Conductimètre de poche Cond 340 i
- Pissette eau déminéralisé.
- Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.

#### III-9-2-4-3-Procédure

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire la CE et la salinité et la température des stabilise de celle-ci.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

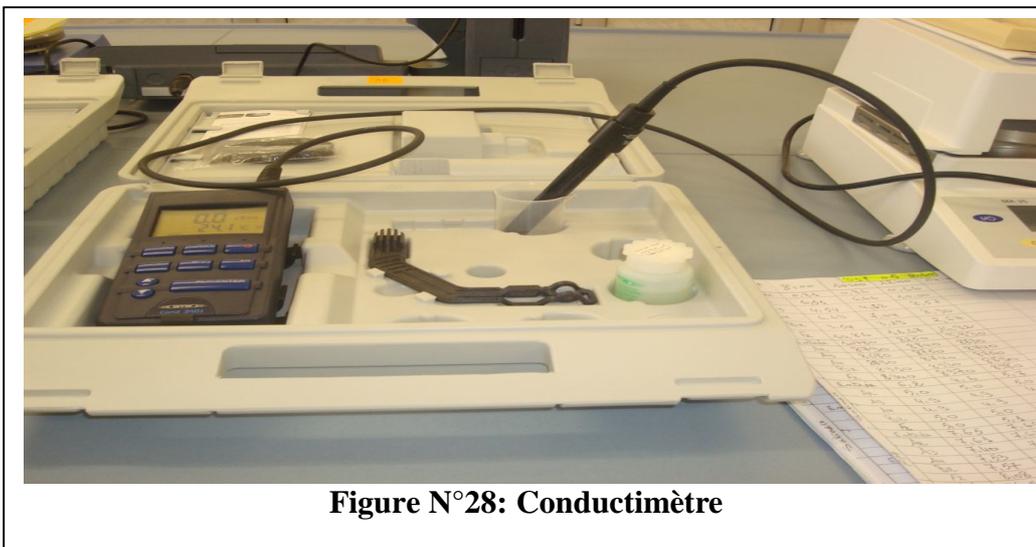


Figure N°28: Conductimètre

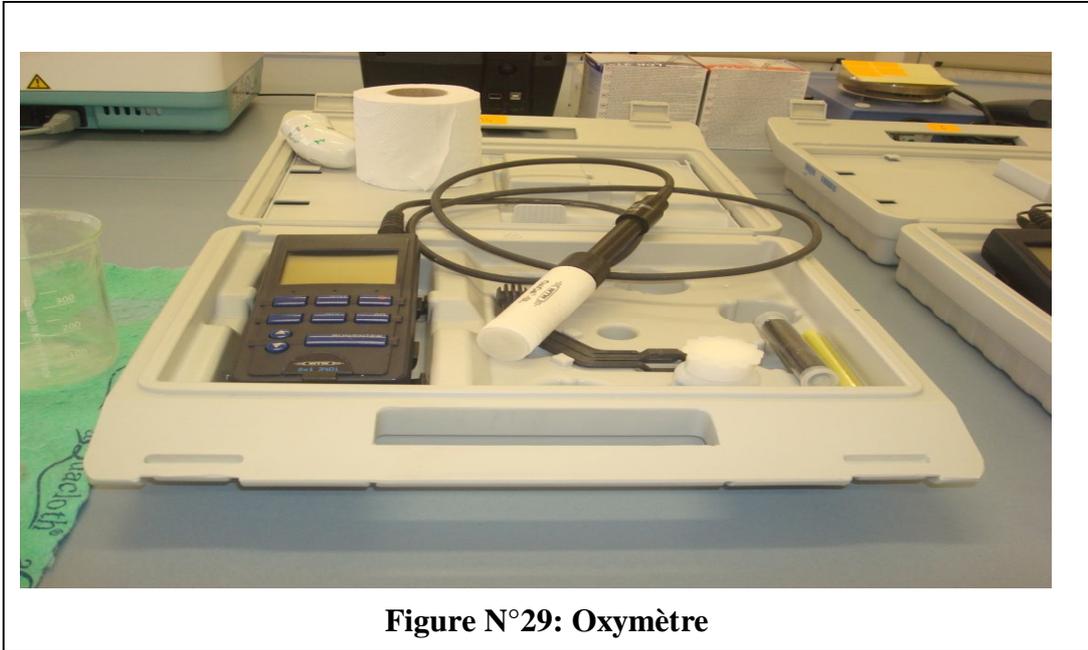
### III-9-2-5-Détermination de l'O<sub>2</sub> dissous

#### III-9-2-5-1-Principe

Il s'agit d'une mesure ampérométrique d'un courant produit à l'intérieur d'une sonde à oxygène. Cette sonde est constituée d'une cellule fermée par une membrane sélective à l'oxygène. La mesure de l'O<sub>2</sub> dissous a été réalisée grâce d'un oxymétrie (Oxy 340i).

**III-9-2-5-2-Matériel nécessaire**

- Un oxymètre.
- Solution alcaline électrolyte pour calibrage.
- Pissette eau déminéralisé.



**Figure N°29: Oxymètre**

**III-9-2-6-Détermination de pH****III-9-2-6-1-Principe**

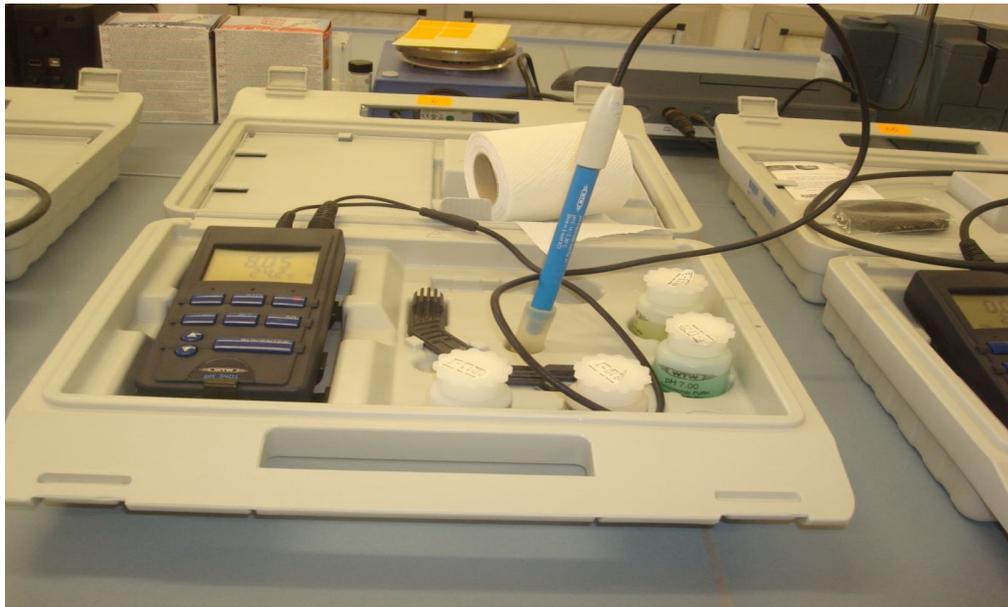
Pour déterminer la valeur de pH de nos échantillons, on a utilisé le système de mesure électrochimique à l'aide du pH-mètre de poche (pH 340i) du laboratoire de la STEP de Ouargla.

**III-9-2-6-2-Appareillage**

- Un pH- mètre portable.
- Solution étalon 4.7 et 10.
- Pissette eau déminéralisé.

**III-9-2-6-3-Procédure**

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire le pH à température stable
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.



**Figure N°30: PH- metre**

### **III-10 Conclusion**

Afin d'atteindre les objectifs cités en introduction nous allons procéder à la caractérisation du matériau filtrant. La mise en place des pilotes de filtration et leur fonctionnement, en suite le suivi de l'abattement des paramètres physico-chimique qui concernent la mesure de température, la conductivité électrique, le pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, et l'analyse bactériologique qui concernent la recherche des germes totaux.

# *Chapitre IV*

## *Résultats et Discussions*

## IV.1. Introduction

La composition chimique d'une eau usée est un aspect très important dans la détermination du degré de pollution de cette eau d'une part et d'autre part elle détermine les possibilités de sa réutilisation pour l'irrigation et d'autres usages après une épuration.

Dans notre travail nous allons étudier :

Détermination du degré de pollution des eaux épurée de la STEP La possibilité de la réutilisation pour l'irrigation.

La comparaison des trois types d'eau (l'eau épurée ; l'eau filtrée et l'eau de forage) dans l'irrigation

La campagne de prélèvement a été réalisée au niveau des trois types d'eau nous avons cité précédemment

L'objectif assigné à cette étude est l'évaluation de l'efficacité de la filtration en utilisant des filtres à sable comme moyen d'épuration physico-chimique des eaux usées.

## IV.2. La présentation et l'interprétation des résultats

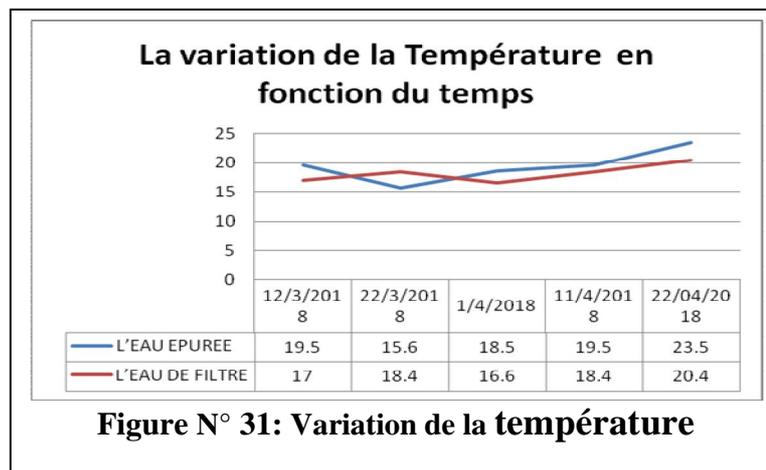
Les résultats d'analyse obtenus vont être comparés avec les normes algériennes des eaux usées (journal officiel de la république algérienne D'après le décret n° 06-141 du 19/04/2006)

### IV.2.1 La température T (°C)

La température est presque constante dans tous les type d'eau analysée, elle ne présente pas une variation remarquable d'un type a l'autre.

Les valeurs enregistrées dans tous les échantillons sont entre 15.6 et 25.0

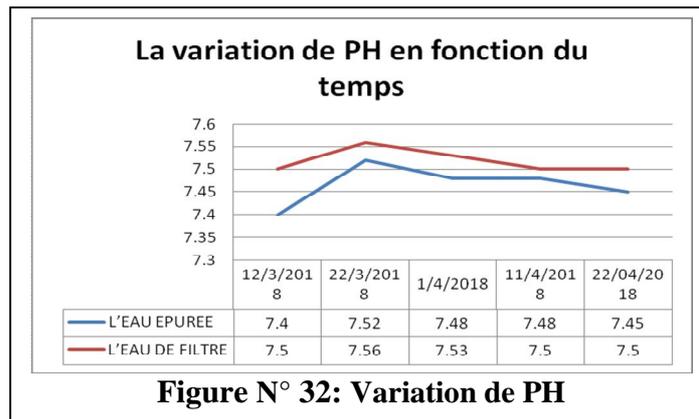
Ces valeurs ne sont pas élevées, donc il n'y pas une pollution thermique au niveau de ces échantillons car les eaux usées qui arrivent à ces stations ne sont pas chaudes et elles sont conforme aux normes de rejet  $\leq 30$  °C ,voila le tracé du deux courbes qui estimer La variation Température.



### IV.2.2 Le pH

Les valeurs de pH varient selon l'origine des eaux usées et la nature géologique de terrain.

Le pH ne varie pas beaucoup dans tous les échantillons analysés, il apparaît que dans tous les type d'eau le pH est alcalin ; Les valeurs de pH dans tous les échantillons respectent les normes algériennes de rejet et la réutilisation qui sont comprise entre 7.40 et 8.18 ; nous avons tracée les deux courbes qui estimer La variation PH



### IV.2.3 La conductivité électrique CE

La mesure de la conductivité est un élément très important pour savoir la salinité de ces eaux car la conductivité d'une eau est proportionnelle avec la teneur en sels dissous.

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les échantillons analysés d'irrigation ne pas stable ils varis entre 1400 à 49200  $\mu\text{s.cm}^{-1}$ .

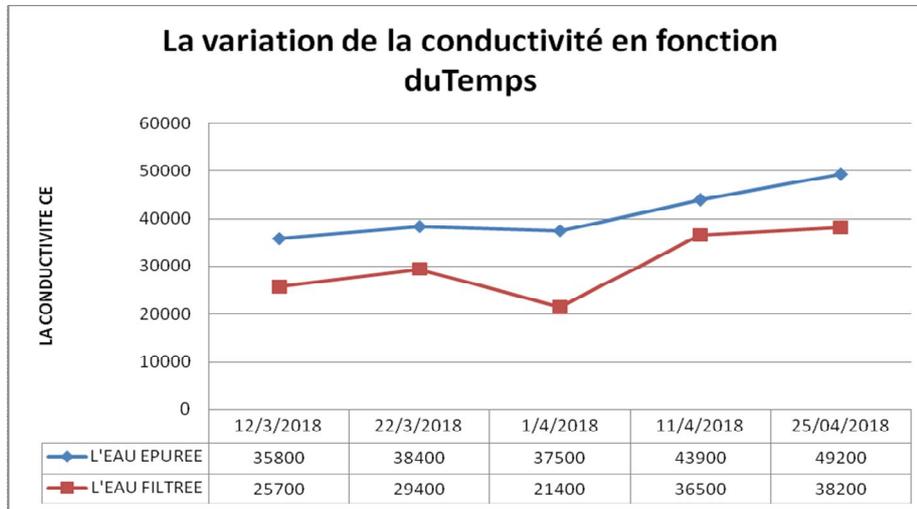
La conductivité électrique mesurée dans l'eau de forge est de l'ordre de 1400  $\mu\text{s. cm}^{-1}$  Pendant que dans les deux autres échantillons (l'eau épurée et l'eau filtrée) la conductivité atteint les valeurs 49200  $\mu\text{s.cm}^{-1}$  dans l'eau épurée, dans l'eau filtrée 38200  $\mu\text{s.cm}^{-1}$ . On a enregistré des valeurs très élevée de la conductivité dans les deux échantillons, qui indique une forte salinité

La valeur de conductivité dans l'eau de forage respecte la norme algérienne la réutilisation qui est inferieur à 3000  $\mu\text{s.cm}^{-1}$

Par contre Les valeurs de conductivité dans les deux autres type (l'eau épurée et l'eau de filtre) ne respectent pas la norme algérienne de la réutilisation qui sont supérieur à 3000  $\mu\text{s.cm}^{-1}$ .

A travers les résultats nous avons tracée les deux courbes qui estimer La variation de la conductivité en fonction du temps est représentée dans figure (33).

On conclue qui le filtre a réussi à réduit la valeur en sels dans l'eau épurée par une valeur de 11000  $\mu\text{s.cm}^{-1}$  mais elle reste insuffisante pour la réutilisation dans le domaine d'irrigation voir la figure N°33



**Figure N° 33: variation de la conductivité**

#### IV.2.4 La demande chimique en oxygène DCO

Les résultats d'analyses du paramètre DCO, montrent les valeurs enregistrées dans plusieurs dates de prélèvement.

Pour les deux types d'eau non conventionnel ; les résultats enregistrés pour l'eau épurée qui sont comprise entre (92.8-119 mg/l) qui est relativement acceptable pour les normes algériennes de rejet qui sont inférieure de 120 mg/l.

Mais par rapport aux normes algériennes de la réutilisation Les résultats enregistrée sont dépasse la norme qui sont supérieur a 90 mg/l.

Mais par contre Les résultats enregistrés pour les eaux filtrées qui est sont acceptable pour les normes algériennes de rejet et de la réutilisation qui sont inférieure de 90 mg/l.

A partir des résultats des valeurs du DCO nous allons dresser les courbes de variation de DCO et en fonction de temps qui sont représenté dans la figure (34)

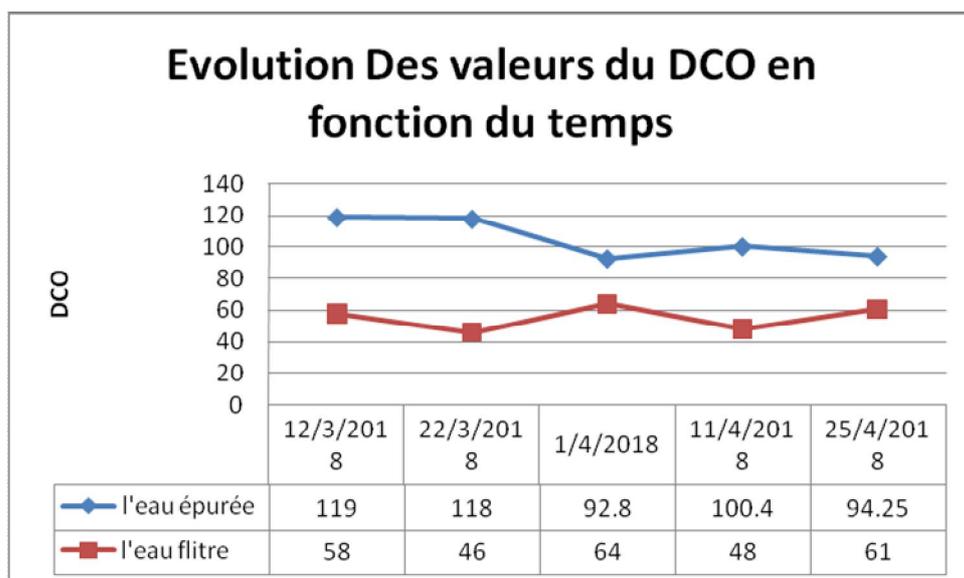


Figure N° 34: variation de la DCO

Nos remarquant que le filtre a réussi à réduire la valeur de demande chimique en oxygène par une valeur minimale de 30 mg/l, donc on peut utiliser le filtre comme un moyen de traitement pour la diminution de la DCO

#### IV.2.5 La demande biologique en oxygène DBO<sub>5</sub>

La demande biologique en oxygène, est la quantité d'oxygène en mg/l consommée pour épurée biologiquement l'eau en cinq jours à 20 °C.

Les résultats d'analyse de DBO<sub>5</sub> pour l'eau épurée nous trouvent de valeur ne respecte pas la norme de rejet et de la réutilisation

Mais pour les deux autres types d'eau de forage et l'eau filtrée sont acceptables pour la norme de rejet de la réutilisation qui sont :

- Pour la norme de rejet inférieure à 35 mg/l
- Pour la norme de rejet de la réutilisation inférieure à 30 mg/l

A partir des résultats des valeurs de DBO<sub>5</sub> nous allons dresser les courbes de variation de DBO<sub>5</sub> en fonction de temps qui sont représentées dans la figure (35)

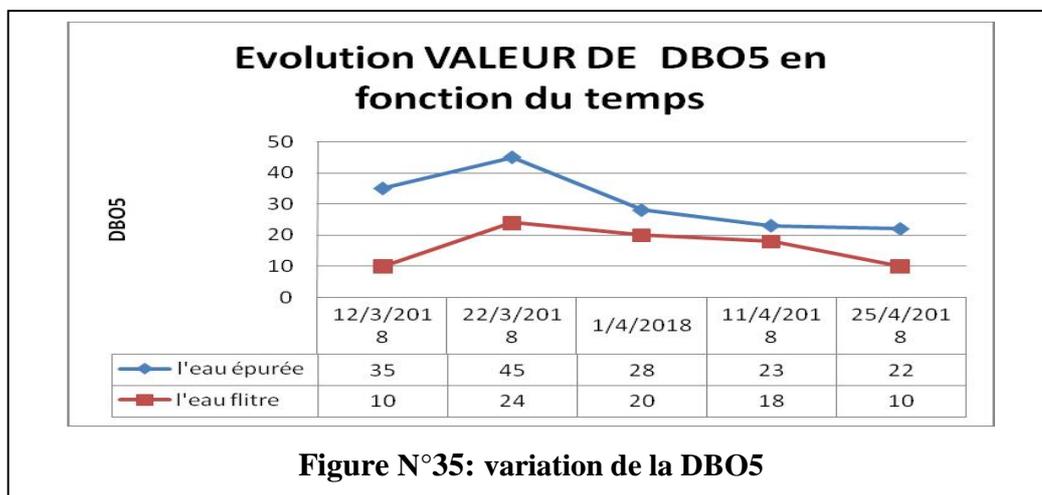


Figure N°35: variation de la DBO<sub>5</sub>

Nos remarquant qui malgré la grande variation des valeurs du DBO5 pour l'eau épurée il reste stable à la sortie de filtre est conforme aux normes de rejet et de la réutilisation

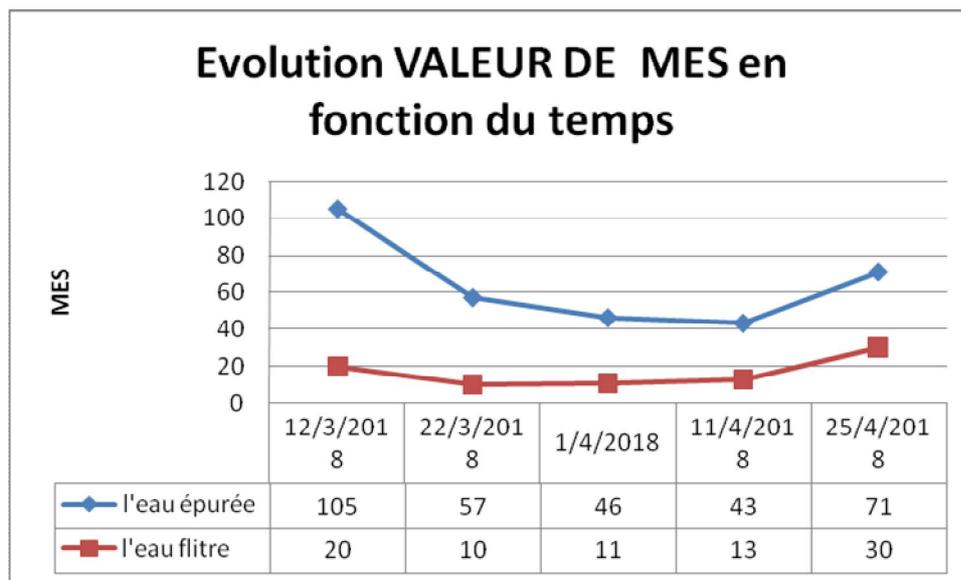
**IV.2.6 La matière en suspension MES**

Les matières en suspension peuvent être d'origine minérale à savoir le sable, limon, argiles, etc. ou organique, représentées par les produits de la décomposition des matières végétale ou animale.

On constate que pour les deux type d'eau (l'eau forage et l'eau filtrée) la quantité de la matière en suspension respecte les normes algériennes de rejet et la réutilisation qui sont inferieur de 30 mg/l.

Pendant que l'eau épurée dépasse les normes algériennes de rejet et la réutilisation, elles varient entre 105et 43 mg/l. Cela est à couse de l'augmentation de quantité d'algues dans cette période

A partir des résultats des valeurs du MES nous allons dresser les courbes de variation de MES et en fonction de temps qui sont représenté dans la figure (36)



**Figure N°36: variation de la MES**

Nos remarquant clairement que le filtre à réduit Les matières en suspension dans l'eau épurée et a données une efficacité très grande et nous trouves les résultats sont conforme aux normes de rejet et de la réutilisation à la sortie de filtre

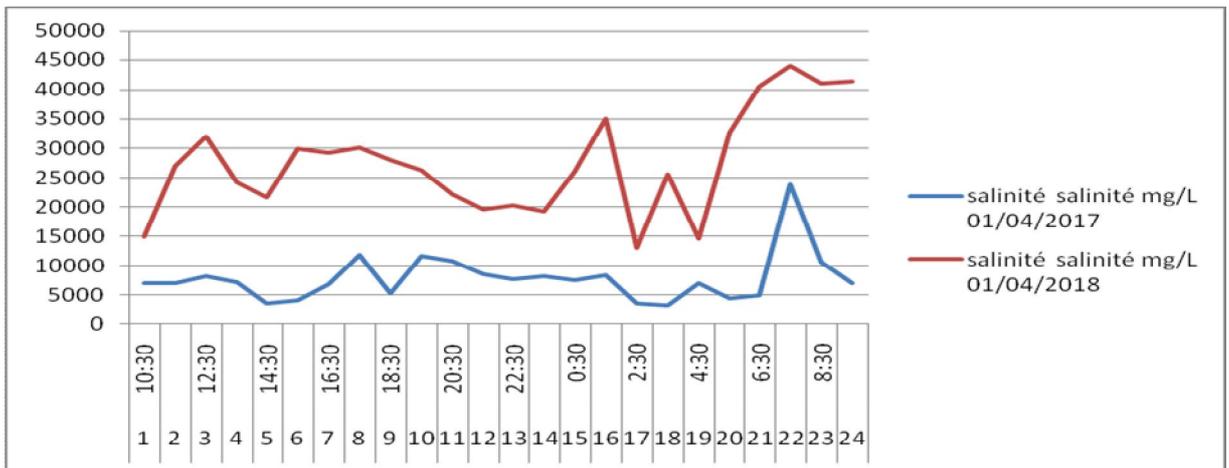
**IV.3 L'impacte de taux de salinité dans l'eau sur la plante**

Cette étude avait donc pour objet d'évaluer et comparée l'état de développement la plante luzerne irrigués par les trois types d'eau, malheureusement qui le plant dans notre étude ne pas donnée les résultats espéré dans le deux type d'eau non conventionnelle (l'eau épurée et l'eau

filtrée), après avoir examiné les résultats cités précédemment qui sont enregistrés au cours des deux dernières années on a remarqué que La salinité était largement élevée a cause du :

- Le rejet de 09 stations de déminéralisation (rejet des saumures) dans le réseau d'égouts
- Déversement d'eaux de drainage dans le réseau d'égouts

La courbe suivante montre la variation de taux de salinité enregistrés dans le même jour pour les années précédant en 2017 et 2018 qui sont représenté dans la figure (37)



**Figure N° 37: La variation de taux de salinité enregistrés dans le même jour 2017 et 2018**

#### IV.4. Conclusion

D'après les résultats d'analyse obtenue dans notre cas on conclue que les eaux épurées de la STEP Saïd otba d'Ouargla et les eaux épurée filtrée dépassent les normes la réutilisation, malgré. Ces eaux qui contiens des taux de sel très élève qui est engendrée un impacte négatif sur le plant et l'environnement.

## Conclusion générale

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays sec, aux faibles ressources hydriques. La recherche de ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées et d'alternatives pour une utilisation plus efficiente et présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants, ainsi que des effets négatifs, à savoir la salinisation des horizons, dégradation de la qualité de sol liés aux qualités physico-chimiques des EUT .

L'objectif visé par cette étude est d'éclairer l'importance de l'opération de la filtration biologique et la réutilisation dans L'agriculture. Il s'agit d'une pratique qui a des influences sur l'environnement, l'économie du la wilaya et la santé humaine.

nous pouvons tirer que l'utilisation des sables de dune, peut être sérieusement envisagé pour résoudre le problème des eaux usées sans avoir recours à des techniques très coûteuses et qui nécessitent des moyens de gestion et de maintenance très importantes.

Ce travail s'est réalisé à partir des pilotes de filtration qui sont un support métallique rempli avec un lit fixe de gravier roulée et de sable de dune (sable de N'GOUSSA la région de Ouargla) qui alimenté par injection périodique (jour) par des eaux épurée de la STEP ; l'efficacité de ce procédé est appréciée à partir de mesures se rapportant aux paramètres physico-chimiques la DCO, la DBO5, MES, le pH, la CE et à l'entrée et à la sortie des filtrées.

Au terme de notre étude, et selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire, nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux filtrées et celles des eaux épurées. Cela reflète le degré d'efficacité de la filtration biologique des eaux usées.

Dans notre dispositif expérimental que nous avons étudié, il a donné des résultats non satisfaisants. Ces derniers ont montré que malgré l'efficacité dans l'élimination de la matière organique, Le filtre à réduit Les matières en suspension dans l'eau épurée et a données une efficacité très grande environ du 30 mg/l à la sortie de filtre, même pour la demande biologique en oxygène il a montre sa capacité de réduit sa valeur commençant dans les premier mois a 20 mg/l

On a reconnaître des problèmes avec le taux de salinité qui dépasse la norme fixe pour l'irrigation

Nos analyses ont mis en évidence un impact d'irrigation par EUEP est les EUEPF qui augmente la teneur en matière organique dans le sol du fait que ces eaux sont pourvues de.

L'ensemble des résultats obtenus constitue une étape vers la compréhension des effets affectant les sols irrigués par la EUEP dans la région de Ouargla.

Il est recommandé

- Éliminé les conduite de drainage dans les réseaux d'assainissement
- Il faut rabattre le niveau de la nappe phréatique.
- Proposé d'autres étude à approfondir sur le problème de salinité qui augmente chaque jour affiner de trouvé la cause de cette augmentation qui influx sur de traitement

Nous espérons que cette étude aura un impact sur les perspectives de la valorisation de la possibilité de la réutilisation des ressources en eaux non conventionnelles telles que les eaux usées, épurées par filtres à sable

# *Annexes*

## Liste des abréviations

**ABHS** : Agence du Bassin Hydrographique Sud ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

**CAQUE** : Centre Algérien de Contrôle de Qualité et d'Emballage

**CE** : Conductivité Électrique

**CEAEQ** : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec

**CF**: Coliformes fécaux

**CI**: Continental intercalaire

**CT**: Complexe terminal

**DAPE** : Direction d'assainissement et de protection de l'environnement/ MRE

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biochimique en Oxygène

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**DMRE** : Direction de Mobilisation des Ressources en Eaux/ MRE

**DPAT**: Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire

**DRE** : Direction des Ressources en Eaux

**DSA**: Direction des Services Agricoles

**DSP** : Direction de Santé Publique

**EDTA** : Acide Éthylène Diamine Tétra Acétique

**EFF** : Effluent ETM : Éléments Traces Métalliques

**EU**: Eaux Usées

**EUE** : Eaux Usées Épurées

**FAO**: Food and Agriculture organization

**INSID**: Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage

**Irr** : Irrigué

**ITDAS** : Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne

**JORADP** : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire

**MES** : Matières En Suspension

**MNT** : Modèle Numérique du Terrain

**MO:** Matière organique

**MRE :** Ministère de Ressources en Eaux

**MTH:** Maladies à Transmission Hydrique

**NGL :** Azote Global (Total)

**NK:** Azote Kjeldahal N org: Azote organique OMS: Organisation Mondiale de Santé

**OMS**

**ONA :** Office National d'Assainissement ONM : Office National de Météorologie

**pH :** potentiel d'Hydrogène

**PT :** Phosphore Total

**REUE :** Réutilisation des Eaux Usées Épurées

**RN :** Route Nationale

**SAR :** Sodium Adsorption Ratio

**SPED :** Station de Pompage des Eaux de Drainage

**STEP:** Station d'épuration

**URERMS:** Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien

**USEPA:** United States Environmental Protection Agency

**USAID :**United States Agency of International Development

**USEPA :** United States Environmental Protection Agency

## List des figures

<b>Figure N° 01. Situation de la wilaya d'Ouargla</b>	<b>03</b>
<b>Figure N° 02 : Cadre physique de la cuvette d'Ouargla</b>	<b>04</b>
<b>Figure N° 03 : La température moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)</b>	<b>05</b>
<b>Figure N°04 : le cumul des pluies moyennes annuelles des années (2008-2017)</b>	<b>05</b>
<b>Figure N°05: l'humidité relative moyenne maximale annuelle des années (2008-2017)</b>	<b>06</b>
<b>Figure N°06 : La vitesse moyenne de vent maximal annuelle des années (2008-2017)</b>	<b>06</b>
<b>Figure N°07 : L'évaporation moyenne totale annuelle des années (2008-2017)</b>	<b>07</b>
<b>Figure N° 08 : la Durée d'Insolation moyenne annuelle des années (2008-2017)</b>	<b>07</b>
<b>Figure N° 09. Relief géologique de la région d'Ouargla Superposition de la carte géologique [01]</b>	<b>08</b>
<b>Figure N° 10 : Plan De Situation DE LA STEP</b>	<b>12</b>
<b>Figure N°11: vue en plans</b>	<b>13</b>
<b>Figure N°12: regard dégazage</b>	<b>14</b>
<b>Figure N° 13: Dégrilleur</b>	<b>15</b>
<b>Figure N°14: Dessableur</b>	<b>15</b>
<b>Figure N° 15: Ouvrage de répartition</b>	<b>16</b>
<b>Figure N°16: schéma de station d'épuration de Ouargla</b>	<b>18</b>
<b>Figure N°17: aérateur</b>	<b>18</b>
<b>Figure N°18filtre à sable</b>	<b>35</b>
<b>Figure N°19 Préparation des de site</b>	<b>36</b>
<b>Figure N°20 : L'interface de programme</b>	<b>39</b>
<b>Figure N° 21: Unité de filtration avec pompe à vide</b>	<b>45</b>
<b>Figure N° 22 : Balance</b>	<b>45</b>
<b>Figure N° 23 : Etuve</b>	<b>45</b>
<b>Figure N° 24: Réactifs DCO</b>	<b>46</b>
<b>Figure N°25 : Spectrophotomètre</b>	<b>46</b>
<b>Figure N° 26 : Réacteur DCO</b>	<b>46</b>
<b>Figure N° 27: Réfrigérateur, Bouteilles et OXI TOP</b>	<b>47</b>
<b>Figure N° 28: Conductimètre</b>	<b>48</b>
<b>Figure N° 29: Oxymètre</b>	<b>49</b>
<b>Figure N° 30: PH- metre</b>	<b>50</b>
<b>Figure N°31: Variation de LA température</b>	<b>51</b>
<b>Figure N°32: Variation de PH</b>	<b>52</b>

<b>Figure N°33: variation de la conductivité</b>	<b>53</b>
<b>Figure N°34: variation de la DCO</b>	<b>54</b>
<b>Figure N° 35: variation de la DBO5</b>	<b>54</b>
<b>Figure N°36: variation de la MES</b>	<b>55</b>
<b>Figure N° 37: La variation de taux de salinité enregistrés dans le même jour 2017 et 2018</b>	<b>56</b>

## List des Tableaux

<b>Tableau N° 1 : Recommandations microbiologique pour la REUE en Algérie.</b>	<b>29</b>
<b>Tableau N° 2 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture.</b>	<b>30</b>
<b>Tableau N° 3: Recommandations microbiologiques de l’OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l’irrigation (OMS., 1989).</b>	<b>31</b>
<b>Tableau N°04 : Le calendrier d’irrigation résumée dans le tableau suivant pour l’eau épurée (traitée).</b>	<b>40</b>
<b>Tableau N°05 : Le calendrier d’irrigation résumée dans le tableau suivant pour l’eau épurée filtrée</b>	<b>41</b>
<b>Tableau N°06 : Le calendrier d’irrigation pour l’eau de forage résumée dans le tableau suivant</b>	<b>42</b>
<b>Tableau N° 07: Volume d’échantillon d’après la DCO.</b>	<b>47</b>

## Référence bibliographiques

- [1].**ABBOU S., 2010.** Réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Office National d'Assainissement
- [2]. **ANRH :** Agence Nationale des Ressources Hydriques
- [3] APD Avant Projet Détaillé Station d'épuration Rapport technique
- [4] **.DPAT:** Direction de Planification et d'Aménagement du Territoire
- [6].**F.A.O., 2003.** Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
- [7].**ITDAS** l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne
- [8].**HALILAT M T., 1993.** Étude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété al dura) en zones sahariennes (région de Ouargla).Thèse magistère. Université Batna.
- [9].**HALITIM A., 1988.** Les sols des régions arides d'Algérie. Edition ITOPU. Alger.
- [10].**HAMDI AISSA B., 2001.** Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord-Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches macromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon.
- [11].**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE,** 2012
- [12].**NADER Abdelkadir .**En Vue De L'obtention Du Diplôme de Magistère en Ecologie Saharienne et Environnement Gestion et risques environnementaux Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla
- [13].**O.N.M.** Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (2008-2017..
- [14] **.ONA :** (Office National d'Assainissement de Ouargla). 2018.
- [15].**POUHANNA Amel** Diplôme de Magister THEME Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne.
- [16] **.K.TAMRABET., 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Th. Doc. Sciences Hydrauliques. Inst. Génie Civil Hydr. Archi. Univ. Hadj Lakhdar. Batna

## SOMMAIRE

<b>Chapitre: I Présentation de la zone d'étude</b>	
Introduction générale	1
I-1- Introduction	
I-2- Situation géographique de la wilaya d'OUARGLA :	3
I-2-1- Données climatiques :	4
I-2-1-1-Température :	4
I-2-1-2-Précipitation :	5
I-2-1-3-Humidité relative :	5
I-2-1-4-Vents :	5
I-2-1-5-Evaporation :	6
I-2-1-6-Insolation :	6
I-2-2- Géologie	7
I-2-3 Géomorphologie	7
I-2-4 Topographie	8
I-2-5 Hydrographie	8
I-2-5-1Oued M'ya	8
I-2-5-2 Oued N'sa	9
I-2-5-3 Oued M'Zab	9
I-2-6 Hydrogéologie	9
I-2-6-1-- Nappe du Continental Intercalaire	9
I-2-6-2 Nappes du Complexe terminal	9
I-2-6-2-1 Nappe du Mio-Pliocène	9
I-2-6-2-2 Nappe du Sénonien (nappe des calcaires)	9
I-2-6-3 Nappe phréatique	9
I-2-7 Contexte pédologique	10
I-3-1-Site de la station d'épuration :	11
I-3-2-Nature des eaux usées de la ville d'Ouargla	
I-3-3-L'objectif de traitement de la station :	11
I-3-4-Principe de traitement :	11
I-3-4-1-Prétraitement ou traitement primaire :	11
I-3-4-2-Regard Dégazage	13

I-3-4-3-Dégrillage :	14
I-3-4-4-Dessablage :	14
I-3-4-5-Ouvrage de répartition :	16
I-3-5-Traitement secondaire :	16
I-3-5-1-Premier étage de lagunage aéré	
I-3-5-2-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins A1, A2, A3 et A4 :	16
I-3-5-3-Deuxième étage de lagunage aéré :	
I-3-5-4-Caractéristiques des lagunes aérées des bassins B1 et B2 :	17
I-3-5-5-Troisième étage de lagunage aéré :	17
I-3-5-6-Lagunes de finition (bassins F1 et F2):	17
I-3-6-Les lits de séchages :	18
I-3-7-Concluions :	20
<b>Chapitre: II Réutilisation des eaux usées épurées</b>	
II- introduction	20
II-1- Avantages et limites de la réutilisation	20
II.2. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	20
II.3. Réutilisation des eaux usées en Algérie	21
II.4- Filaires de réutilisation des eaux épurées	22
II-4-1- Valorisations directes des eaux usées épurées	22
II-4-1-1- Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture	22
II-4-1-1- A-Intérêt agronomique des eaux usées épurées	22
II-4-1-1- B-Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture	23
II-4-1-1- B-1-MES	23
II-4-1-1- B-2-Excès des nutriments	23
II-4-1-1- B-3-Bactéries	23
II-4-1-1- B-4-Virus	23
II-4-1-1- B-5-Protozoaires	23
II-4-1-1- B-6-Helminthes	24
II-4-1-1- B-7-Risque chimique	24
II-4-1-1- B-8-Salinité	24
II-4-1-1- C-Impact de la REUT des eaux usées sur le sol	24
II-4-1-1- D-Impact de la REUT des eaux usées sur les cultures	24
II-4-1-1- E-Réutilisation agricole des eaux usées en Algérie	25
II-4-1-2- L'aquaculture	25

II-4-1-3- Usages urbains	25
II-4-2- Valorisations indirectes	25
II-4-2-1- Recharge de nappes	26
II-4-2-2- Alimentation des zones humides	26
II5- Règlements	26
II-5-1- Réglementation algérienne	26
II-5-2- Normes internationales	27
II-5-1- Normes de réutilisation OMS et Californiennes	27
II-5-2- Recommandation USEPA	27
II-5-Conclusion	
<b>Chapitre: III Matériels Et Méthodes</b>	
III- Introduction	33
III -1 Choix du site expérimental	33
III-3 Choix de la culture à étudier : La luzerne	33
III-3-1 Généralité sur la luzerne	33
III-3-1 Définition	
III-3-2 Végétation et croissance	
III-3-3 Exigences édaphiques	
III-3-4-Exigences hydriques	
III-4 La filtre à sable	34
III-4-1- Les différents types de filtration	34
III-4-1-1 Filtration lente	35
III-4-1-2 Filtration rapide	35
III-4-2-3-Préparation de site	36
III-5 Le régime d'irrigation	37
III-6- Besoins d'irrigation de la culture	37
III-7-Dose d'irrigation :	37
III-7-1 L'évapotranspiration	37
III-7-1-1 L'évapotranspiration de référence (potentielle) :(ET <sub>0</sub> ou ETP)	37
III-7-1-2 L'évapotranspiration réelle :(ETR)	38
	34
III-8- Technique d'irrigation :	43
III-9- l'analyse physico-chimique des eaux	43
III-9-1-Prélèvement et échantillonnage de l'eau	43

III-9-2 Méthodes utilisés	43
III-9-2-1 Détermination des matières en suspension (M-E-S)	43
III-9-2-1-1 But de l'analyse	43
III-9-2-1-2 Principe	43
III-9-2-1-3Appareillage	44
III-9-2-1-4- Préparation des filtres par l'eau distillée	44
III-9-2-1-5 Filtration de l'échantillon	44
III-9-2-1-6-Expression des résultats	44
III-9-2-2 La demande chimique en oxygène (D.C.O)	45
III-9-2-2-1-But d'analyse	45
III-9-2-2-2-Principe	45
III-9-2-2-3-Appareillage	45
III-9-2-2-4-Réactif	45
III-9-2-2-5-Procédure	45
III-9-2-3- La demande biologique en oxygène (DBO5)	46
III-9-2-3-1-Principe	46
III-9-2-3-2-Appareillage	46
III-9-2-3-3-Procédure	46
III-9-2-4-Détermination de la conductivité électrique, de la salinité et de la température	48
III-9-2-4-1- Principe	48
III-9-2-4-2-Appareillage	48
III-9-2-4-3-Procédure	48
III-9-2-5-Détermination de l'O2 dissous	48
III-9-2-5-1-Principe	48
III-9-2-5-2-Matériel nécessaire	49
III-9-2-6-Détermination de pH	49
III-9-2-6-1-Principe	49
III-9-2-6-2-Appareillage	49
III-9-2-6-3-Procédure	49
III-9 Conclusion	
<b>Chapitre: IV Résultats et discussions</b>	
IV.1. Introduction	51
IV.2- La présentation et l'interprétation des résultats	46
IV-2-1 La température T (°C)	46

IV-2-2 Le pH	51
IV-2-3 La conductivité électrique CE	47
IV-2-4 La demande chimique en oxygène DCO	53
IV-2-5 La demande biologique en oxygène DBO5	54
IV-2-6 La matière en suspension MES	55
IV-3 L'impacte de taux de salinité dans l'eau sur la plante	55
IV-4- Conclusion	56
Conclusion générale	57

## Résumé

A l'instar des autres grandes agglomérations algériennes, l'agglomération de Ouargla évacue quotidiennement des volumes considérables d'eaux usées épurées (EUE), capables d'engendrer des impacts négatifs sur l'environnement.

L'objectif de notre travail de recherche est de réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation en est de démontrer le potentiel pour valoriser en toute sécurité des eaux usées traitées avec filtration sur sable à des fins agricoles.

Le projet consiste à préparer trois parcelles de alfalfa (luzerne) qui seront irriguées avec trois types d'eau :

- Eau pour l'irrigation traditionnelle (eau de forage)
- Des eaux épurées actuellement par lagune aérée
- Les eaux épurées avec traitement tertiaire (filtration sur sable).

Pour mettre en œuvre l'expérience, un dispositif de filtration (filtre à sable) Fusion apportera le traitement tertiaire aux eaux usées actuellement traitées par la STEP de la ville de Ouargla. Cette eau sera alors stockée et utilisée pour l'irrigation par Planches. Les trois types d'eau (eaux de forage, les eaux usées traitées et les eaux passées par le filtre à sable) seront utilisées pour irriguer de façon identique les parcelles similaires et permettront de comparer la croissance des cultures, le sol et les plantes

### ملخص :

على غرار التجمعات السكنية الكبرى في الجزائر يلفظ التجمع السكاني لورقلة كميات معتبرة من المياه المستعملة المعالجة التي تولد تأثير سلبي على البيئة عند رميها مباشرة في الطبيعة . الهدف من بحثنا هو إعادة استخدام المياه المستعملة المعالجة واثبات إمكانية المعالجة بالترشيح عبر المرشح الرملي . يتكون المشروع من ثلاث قطع من نبات البرسيم (الفصصة) التي سيتم سقيها بثلاثة أنواع من الماء :

- مياه السقي التقليدي (مياه البئر )
- محطة تصفية المياه المستعملة بالأحواض المهواة سعيد عتبة المياه المستعملة المعالجة
- المياه المستعملة المعالجة بمحطة تصفية المياه المستعملة بالأحواض المهواة سعيد عتبة بعد تمريرها على المرشح الرملي

لتنفيذ التجربة نقوم بتحضير المرشح الرملي الذي نمرر عليه المياه المعالجة بمحطة التصفية سعيد عتبة لمدينة ورقلة ونقوم بتخزين هذه المياه لاستعمالها في عملية السقي التقليدي وباقي الأنواع من المياه (مياه البئر ، المياه المستعملة المعالجة . المياه المستعملة المعالجة بعد تمريرها على المرشح الرملي ) لسقي قطع أرضية مماثلة بنفس الطريقة لسماع بمقارنة تطور النبات والمعادن و المركبات العضوية في المياه و التربة و النباتات

### Summary:

Like other major Algerian cities, the agglomeration of Ouargla evacuates

Daily considerable volumes of treated wastewater (UES), capable of

To generate negative impacts on the environment.

The objective of our research work is to reuse treated wastewater for irrigation and to demonstrate the potential for safely upgrading wastewater treated with sand filtration for agricultural purposes.

The project consists of three plots of alfalfa (alfalfa) that will be irrigated with three types of water:

- Water for traditional irrigation (drilling water)
- Clean water currently by aerated lagoon
- Purified water with tertiary treatment (sand filtration).

To implement the experiment, a filtration device (sand filter) Fusion brought the tertiary treatment to the wastewater currently treated by the STEP of the city of Ouargla. This water will then be stored and used for irrigation by Planches. The three types of water (drilling water, treated wastewater and water through the sand filter) will be used to irrigate similar plots in the same way and allow comparison of crop growth, heavy metals and compounds. organic in water, soil and plants