

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



**Université Abbès Laghrour Khenchela**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département d'Ecologie et Environnement**

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

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Filière : Ecologie et environnement**  
**Spécialité : Ecologie et environnement**

*Thème :*

**Aptitude des eaux épurées de la  
STEP de Khenchela à l'irrigation**

**Présenté par :** - ZEGHDANI Zouhir  
- ALLAOUI Aymene

**Soutenu publiquement le :** 01/06/2016

**Devant le jury composé de :**

**Président :** ZEYUCHE Omar Ramzi M.C.B (Université Abbès Laghrour Khenchela)

**Promoteur :** HALIMI Samia M.A.A (Université Abbès Laghrour Khenchela)

**Examineur :** ABABSA Nawal M.A.A (Université Abbès Laghrour Khenchela)

Promotion : 2015-2016



# Remerciement

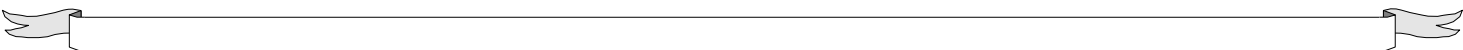
Nos remerciements vont tout particulièrement à notre encadreur, Mlle HALIMI Samia, enseignante au département d'Ecologie et environnement de l'Université de Khenchela, pour l'aide précieuse, pour ses conseils éclairés, sa patience et ses encouragements tout au long de ce travail.

Nous tiendrons aussi à remercier Mr ZEYOUCHE Omar Ramzi d'avoir accepté de présider les jurys.

Nos remerciements vont aussi à Mlle ABABSA Nawel qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons notre remerciement à Mr BELAIDI Hichem le chef de la STEP de Khenchela, où la plupart de ce travail a été réalisée, sans oublier l'ingénieur de laboratoire pour son aide permanente à l'exécution des analyses.

Enfin, nous tiendrons à exprimer toute nos reconnaissances à tous les enseignants de département d'Ecologie et environnement et la faculté des sciences de la nature et de la vie (université de Khenchela).



## *Dédicaces*

*A mon idéal, l'être le plus généreux, mon très cher père qui m'a encouragé, ma source de force pour tenir jusqu'au bout, l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi. Sa chaleur paternelle, m'a souvent été d'un grand réconfort. Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.*

*A la personne qui m'importe le plus dans ce monde, ma Maman. Elle qui a toujours été mon modèle.*

*A mon oncle : ABDELLAH et ma maman YAMINA.*

*A mes sœurs : SABRINA, HAJER, AMEL et ZOÛRA.*

*A mes adorables petits frères KHALED et SAADEDDINE*

*A ma famille et tous mes ami(e)s qui m'ont aidé de toutes les manières possibles et imaginables à travers leurs soutiens sans lesquels je n'aurais pas pu terminer ce travail, je pense particulièrement à ELAÏD, ABDELGHAFOUR, KOKO, NADIR, DIDINE, SALAH, YACINE, TOUFIK, NANI, SAÏD, SMAÏL, IMAD, RAMDANE, NACER, YAZID et AMINE*

*A mes amis de M'sila : BILEL, HACEN, DJAMEL et MEÛDI*

*A mes camarades MOUSSA, AMINE, AMEL et RANIA ainsi qu'à toute la promotion « Ecologie et environnement 2016 »*

**\*\*ZEGHDANI ZOUHIR\*\***

*Je dédie ce mémoire :*

*A mon père ;*

*A ma mère ;*

*A mes frères : **Wail, Mohamed et Ayoub***

*A ma sœur **Rahma** ;*

*A tous mes amis, surtout : **Karim, Oussama, Nadir,  
Elaid Yacine, Abdelghafour, Sakou, Amina, Mouna,  
Roumaissa et Jamel** ;*

*A tous ceux que j'aime.*

\*\*ALLAOUI AYMENE\*\*

À la mémoire de mon grand-père BIREM SAID et  
ma grand-mère HACINI MENSOURA

«ZEGHDANI Z »

’’ Nous avons fait de l'eau toute chose vivante’’.

Verset 30 de la sourate N°2 Al-Baqara (La Vache).

# Sommaire

**REMERCIEMENTS**

**DEDICACES**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

**LISTE DES FIGURES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES ANNEXES**

**INTRODUCTION GENERALE .....01**

## **LA PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**I.GENERALITES SUR LES EAUX USEES .....05**

**Introduction .....05**

I.1 Les différents types des eaux usées .....05

I.1.1 Les eaux usées urbaines .....05

I.1.2 Les eaux usées industrielles .....05

I.1.3 Les eaux usées pluviales .....06

I.2 Les polluants présents dans les eaux usées .....06

a) Les polluants physiques .....06

b) Les polluants chimiques .....07

c) polluants microbiologiques .....08

I.3 L'assainissement des eaux usées .....08

a) L'assainissement individuel .....09

b) L'assainissement collectif .....09

**II. Les techniques d'épuration des eaux usées .....09**

II.1 Les filières de traitements des eaux usées .....10

|   |    |
|---|----|
| II.1.1 Les prétraitements .....                                       | 10 |
| II.1.2 Les traitements primaires .....                                | 10 |
| II.1.3 Les traitements secondaires .....                              | 10 |
| II.1.4 Traitement tertiaire ou les traitements complémentaires .....  | 10 |
| <b>III. Les boues</b> .....   | 11 |
| Introduction .....  | 11 |
| III.1 Typologie boues de la STEP .....                                | 11 |
| III.1.1 Les boues primaires .....                                     | 11 |
| III.1.2 Les boues secondaires .....                                   | 12 |
| III.1.3 Les boues mixtes .....  | 13 |
| III.1.4 Les boues physico-chimiques .....                             | 13 |
| <b>IV Valorisation des eaux épurées et des boues de la STEP</b> ..... | 13 |
| IV.1 Valorisation des eaux épurées .....                              | 13 |
| IV.2 Valorisation des boues .....                                     | 14 |

## **DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES ET FONCTIONNEMENT DE LA STEP DE KHENCHELA**

|  |    |
|--|----|
| <b>Introduction</b> .....  | 16 |
| <b>I. Présentation de la STEP de Khenchela</b> .....               | 16 |
| I.1 La situation de la STEP de Khenchela .....                     | 16 |
| I.2 Le rôle de la station de Khenchela .....                       | 16 |
| I.3 La station en chiffres .....                                   | 17 |
| <b>II Les filières de traitement au niveau de la station</b> ..... | 17 |

|   |           |
|---|-----------|
| II.1 Filière de traitement des eaux .....   | 17        |
| II.1.1 L'arrivée des effluents (eaux usées) .....                                       | 18        |
| II.1.2 Le prétraitement .....   | 18        |
| II.1.3 Le Traitement biologique .....   | 19        |
| II.1.4 La clarification .....   | 21        |
| II.2 Filière des boues .....  | 22        |
| II.2.1 Epaissement des boues .....  | 22        |
| II.2.2 Déshydratation des boues .....   | 23        |
| <b>III. Schéma Général de fonctionnement de la STEP de Khenchela .....</b>              | <b>23</b> |
| <b>IV. Réutilisation des eaux épurées et des boues de la station de Khenchela .....</b> | <b>24</b> |

## **CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introduction .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>I. Mode de prélèvement et Analyses .....</b>   | <b>25</b> |
| I.1 Méthodes de détermination des caractéristiques physico-chimiques des effluents de la STEP ..... | 25        |
| I.1.1 le pH .....   | 25        |
| I.1.2 Détermination de la conductivité électrique (CE) .....  | 26        |
| I.1.3 La température .....  | 26        |
| I.1.4 L'oxygène dissout .....   | 27        |
| I.1.5 Les matières en suspension (M.E.S) .....  | 27        |
| I.1.6 La demande biochimique en oxygène (DBO5) .....  | 28        |
| I.1.7 La demande chimique en oxygène DCO .....  | 29        |
| I.1.8 Les nitrates $\text{NO}_3^-$ .....  | 30        |

|  |    |
|--|----|
| I.1.9 Les nitrites $\text{NO}_2^-$ .....     | 31 |
| I.1.10 Le phosphore $\text{PO}_4^{3-}$ ..... | 31 |

### **CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

|  |    |
|--|----|
| <b>Introduction</b> .....  | 33 |
| 1. le pH .....   | 33 |
| 2. La température .....  | 34 |
| 3. Les MES .....   | 34 |
| 4. DBO5 .....  | 35 |
| 5. DCO .....   | 36 |
| 6. Les Nitrates .....  | 36 |
| 7. Les Nitrites .....  | 37 |
| 8. Les orthophosphates .....   | 37 |
| 9. La conductivité électrique .....  | 38 |
| 10. Les métaux lourds ou d'éléments toxiques .....                           | 39 |
| 11. Identification des facies chimiques des eaux épurées .....               | 40 |
| 11.1 Diagramme de PIPER .....  | 40 |
| 11.2 Diagramme de Schoeller Berkallof .....                                  | 41 |
| 12. L'aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation ..... | 41 |
| 12.1 Calcul des paramètres des eaux à usage agricole .....                   | 42 |
| 13. Résultats et discussions .....   | 42 |
| <b>CONCLUSION GENERALE</b> .....   | 46 |
| <b>ANNEXES</b> .....   | 48 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Références bibliographiques</b> ..... | 59 |
| <b>Résumés</b> .....                     | 62 |

## Liste des abréviations

AEP : Adduction d'Eau Potable

CE : la Conductivité Electrique

DBO<sub>5</sub> : Demande Biologique en Oxygène dans 5 jours

DCO : La Demande Chimique en Oxygène

EH : Equivalent Habitant

eq/hab : équivalent par habitant

EU : Les Eaux Usées

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

GPI : Grands périmètres d'irrigation

GPS : Global Positioning System

MES : Matières en suspension

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : ammonium

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : Les nitrites

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Les nitrates

OD : l'Oxygène Dissout

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ONA : Office National de l'Assainissement

ONID : L'Office National de l'Irrigation et du Drainage

pH : Le potentiel hydrogène

PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> : l'Orthophosphate

REU : Réutilisation des eaux usées

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

REUT : Réutilisation des eaux usées traitées

STEP : Station d'épuration

T°C : la Température en Degré Celsius

JORAD : le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique

SAR : Sodium Adsorption Ration

ETM : les Eléments Traces Métalliques

μS : Micro Siemens

## Liste des figures

Page

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig.01</b> : Consommation d'eau par secteur .....  | 01 |
| <b>Fig.02</b> : Etapes d'une filière de traitement des eaux (HADJ-SADOK, 1999) .....                            | 12 |
| <b>Fig.03</b> : Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde .....                     | 14 |
| <b>Fig.04</b> : Aperçu générale de la station de Khenchela .....  | 16 |
| <b>Fig.05</b> : Schéma l'acheminement des eaux usées .....  | 18 |
| <b>Fig.06</b> : Le dégrilleur grossier de la station de Khenchela.....  | 19 |
| <b>Fig.07</b> : Le mécanisme de traitement au niveau de bassin d'aération .....                                 | 20 |
| <b>Fig.08</b> : Bassin d'aération au niveau de la station de Khenchela .....                                    | 21 |
| <b>Fig.09</b> : Le bassin de clarification de la station de Khenchela .....                                     | 21 |
| <b>Fig.10</b> : L'épaississeur de la STEP de Khenchela .....  | 22 |
| <b>Fig.11</b> : Lit de séchage au niveau de la STEP.....  | 23 |
| <b>Fig.12</b> : Schéma général de la filière de traitement des eaux usées de la STEP de Khenchela .....         | 24 |
| <b>Fig.13</b> : Le multiparamètre utilisé pour calculer le pH .....   | 26 |
| <b>Fig.14</b> : Mesure de l'oxygène dissout (OD) au niveau de laboratoire de l'ONA Khenchela...27               |    |
| <b>Fig.15</b> : Le colorimètre HACH DR890.....  | 28 |
| <b>Fig.16</b> : La mesure de DBO5 dans 5 jours dans une armoire thermorégulatrice .....                         | 29 |
| <b>Fig.17</b> : Ecran de colorimètre après mesure de DCO des eaux de sortie de la STEP de Khenchela.....        | 30 |
| <b>Fig.18</b> : Différents solutions pour la mesure des nitrates.....   | 30 |
| <b>Fig.19</b> : Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de la calcule de nitrite .....                       | 31 |
| <b>Fig.20</b> : Variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de Khenchela (2015) .....                  | 33 |
| <b>Fig.21</b> : La variation de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Khenchela (2015) .....  | 34 |
| <b>Fig.22</b> : Les valeurs des MES à l'entrée et à la sortie du traitement (2015) .....                        | 34 |
| <b>Fig.23</b> : Les valeurs mensuelles de la DBO <sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP (2015) ..... | 35 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig.24</b> : Evolution mensuelle de la concentration en DCO à l'entrée et la sortie de la STEP..                                     | 36 |
| <b>Fig.25</b> : Evolution mensuelle de la concentration en NO <sub>3</sub> à l'entrée et la sortie de la STEP...                        | 36 |
| <b>Fig.26</b> : Evolution mensuelle de la concentration en NO <sub>2</sub> à l'entrée et la sortie de la STEP de Khenchela .....        | 37 |
| <b>Fig.27</b> : Evolution mensuelle de la concentration en orthophosphates à l'entrée et la sortie de la STEP de Khenchela (2015) ..... | 38 |
| <b>Fig.28</b> : Evolution de la conductivité moyenne mensuelle des eaux usées brutes et épurées .....                                   | 39 |
| <b>Fig.29</b> : Diagramme de Piper des eaux épurées de la STEP de Khenchela .....   | 40 |
| <b>Fig.30</b> : Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux épurées de la STEP (Khenchela) .....  | 41 |
| <b>Fig.31</b> : Diagramme de Wilcox des eaux épurées (STEP, Khenchela) .....  | 43 |
| <b>Fig.32</b> : Diagramme du SAR des eaux épurées (STEP, Khenchela) .....   | 43 |

**Liste des tableaux**

**page**

**Tableau.01** : Données spécifique de la STEP de Khenchela (Hydro-projet EST, 2005) .....17

**Tableau.02** : Caractéristiques de dégrilleur grossier (Hydro-Projet EST, 2005) .....18

**Tableau.03** : Caractéristiques du dégrilleur fin (Hydro-Projet EST, 2005) .....18

**Tableau.04** : Caractéristiques de dessableur-déshuileur de la station de Khenchela.....19

**Tableau.05** : Les caractéristiques de traitement biologique de la STEP de Khenchela .....20

**Tableau.06** : Méthodologie des paramètres physico-chimiques au niveau de laboratoire de  
STEP Khenchela .....25

**Tableau.07** : Comparaison entre les valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de  
Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales .....39

**Tableau.08** : Classification des eaux par degré d’aptitude à l’irrigation (méthode de SAR)  
.....44

## Liste des annexes

page

|   |    |
|---|----|
| <b>Annexe.01</b> : Résultats des analyses de mois de juillet 2015 .....   | 46 |
| <b>Annexe.02</b> : Résultats des analyses de mois d'Aout 2015 .....   | 47 |
| <b>Annexe.03</b> : Résultats des analyses de mois de septembre 2015 .....   | 48 |
| <b>Annexe.04</b> : Résultats des analyses de mois d'octobre 2015 .....  | 49 |
| <b>Annexe.05</b> : Résultats des analyses de mois de novembre 2015 .....  | 50 |
| <b>Annexe.06</b> : Résultats des analyses de mois de décembre 2015 .....  | 50 |
| <b>Annexe.07</b> : le rendement épuratoire (R) et l'exemple de la STEP de Khenchela (2015) .....  | 51 |
| <b>Annexe.08</b> : Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation selon le journal officiel de la république Algérienne N°41 ..... | 51 |
| <b>Annexe.09</b> : Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation selon le journal officiel de la république Algérienne N°41 ..... | 52 |
| <b>Annexe.10</b> : les normes de rejets des effluents liquides selon l'OMS .....  | 52 |
| <b>Annexe.11</b> : les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD .....   | 53 |
| <b>Annexe.12</b> : Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères .....                                    | 54 |
| <b>Annexe.13</b> : Normes de réutilisation des eaux usées épurées (MRE, 2007 ; JORA, 2012) .....  | 55 |

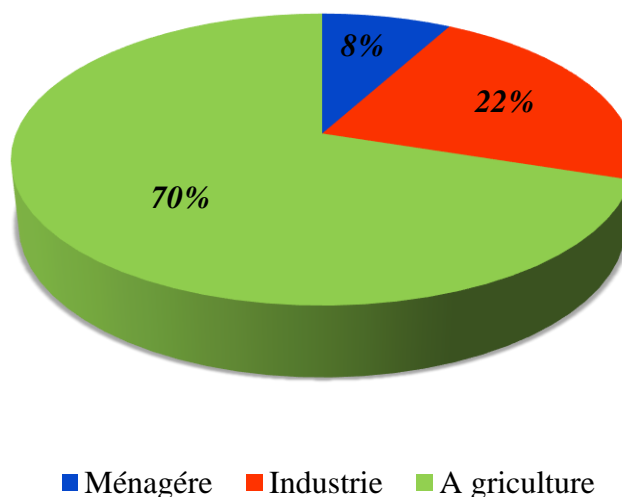
# INTRODUCTION GENERALE

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est un enjeu majeur pour le XXI<sup>ème</sup> siècle. 65% de la masse corporelle de l'Homme est constituée d'eau. La perte de 15% de cette eau entraîne la mort. Aujourd'hui 4 millions de personnes meurent chaque année à cause des pénuries d'eau. (OMS, 2012)

Certes elle représente 2/3 de la surface terrestre mais elle est en grande partie salée. Les seuls grands réservoirs d'eau douce se trouvent dans les glaciers, l'atmosphère, et une grande partie de celle-ci est utilisée par la faune et la flore. (OMS, 2012)

L'Humanité a accès à seulement 1% de l'eau potable. Le partage se fait, dans la plupart des régions du monde, de la façon suivante (Audemar, 2008) :



**Fig.01** : Consommation d'eau par secteur

La pression démographique et l'industrialisation croissante sont des facteurs qui contribuent à l'augmentation des quantités d'eau consommées par les secteurs: AEP, agricole et industriel. Afin de préserver les populations des effets nuisibles causés par la pollution des eaux, une gestion écologique s'impose. (Audemar, 2008)

A cet effet, la réutilisation des eaux usées dans l'objectif de valorisation se positionne comme l'une des voies les plus adaptées à la situation qui prévaut, elle permettrait de lutter contre la dégradation des écosystèmes mais aussi et surtout de prémunir la santé humaine. Elle est particulièrement stratégique dans les pays où la croissance démographique et le développement économique exercent une pression sur les ressources en eau, notamment dans les régions aride et semi aride (FAO, 2007) qui connaissent des situations de concurrence entre les différents usages de l'eau (CONDOM, et al 2012).

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se concrétise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale, les principales utilisations des eaux usées épurées sont (MRE, 2012) :

- Utilisations agricoles : l'irrigation la plus répondeuse, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais ;
- Utilisations Municipales : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes.
- Utilisations industrielles : refroidissement et nettoyage
- Amélioration des ressources : recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de la mer.

Sur les 95 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 42 wilayas, 15 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

Le volume réutiliser durant le 3<sup>ème</sup> trimestre 2013 est estimé à 14,7 Millions de m<sup>3</sup>, pour ces 15 stations concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 12613 ha de superficie agricoles, il s'agit de (ONA, 2014) :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- Guelma et Sedrata
- Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriiss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Hachem, Sehaouria, Tizi et Mohamadia,
- Boumerdes.

Un plan d'action ONA/ONID est en cours d'étude, pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées des STEP exploitées par l'ONA pour l'irrigation des grands périmètres d'irrigation -GPI- gérés par l'ONID au niveau des cinq (05) bassins hydrographiques à l'échelle nationale (ONA, 2009)

Notre étude est une contribution à l'évaluation de l'aptitude des eaux usées épurées de la STEP de la ville de Khenchela à l'irrigation. L'objectif de ce travail est d'examiner en fonction de salinisation, minéralisation et qualité physico-chimique des

eaux usées épurées si ces dernières peuvent être réutilisées en irrigation des terres agricoles, pour quel type et quelle méthode d'irrigation.

Ce mémoire est scindé en deux parties :

- ☞ La première partie présente un aperçu bibliographique sur la qualité des eaux, les différents types des polluants et les différentes filières de traitement des eaux usées ainsi que la valorisation des boues et des eaux épurées d'une STEP ;
- ☞ La seconde récapitule les caractéristiques générales de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Khenchela (situation, capacité...etc.), puis une étude générale sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées permettant de voir la répartition des faciès chimiques et les éléments indicateurs de pollution et de salinisation, à savoir : les anions, les cations, les éléments nutritifs, la DBO, la DCO, les MES ...etc. Et de voir si les eaux épurées de la STEP de Khenchela sont appropriées à l'irrigation ;
- ☞ En fin une conclusion générale

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître, l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile en raison de l'accroissement démographique, le niveau de vie des populations, les activités anthropiques polluantes.

La composition physico-chimique de l'eau épurée est déterminée par la mesure d'un certain nombre de variables qui nous renseignent sur sa qualité.

Dans cette étude, nous allons présenter nos observations et interprétations des mesures de terrain, pour essayer de répondre à plusieurs questions, dont les principales sont les suivantes :

- ⇒ Quel est l'état actuel de la qualité physicochimique des eaux usées épurées de la STEP de la ville de Khenchela?
- ⇒ Est-ce que si possible de réutiliser ces eaux à l'irrigation des terres agricoles ?

LA PREMIERE PARTIE :

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

## **LA PREMIERE PARTIE**

### **I. GENERALITES SUR LES EAUX USEES**

#### **Introduction**

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». (Anonyme 1, 2004)

#### **I.1 Les différents types des eaux usées**

Les eaux usées telles que définies dans l'introduction, ont trois origines possibles (Iberinsa, 2001) :

##### **I.1.1 Les eaux usées urbaines**

Les eaux usées urbaines sont en grande partie les eaux distribuées par les systèmes d'approvisionnement en eau potable polluées par les activités anthropiques. Elles comprennent également les eaux de ruissellement, ces dernières étant constituées par l'ensemble des eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voies publiques et des parcs de stationnement, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours. (Iberinsa, 2001) Les eaux urbaines selon Iberinsa sont donc constituées par :

- Les eaux sanitaires provenant de l'activité humaine et domestique, les restes d'aliments, les déjections, les détergents, les savons et produits de nettoyage etc. ;
- Les eaux associées aux activités du centre de population telles que : centre commerciaux, hôpitaux, écoles, casernes, hôtels, bars, restaurants ;
- Les eaux résiduaires industrielles déversées dans des collecteurs urbains ;
- Les eaux résiduaires en provenance des centres d'élevage installés au sein des centres de population.

##### **I.1.2 Les eaux usées industrielles**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire

d'analyses médicales ...etc. Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement (Djeddi, 2007) :

- Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

Dans le cas d'un rejet dans le réseau domestique, avec ou sans prétraitement, les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est très étroitement liée à l'activité industrielle concernée et peut prendre des formes innombrables. (Baumont et al. 2005) :

### **I.1.3 Les eaux usées pluviales**

Par définition, les eaux pluviales sont des précipitations liquide ou solide d'eau atmosphérique. Elles regroupent les eaux météoriques et celles ruisselant sur les surfaces urbaines (voiries, Toitures). La pluie efficace se divise en deux flux, l'un qui ruisselle directement en surface, l'autre qui s'infiltre et alimente les nappes (Valiron, 1990).

Les eaux de pluie contiennent à l'état dissous des gaz de l'atmosphère (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> et surtout CO<sub>2</sub>) mais aussi, en faible quantité, les différentes combinaisons chimiques rencontrées dans l'atmosphère (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl au voisinage des côtes, sels de Ca et Mg, PO<sub>4</sub> ...etc.), elles sont par ailleurs chargées en divers contaminants (Valiron et Tabuchi, 1992).

## **I.2 Les polluants présents dans les eaux usées**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique et pluviale), elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes en fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en plusieurs catégories (Baumont et al. 2005) :

### **a) Les polluants physiques**

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension :

- Les éléments grossiers : Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont général : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc. (Lounnas, 2009)
- Les sables : Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6g/cm<sup>3</sup>, ce qui permet leur élimination par simple décantation (Mizi, 2006).
- Les matières en suspension (MES) : Les matières en suspension rencontrées dans les eaux sont très diverses tant par leur nature que leur dimension .Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux. (Lounnas, 2009)

#### **b) Les polluants chimiques**

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact.

La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont :

- **La température** : L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C une eau plus chaude constitue une pollution (Seghiri, 1996)
- **Le pH** : Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H ou OH. Une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité sont polluées (Seghiri, 1996).
- **Les sels** : Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement. (Lounnas, 2009)

- **Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )** : les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né. (Laferrière et al. 1995)
- **Les chlorures** : en plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture. (Mizi, 2006)
- **Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )** : en plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des désagréments à l'environnement. (Mizi, 2006)
- **Les éléments traces métalliques (les métaux lourds)** : Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau, les métaux lourds existent sous formes dissoute et en suspension ainsi que sous une forme difficilement soluble dans les sédiments. (Blieft et Perraud, 2008).
- **Les matières organiques** : La matière organique est l'ensemble des composés carbonés et azotés issus de la dégradation des produits de la faune et de la flore, de surface et du sous-sol. Elle présente une gamme de substances très différentes et à des stades d'évolution très variés (Duchauffour, 1977)

#### c) polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau. (Lounnas, 2009)

### I.3 L'assainissement des eaux usées

Selon l'OMS (1995), on entend par « assainissement l'ensemble des travaux que doivent effectuer, en se conformant aux règles d'hygiène, les particuliers, les collectivités et les pouvoirs publics pour faire disparaître dans les agglomérations toutes causes d'insalubrités. Selon le rapport de la première réunion tenue en 1950 du comité des experts de l'environnement, l'assainissement implique le contrôle de l'approvisionnement public en eau, de l'évacuation des excréta et des eaux usées, de l'élimination des déchets et des vecteurs de maladies, des conditions de logement, des aliments et leur manipulation, des conditions atmosphériques et des conditions de sécurité sur le lieu de travail (OMS, 1995). On peut distinguer :

**a) L'assainissement individuel :**

Le principe essentiel de l'assainissement autonome est de recourir systématiquement au sol comme dispositif de traitement et comme milieu d'évacuation (zone rurale). Le traitement et la dispersion ne sont pas susceptibles d'entraîner le colmatage du sol en raison d'une charge trop élevée en matières comatantes et si le sol présente des caractéristiques (texture, structure, porosité, perméabilité, pente, situation des horizons imperméables et des zones de saturation...) qui garantissent une circulation régulière et une épuration intéressante (Valiron, 1989). On constate ainsi que l'assainissement autonome des eaux usées domestiques ne peut constituer qu'une solution provisoire. Cette solution ne persistera que jusqu'à la mise en place d'un réseau public.

**b) L'assainissement collectif**

On peut distinguer :

- Le système séparatif : Où les eaux usées pluviales sont évacuées par un réseau distinct de celui des eaux usées domestiques avec certains effluents industriels ;
- Le système unitaire : Où les eaux usées domestiques, certaines eaux usées industrielles et les eaux pluviales sont évacués par un réseau unique.

## **II. Les techniques d'épuration des eaux usées**

L'épuration des eaux usées consiste à décanner les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte

d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles (Ben abdelmoumene, 1999).

## **II.1 Les filières de traitements des eaux usées**

Il existe plusieurs filières, mais le choix d'un procédé de traitement doit être adéquat du point de vue climatique, des applications attendues et de l'investissement (Werther et Ogada, 1999 ; CEE, 2001). Ces filières nécessitent la succession de plusieurs phases de traitement tels que :

### **II.1.1 Les prétraitements**

Consistent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers (dégrillage, dégraissage). Ce sont de simples étapes de séparation physique. (Yahiatene, 2010)

### **II.1.2 Les traitements primaires**

Regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées.

Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Ils ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite. (Yahiatene, 2010)

### **II.1.3 Les traitements secondaires**

Recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote, et phosphore). Ils constituent un premier niveau de traitement biologique. Pour satisfaire à la réglementation actuelle ce traitement est donc désormais le niveau minimal de traitement qui doit être mis en œuvre dans les usines de dépollution. (Yahiatene, 2010)

### **II.1.4 Traitement tertiaire ou les traitements complémentaires**

Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires. On retrouve le traitement par : désinfection, dénitrification, déphosphatation.

### **III. Les boues**

#### **Introduction**

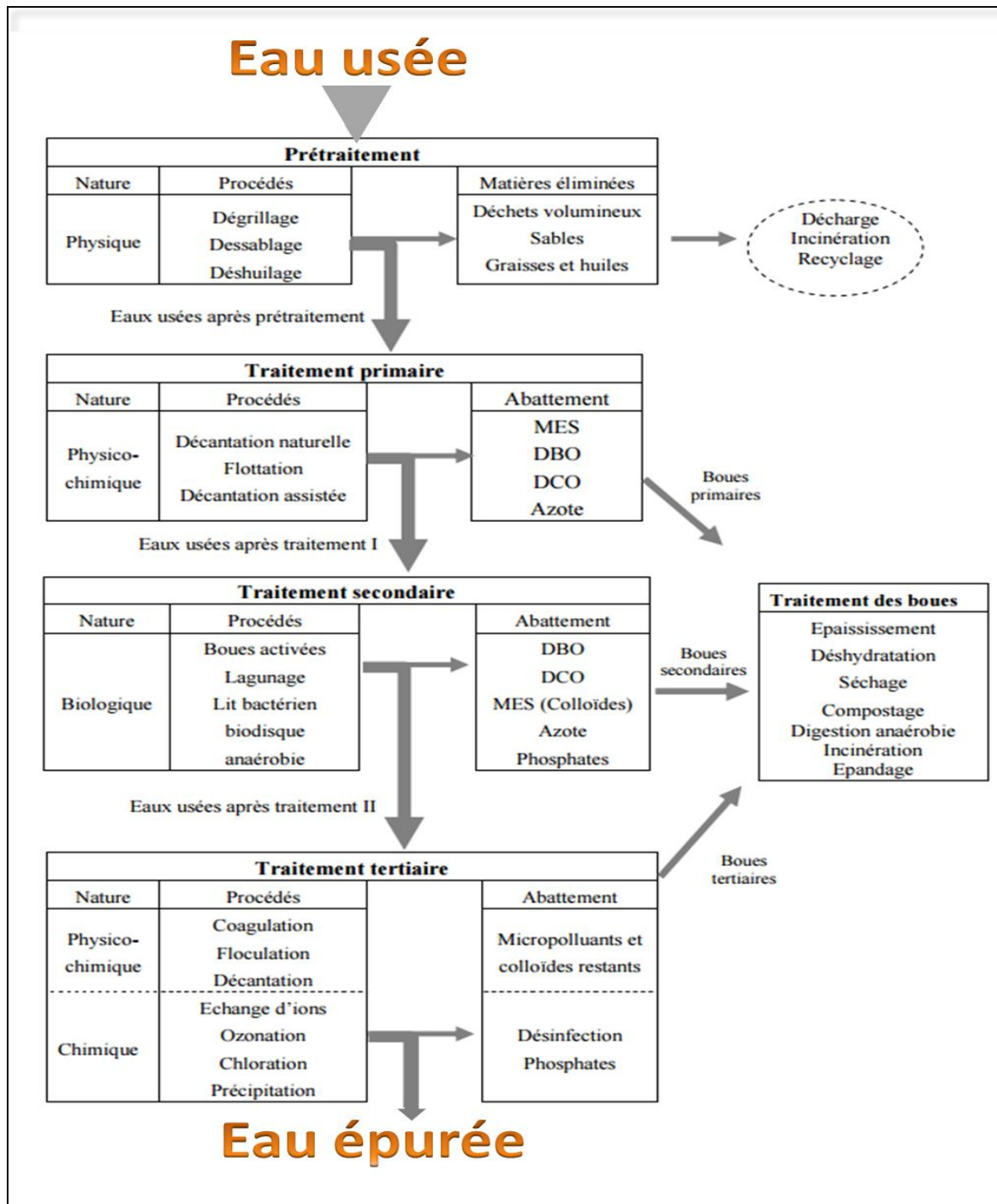
Les boues sont principalement constituées de particules solides non retenues par les prétraitements en amont de la station d'épuration, de matières organiques non dégradées, de matières en suspension minérales et de micro-organismes (bactéries dégradatives pour l'essentiel). Elles se présentent sous forme d'une « soupe épaisse » qui subit ensuite des traitements visant en particulier à réduire leur teneur en eau (Champiat, 1994).

#### **III.1 Types des boues de la STEP**

Les boues de la station d'épuration sont classées en quatre grands groupes (Degremont, 1989) :

##### **III.1.1 Les boues primaires**

Elles sont issues du traitement primaire et sont produites par simple décantation, en tête de station d'épuration. Ces boues sont fraîches, c'est à dire non stabilisées (forte teneur en matière organique) et fortement fermentescibles. (Degremont, 1989).



**Fig.02 :** Etapes d'une filière de traitement des eaux (Hadj-sadok, 1999).

### III.1.2 Les boues secondaires

Ces boues sont stabilisées biologiquement résultent de traitement biologique par le biais des propriétés épuratoires des microorganismes par conséquent la matière minérale et la matière organique réfractaire sont accumulées tandis que la matière organique biodégradable sert de substrat aux micro-organismes épurateurs. Ces micro-organismes, principalement des bactéries, utilisent la pollution biodégradable pour leur

maintenance et pour leur croissance. Les produits formés sont des cellules, du dioxyde de carbone et de l'eau (Paul et al, 1999 ; Grulois et al, 1996).

### **III.1.3 Les boues mixtes :**

Le mélange de boues primaires et secondaires conduit à l'obtention des boues mixtes. Leur composition est dépendante de la quantité de boues primaires et secondaires produites. Très fermentescibles, ces boues subissent ensuite le traitement de stabilisation (Degremont, 1989).

### **III.1.4 Les boues physico-chimiques**

Ces boues sont issues d'un traitement utilisant des flocculant minéraux (sels de fer ou d'aluminium). Le traitement physico-chimique est principalement utilisé sur les boues industrielles ou pour palier au sous dimensionnement de certaines stations d'épuration (stations situées en zones touristiques, par exemple) (Degremont, 1989).

## **IV Valorisation des eaux épurées et des boues de la STEP**

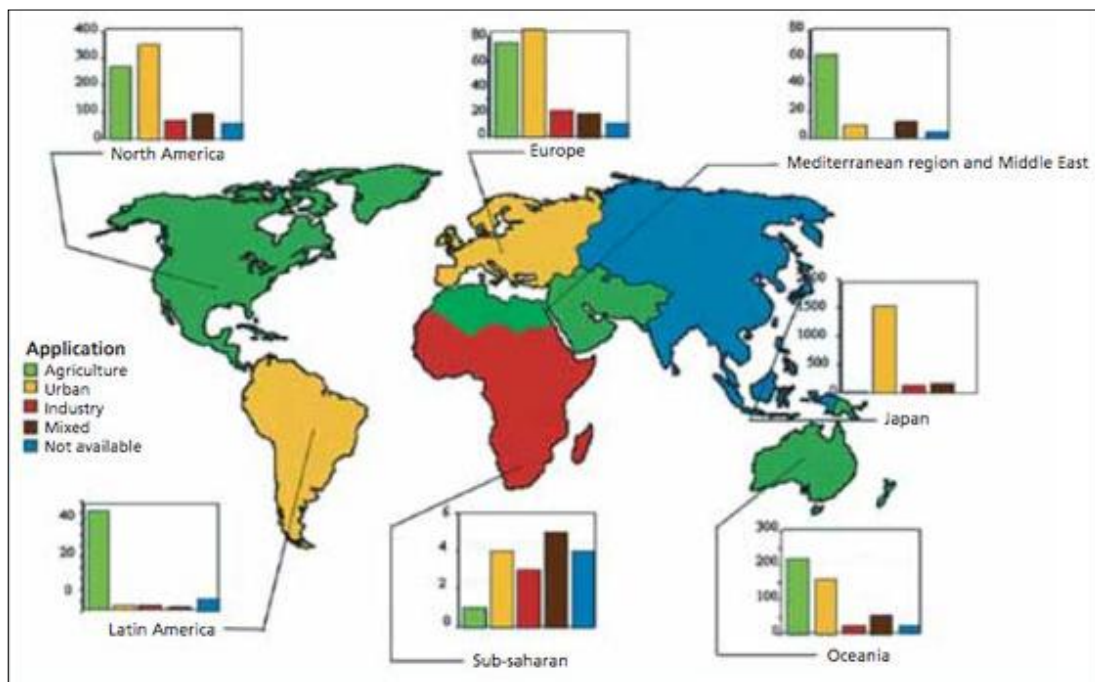
### **IV.1 Valorisation des eaux épurées**

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. (Boxio et al, 2008). On peut distinguer cinq catégories :

- 1 - Réutilisation pour l'irrigation :** cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies ...etc. ;
- 2 - Réutilisation industrielle :** circuit de refroidissement, nettoyage, papeteries, industries textiles...etc. ;
- 3 - Réutilisation en zone urbaine :** lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, ...etc. ;
- 4 - La production d'eau potable ;**
- 5 - La recharge de la nappe phréatique** (Degremont, 2005).

En Algérie, la majorité 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, 240 millions m<sup>3</sup> seulement sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet (Hartani, 2004).



**Fig.03** : Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde (Boxio et al, 2005).

#### **IV.2 Valorisation des boues**

La valorisation agricole des boues résiduares peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique, pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges. Les boues résiduares peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux. (Lambkin et al. 2004)

LA DEUXIEME PARTIE :

PARTIE

EXPERIMENTALE

## **CHAPITRE 1 : caractéristiques et fonctionnement de la STEP de Khenchela**

### **Introduction**

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Khenchela situé à 02,5 km au nord de la ville, été mise en service en janvier 2009 sa capacité est de 440 m<sup>3</sup>/j pour 192000 eq/hab., le principal système d'épuration de cette station est le traitement par Boues activées à faible charge et le milieu récepteur est l'oued de Baghai. (Bouaoune et al. 2013)

### **I. Présentation de la STEP de Khenchela**

#### **I.1 La situation de la STEP de Khenchela**

La station de traitement des eaux usées municipale de la ville de Khenchela est située à 2.5 Km au Nord de la ville et à une altitude de 1045m.

Les coordonnées de localisation géographique selon le système GPS sont :

- Latitude : 35°27'37.3"N
- Longitude : 7°08'55.1"E



**Fig.04** : Aperçu générale de la station de Khenchela (Google Earth).

#### **I.2 Le rôle de la station de Khenchela**

Le rôle de cette station d'épuration est de minimiser la pollution l'eau que nous salissons, et comme ça, nous contribuerons à la protection de notre environnement, qui

est la mission principale de l'Office National d'Assainissement (ONA) et le devoir de toute personne. (ONA, 2009)

### **I.3 La station en chiffres**

En les chiffres L'unité de Khenchela de charge de l'exploitation, et de la gestion des réseaux d'évacuation sanitaires pour 07 communes sur une longueur de 663.428 km et une station d'épuration d'une capacité globale de 192 000eq/H soit un volume nominal de 23 000 m<sup>3</sup>/j et également quatre lagunes.

Le volume total collecté pour l'année 2012 est de 7 772 871,20 de m<sup>3</sup> sur l'ensemble des 07 communes dont le réseau a été transféré à L'ONA pour l'exploitation.

8 655 interventions ont été assurées pour l'entretien curatif et préventif des réseaux durant l'année 2012, dont :

- 12 589 regards curés.
- 54 267 ml de réseaux curés.
- 1 099 m<sup>3</sup> de déchets solides, produit par le curage.

Le taux de curage du réseau a atteint 15% en 2013. (Bouaoune et al. 2013)

**Tableau.01** : Données spécifique de la STEP de Khenchela (Hydro-projet EST, 2005)

|                                       | Unités            | A partir de 2015 |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|
| Equivalent habitant                   | E.H               | 192000           |
| Volume journalier                     | m <sup>3</sup> /j | 23000            |
| Débit moyen de temps sec              | m <sup>3</sup> /h | 959              |
| Débit de pointe de temps sec          | m <sup>3</sup> /h | 1516             |
| Débit maximal admis en temps de pluie | m <sup>3</sup> /h | 4446,5           |

## **II Les filières de traitement au niveau de la station**

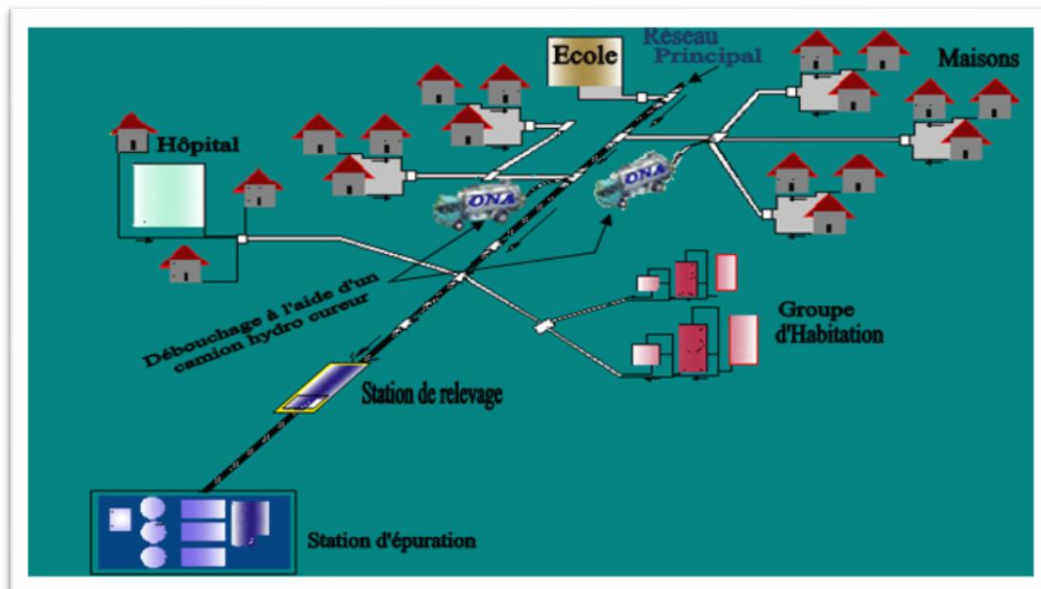
### **II.1 Filière de traitement des eaux**

Au niveau de la station d'épuration de la ville de Khenchela l'eau subit 03 étapes de lavage après l'arrivée des eaux usées :

- Prétraitement ;
- Traitement biologique ;
- Clarification.

### II.1.1 L'arrivée des effluents (eaux usées)

La station d'épuration de Khenchela reçoit chaque jour un volume d'eau usée de 23000 m<sup>3</sup>, Les principales sources des effluents sont présentées dans la figure 05 :



**Fig.05** : Schéma l'acheminement des eaux usées vers la STEP de Khenchela.

### II.1.2 Le prétraitement

Le prétraitement consiste à éliminer les déchets de grande taille, le sable et les huiles, pour assurer cette étape la STEP de Khenchela utilise quatre (4) dégrilleurs mécanisés, un dégrilleur manuel et deux (2) dessableur-déshuileurs.

**Tableau.02** : Caractéristiques de dégrilleur grossier (Hydro-projet est, 2005)

| Type de grille           | Barreau incliné à 60° |
|--------------------------|-----------------------|
| Nombre de grille         | 02                    |
| Espacement entre fer     | 100 mm                |
| Epaisseur des barreaux   | 10 mm                 |
| Matériau de construction | Acier                 |

Les déchets recueillis du dégrillage grossier seront acheminés manuellement (hydro-projet est, 2005).

**Tableau.03** : Caractéristiques du dégrilleur fin (Hydro-projet est, 2005)

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Nombre de grilles         | 04    |
| Ecartement entre barreaux | 10 mm |
| Matériaux de construction | Acier |



**Fig.06** : Le dégrilleur grossier de la station de Khenchela.

Le dessableur-déshuileur installé dans la station de Khenchela présente les caractéristiques suivantes :

**Tableau.04** : Caractéristiques de dessableur-déshuileur de la station de Khenchela (Hydro-projet est, 2005)

|                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| <b>Forme géométrique de l'ouvrage</b> | <b>Rectangulaire</b>     |
| <b>Nombre de files d'eau</b>          | 02                       |
| <b>Surface totale de l'ouvrage</b>    | 76,95 x 2 m <sup>2</sup> |
| <b>Volume total de l'ouvrage</b>      | 238,5 x 2 m <sup>3</sup> |
| <b>Longueur</b>                       | 27 m                     |
| <b>Largeur chambre à sable</b>        | 1.9 m                    |
| <b>Largeur chambre à graisse</b>      | 0.95 m                   |
| <b>Hauteur d'eau dans l'ouvrage</b>   | 3.1 m                    |

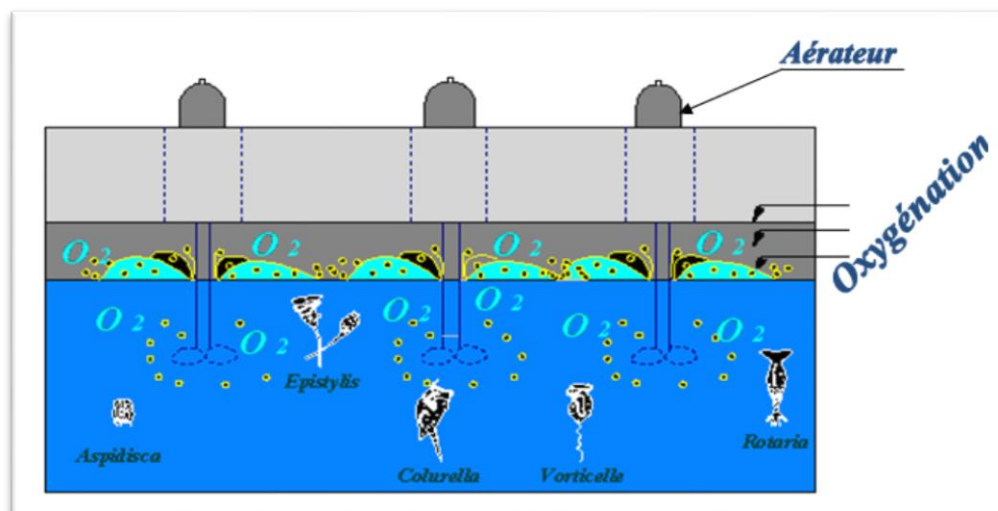
### II.1.3 Le Traitement biologique

Les eaux décantées sont mises en contact avec une culture biologique, appelée « boue activée », riche en micro-organismes qui vont assurer l'élimination de la pollution biodégradable.

**Tableau.05** : Les caractéristiques de traitement biologique de la STEP de Khenchela  
(Djeddou, 2014)

| Désignation                         | Unité               | A partir de 2015 |
|-------------------------------------|---------------------|------------------|
| Débit max à traiter                 | m <sup>3</sup> /h   | 467              |
| Nombre des bassins                  | /                   | 8                |
| Longueur de chaque bassin           | m                   | 23               |
| Largeur de chaque bassin            | m                   | 18               |
| Forme géométrique de l'ouvrage      | Rectangulaire       | Rectangulaire    |
| Nombre de filles                    | U                   | 02               |
| Charge massique (cm)                | Kg DBO <sub>5</sub> | 0,15             |
| Surface totale des bassins          | m <sup>2</sup>      | 3375             |
| Volume total des bassins            | m <sup>3</sup>      | 15187,5          |
| Hauteur d'eau dans l'ouvrage        | m                   | 4,5              |
| Concentration en MVS dans le bassin | g/l                 | 04               |
| Puissance installé                  | kW                  | 37               |

L'aération a pour rôle l'élimination de la pollution organique à l'aide des microorganismes (Bactéries épuratrice).



**Fig.07** : Le mécanisme de traitement au niveau de bassin d'aération  
(Bouaoune et al. 2013).



**Fig.08** : Bassin d'aération au niveau de la station de Khenchela.

#### **II.1.4 La clarification**

A pour rôle la séparation des eaux épurées et des boues, l'eau peut alors être rejetée à la rivière (Oued Bougheuel) qui a pour rôle de résorber la pollution grâce au processus de l'épuration naturelle.



**Fig.09** : Le bassin de clarification de la station de Khenchela.

## **II.2 Filière des boues**

La filière des boues au niveau de la station d'épuration de Khenchela est constituée de :

- Un poste de recirculation et extraction des boues comprend chacun trois pompes de recirculation d'une capacité unitaire de  $720\text{m}^3/\text{h}$  en amont du bassin.
- Un épaisseur gravitaire équipé de deux pompes volumétrique.
- Huit lits de séchage solaire.
- Unité de filtre a bandes (pas encore en fonctionnement).

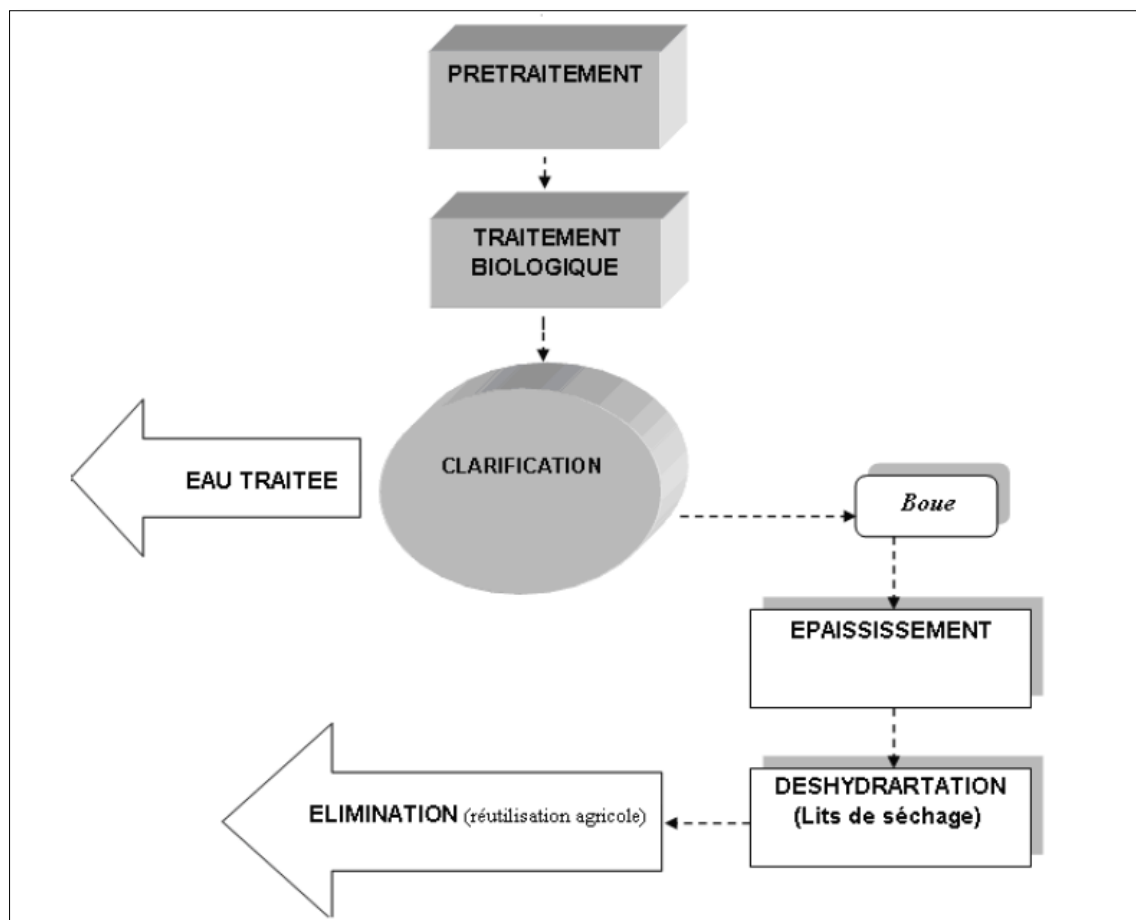
### **II.2.1 Epaisseur des boues**

L'objectif de l'épaississement des boues est la réduction du volume par augmentation gravitaire de la concentration. (Djeddi, 2007)



**Fig.10** : L'épaisseur de la STEP de Khenchela.





**Fig.12** : Schéma général de la filière de traitement des eaux usées de la STEP de Khenchela (Djeddou, 2014).

#### **IV. Réutilisation des eaux épurées et des boues de la station de Khenchela**

L'eau usée Epurée de la STEP peut être réutilisée en (Bouaoune et al. 2013) :

- Arrosage des espaces verts
- Lavage des trottoirs, de voitures
- Industrie
- Extinction des feux

## **CHAPITRE 2 : Matériel et méthodes.**

### **Introduction**

Une fois les échantillons au laboratoire, en général de nombreuses variables peuvent faire l'objet d'un examen. En général, les analyses portent sur les paramètres considérés comme classiques (pH, température, conductivité électrique), les solides (inorganiques et organiques), les éléments nutritifs comme les diverses formes d'azote, de phosphore et de carbone (Eaton et al. 2005)

### **I. Mode de prélèvement et Analyses**

Les analyses ont été effectuées du mois de juillet jusqu'au mois de décembre 2015. Pour cela, deux points de prélèvement ont été choisis : un prélèvement d'eau brute après l'étape de dégrillage. Un deuxième prélèvement de l'eau épurée à la sortie du décanteur.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont la température (T°C), la conductivité électrique (CE), le pH, les matières en suspension (MES), l'oxygène dissout (OD), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO5), les nitrates et les nitrites et les orthophosphates. Les cations et les anions sont mesurés dans des laboratoires externes

**Tableau.06** : Méthodologie des paramètres physico-chimiques au niveau de laboratoire de STEP Khenchela

| Paramètre  | Méthodes de mesures                                  |
|--|--|
| Température  | Le multiparamètre                                    |
| pH   | Le multiparamètre (électrode de pH)                  |
| CE   | Le multiparamètre (électrode de CE)                  |
| Oxygène Dissout  | Le multiparamètre (électrode d'OD)                   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , MES | Dosage colorimétrique par spectrophotomètre de masse |
| DBO5   | DBO mètre  |
| DCO  | Colorimétrie   |

### **I.1 Méthodes de détermination des caractéristiques physico-chimiques des effluents de la STEP**

#### **I.1.1 le pH**

La mesure est réalisée à l'aide d'un multiparamètre de type HQ40D, muni d'une électrode (pH mètre) préalablement étalonné avec des solutions tampon pH = 4 puis pH = 7. La méthode a consisté à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un

bêcher, avec une agitation manuelle. Nous avons noté le pH Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre.



**Fig.13** : Le multi-paramètre HACH Q40D (mesure de pH).

### **I.1.2 Détermination de la conductivité électrique (CE)**

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure est faite à l'aide d'une électrode de CE placée sur le multi-paramètre.

La conductivité d'une solution est affectée par la température de la solution. Donc il est nécessaire de lier les mesures de conductivité à une température de référence : 25°C.

### **I.1.3 La température**

La température est déterminée en même temps que la conductivité électrique et le pH sur le cadran.

### **I.1.4 L'oxygène dissout**

L'oxygène dissout est un composé essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Nous avons effectué la mesure à l'aide d'un multi-paramètre équipé par une électrode d'OD.



**Fig.14** : Mesure de l'oxygène dissout (OD) au niveau de laboratoire de l'ONA Khenchela.

### **I.1.5 Les matières en suspension (M.E.S)**

Pour la détermination des matières en suspension (M.E.S) nous avons utilisé un colorimètre de type DR 890 .

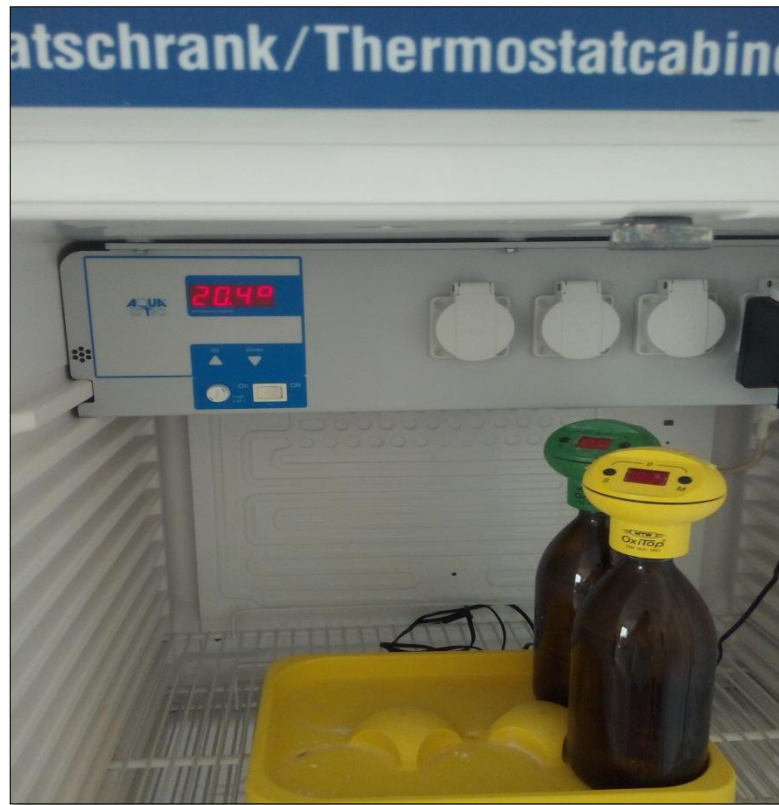


**Fig.15** : Le colorimètre HACH DR890.

### **I.1.6 La demande biochimique en oxygène (DBO5)**

Le DBO5 est mesuré par méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermostatée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens. La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde asymétrique.

La méthode utilisée est celle de système de mesure OxiTop. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs. (fig.16)



**Fig.16** : La mesure de DBO5 dans 5 jours dans une armoire thermorégulatrice.

### **I.1.7 La demande chimique en oxygène DCO**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée pour oxyder par voie chimique certaines matières oxydables contenues dans l'échantillon.

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium,  $K_2Cr_2O_7$  dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions  $Ag^+$  comme catalyseurs d'oxydation et d'ions  $Hg^{2+}$  permettant de complexer les ions chlorures (Norme NF T 90-10, équivalente ISO 6060) et les résultats sont obtenus par un colorimètre de type HACH DR890.



**Fig.17** : Ecran de colorimètre après mesure de DCO des eaux de sortie de la STEP de Khenchela.

### **I.1.8 Les nitrates $\text{NO}_3^-$**

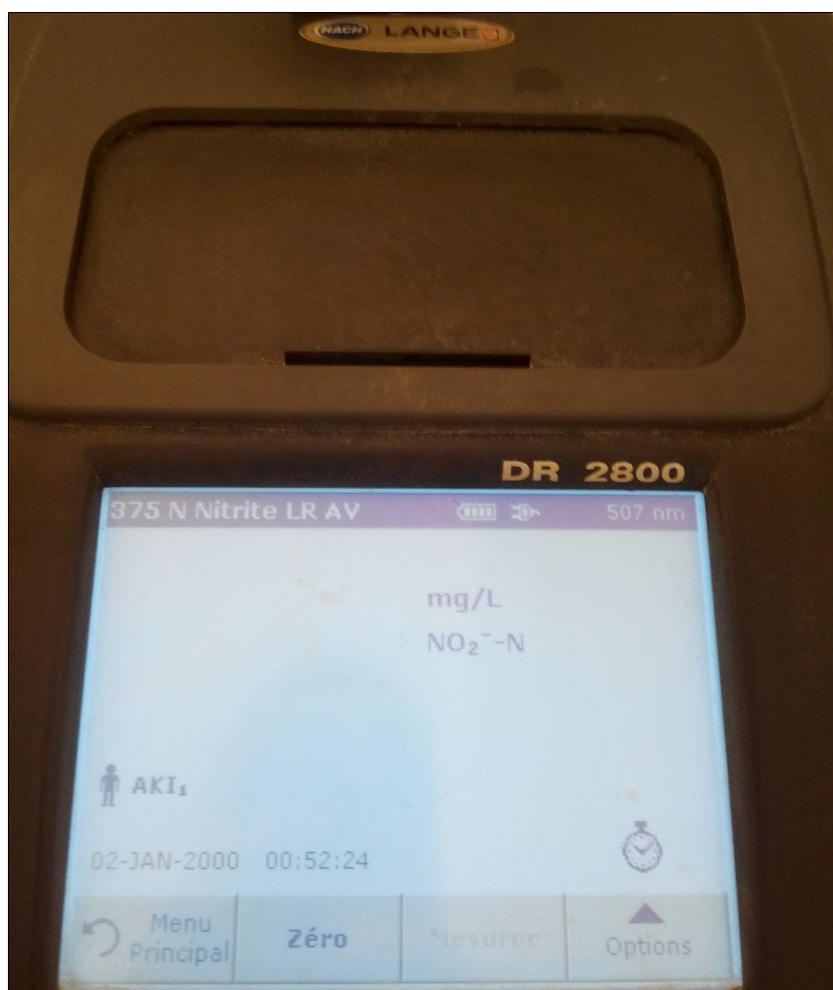
La méthode de la réduction au cadmium a été appliqué pour la gamme 0 à 30.0 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Le cadmium réduit les nitrates en nitrites. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec de l'acide sulfurique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Le sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution colorée ambre. L'absorbance est mesurée à 500nm. (Méthode colorimétrique n° 355 HACH)



**Fig.18** : Différents solutions pour la mesure des nitrates.

### **I.1.9 Les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**

Ils sont mesurés pour la gamme 0 à 0.3 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les nitrites présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo tropique. (La méthode colorimétrique n°375 HACH). L'absorbance est mesurée à 507nm et la couleur résultante est rose.



**Fig.19** : Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de la calcule de nitrite.

### **I.1.10 Le phosphore PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

Pour la détermination du phosphore réactif, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°490 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg /l, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate (réagit avec le molybdate en milieu



## CHAPITRE 3 : Résultats et discussions

### Introduction

Dans cette partie on va évaluer la qualité des eaux épurées sortantes de la station d'épuration de Khenchela. Afin de déterminer la qualité des eaux usées de la station d'épuration de Khenchela, nous avons effectué des analyses de différents paramètres de pollution.

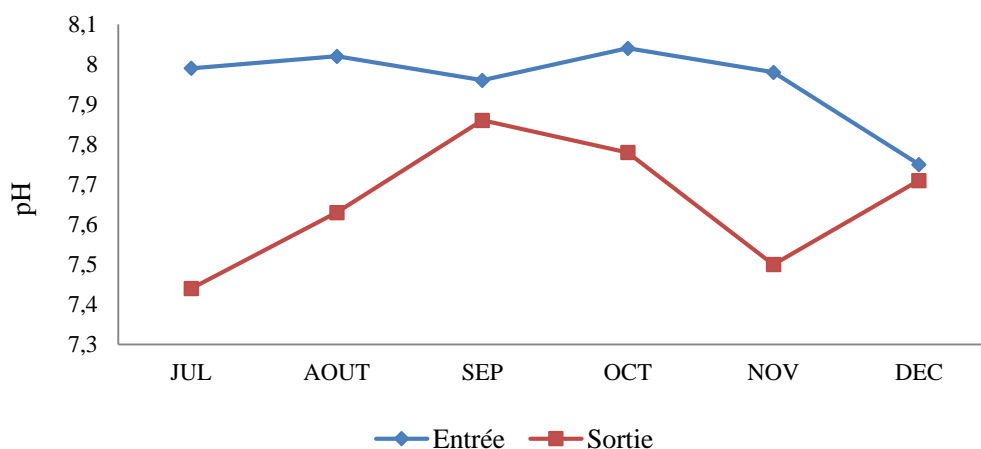
Les tableaux des résultats d'analyses (900 analyses) et les tableaux des normes sont présentés en annexes.

#### 1. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité ; une eau a un pH de l'ordre de 7 est dite neutre, un pH inférieur à 7 l'eau est dite acide et un pH supérieur à 7, elle est dite basique. Etant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre-indication à la potabilité.

C'est l'un des paramètres les plus importants pour évaluer la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement. (Rodier et al, 2005).

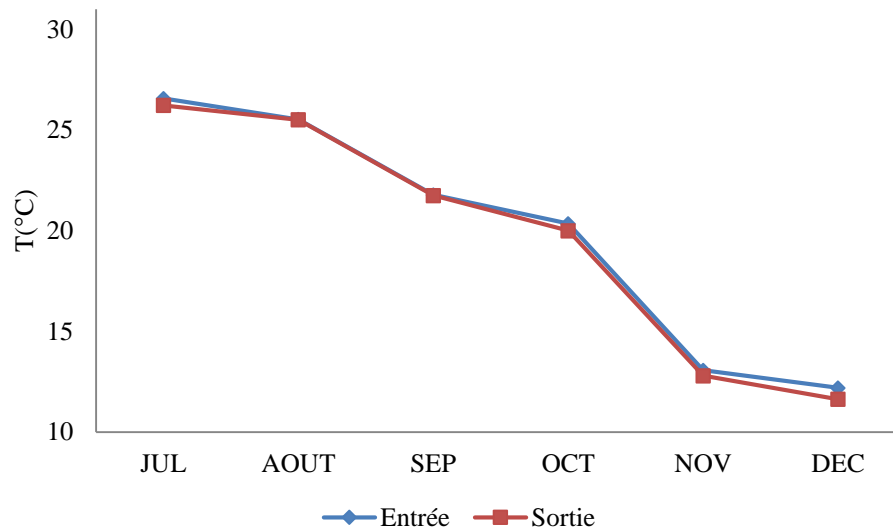
Les résultats montrent des valeurs de pH entre 7,44 et 7,86 pour les eaux épurées et entre 7,75 et 8,04 pour les eaux brutes, les valeurs moyennes de la sortie sont parfaitement en accord avec les normes Algériennes des rejets vers la nature et pour des usages agricoles (6,5 à 8,5) (Annexes).



**Fig.20** : Variation du pH des eaux brutes et épurées de la STEP de Khenchela (2015)

## 2. La température

La température est un paramètre qui fluctue en fonction des saisons, de l'horaire de mesure ; de la position topographique (abritée/exposée). La STEP de Khenchela, montre des températures légèrement plus élevées particulièrement en période estivale.



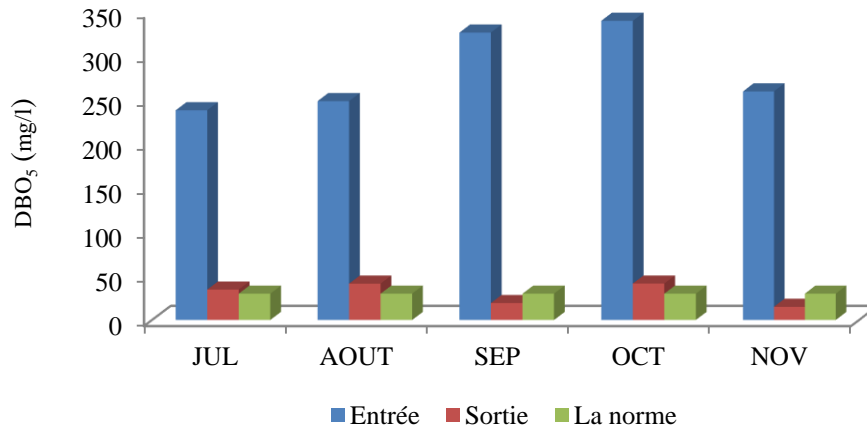
**Fig.21 :** Variation mensuelles de la température des eaux brutes et épurées de la STEP (Khenchela, 2015)

Les variations de la température de la STEP ont des effets importants car elles influencent le développement des colonies de micro-organismes (Liss, and Allen. 1992).

A l'entrée de la STEP, la température de l'eau en moyenne est de 19,92 °C, à la sortie de la STEP, la température de l'eau en moyenne est de 19,65 °C, cette valeur est inférieure au seuil 30°C (normes OMS et JORAD)

## 3. Les matières en suspensions (MES)

Les valeurs des MES à l'entrée varient entre 150,21 et 193,5 mg/l. A la sortie de du traitement, on enregistre des valeurs des MES généralement en accord avec les normes fixées à un maximum de 30 mg/l, la valeur moyenne des MES des eaux épurées est 26,86 mg/l cette valeur est inférieure à 30mg/l qui est la valeur exigée par le JORAD qui cite les normes fixées sur la REUE à l'irrigation, mais elle est supérieur à celle de l'OMS (10 mg/l).

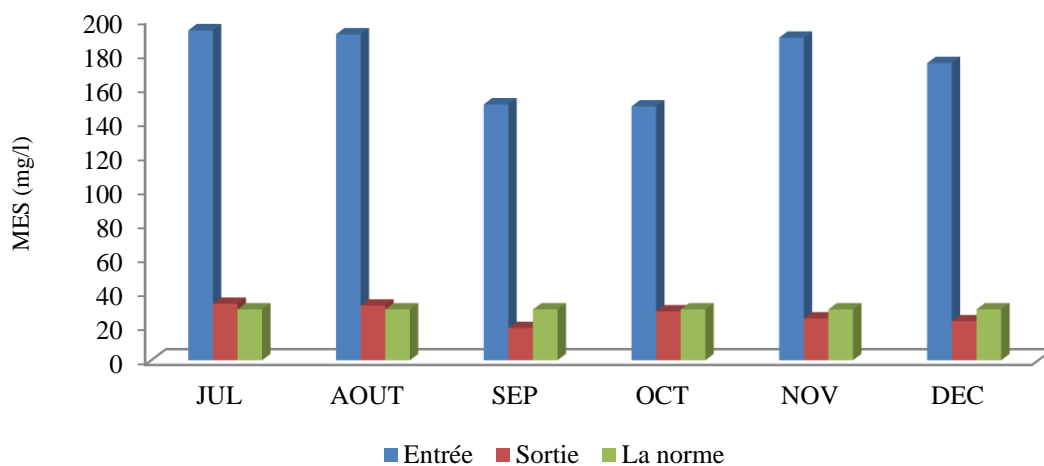


**Fig.22 :** Variation mensuelles des MES des eaux brutes et épurées de la STEP

#### 4. La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La figure suivante représente la variation de la DBO<sub>5</sub> des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP, notons que l'eau à l'entrée présente une DBO<sub>5</sub> qui varie entre 238.67 et 340 mg d'O<sub>2</sub>/l. Par contre, la DBO<sub>5</sub> présente une diminution importante de l'affluent de sortie avec des valeurs inférieures à la limite optimale de la sortie durant les mois de septembre et novembre, pour les autres mois la concentration en DBO<sub>5</sub> dépasse cette limite avec des quantités faibles.

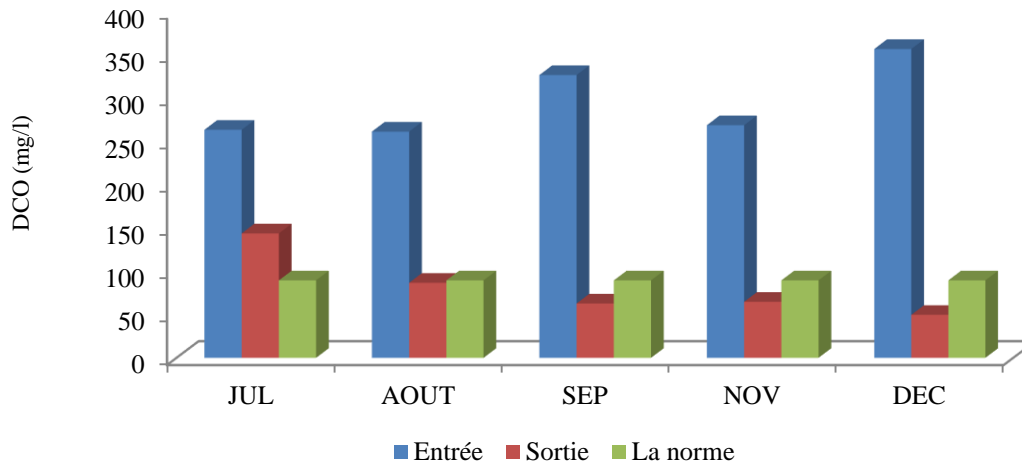
la DBO<sub>5</sub> en moyenne est de 30,38 mg/l, selon le JORAD la valeur limite pour la REUE en irrigation est 30 mg/l, concernant les normes des rejets vers le milieu naturel la limite est la même.



**Fig.23 :** Variation mensuelles de la DBO<sub>5</sub> des eaux brutes et épurées de la STEP

## 5. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'évaluer la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau.



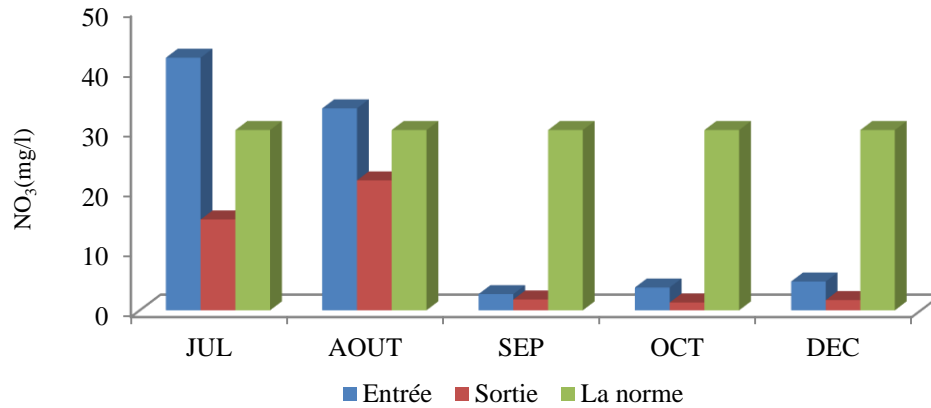
**Fig.24 :** Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes et épurées de la STEP

La valeur minimale est celle du mois d'Août et elle est de l'ordre de 261,75 mg O<sub>2</sub>/l, tandis que la valeur maximale (357 mg O<sub>2</sub>/l) est enregistrée au mois de décembre (Fig.24), les valeurs sont inférieures à la concentration maximale admissible des EUE destinées à l'irrigation selon le JORAD (90 mg/l), sauf la valeur du mois de juillet.

## 6. Les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote et la plus soluble. Ils sont le résultat de la deuxième étape de la nitrification.

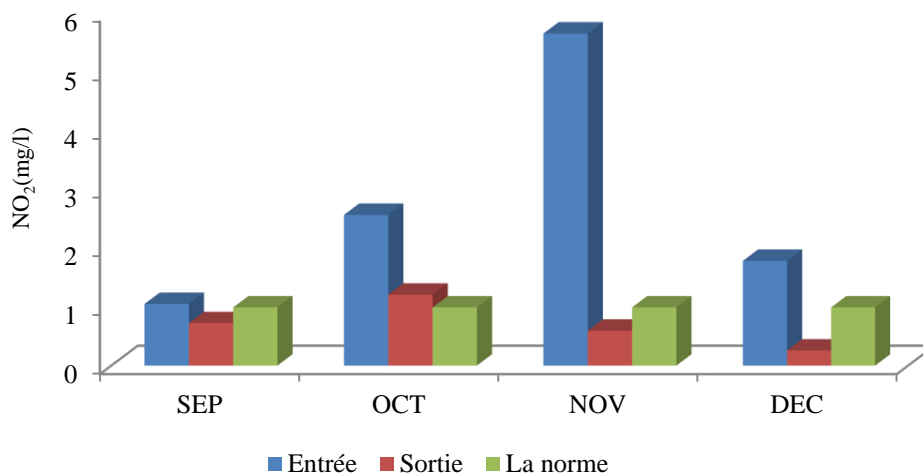
A l'entrée, les concentrations des eaux en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont faibles. Les valeurs ne dépassent pas 42 mg/l. Les eaux sortant du traitement montrent des valeurs très faibles dont la valeur maximale est de l'ordre de 21,64 mg/l enregistrée en mois d'Août (Fig.25). Les fortes concentrations des nitrates à la sortie restent très conformes aux normes de l'OMS (50 mg/l) et aux normes de JORAD (30 mg/l).



**Fig.25 :** Evolution mensuelle des concentrations en NO<sub>3</sub> des eaux brutes et épurées de la STEP

### 7. Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

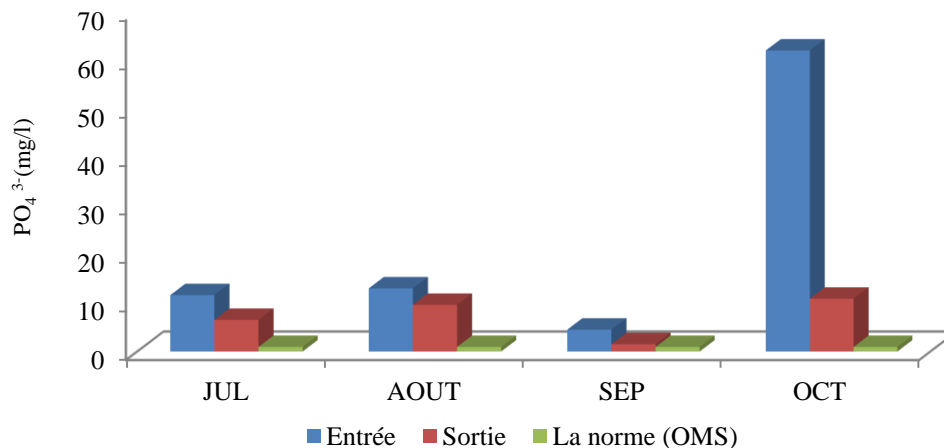
Les concentrations en nitrites des eaux à la sortie secondaire sont très faibles et elles varient entre 0,26 mg/l et 1,22 mg/l (Fig.26). Les faibles concentrations en nitrites de l'affluent à la sortie du traitement secondaire, pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ce dernier est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium (Thomas In : N'Diaye, 2011). La moyenne des résultats de ces quatre mois est de 0,70 mg/l, cette valeur est conforme aux normes de l'OMS (1 mg/l).



**Fig.26 :** Variation mensuelle de la concentration en NO<sub>2</sub> des eaux brutes et épurées de la STEP

## 8. Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La variation de la concentration des eaux en  $\text{PO}_4^{3-}$  à l'entrée et à la sortie du traitement (Fig.27) révèle que la valeur maximale est enregistrée au mois d'octobre elle est de l'ordre de 62 mg/l. Tandis que le mois de septembre a connu la valeur minimale qui est égale à 4,5 mg/l (l'OMS à fixer la norme limite à 0.94 mg/l).



**Fig.27 :** Variation mensuelle de la concentration en orthophosphates des eaux brutes et épurées de la STEP

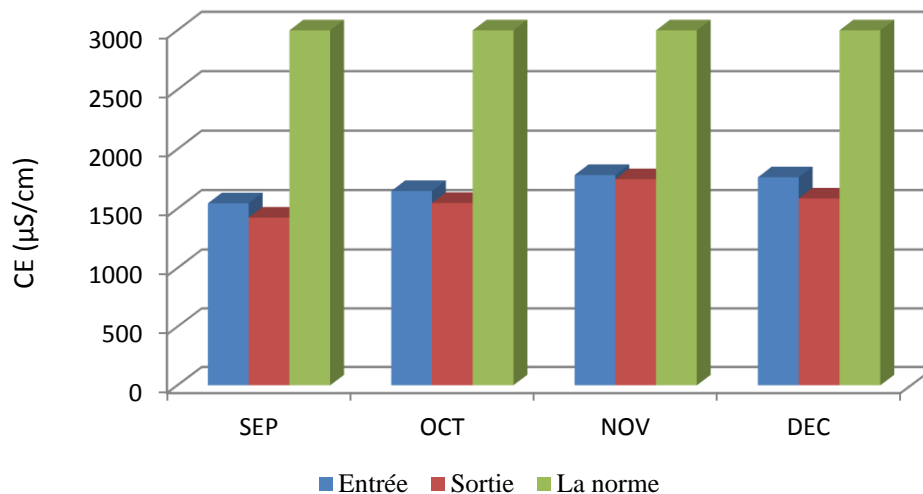
Les valeurs des EUE (Fig.27) dépassent la norme de l'OMS autorisée pour la réutilisation en agriculture (0.94 mg/l).

## 9. La conductivité électrique

La conductivité est probablement l'une des plus simples et des plus importantes mesures pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale de l'eau et renseigne sur le taux de salinité des eaux brutes entrant à la STEP. Les eaux brutes ont une conductivité supérieure à celle des eaux épurées sauf dans le mois de juillet et le mois d'août (Fig.28). Alors que la diminution marquée au niveau des autres mois est liée à l'effet de dilution dû aux précipitations enregistrées durant ces mois.

Ces valeurs enregistrées à la sortie permettent de constater qu'elles sont dans les normes des rejets vers l'irrigation selon le JORAD et aussi l'OMS (3 ms/cm)

La valeur moyenne de la conductivité électrique des eaux brutes et épurées de la STEP sont respectivement de l'ordre de 1719 et 1665  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Fig.28 :** Variation mensuelle de la conductivité des eaux usées brutes et épurées de la STEP

### 10. Les métaux lourds ( les éléments toxiques )

La présence de métaux lourds ou d'éléments toxiques dans l'effluent de la station de traitement des eaux usées par boues activées affecte les mécanismes biologiques et biochimiques responsables de la dégradation de la matière polluante. En effet, l'arrivée d'une concentration importante de métaux lourds dans le réacteur risque de perturber le développement de la biomasse présente.

**Tableau.07 :** Comparaison entre les valeurs des ETM des eaux épurées de la STEP de Khenchela (2015) et les normes Algériennes et mondiales

| Les Paramètres | Eau épurée (mg/l) | Normes JORAD (mg/l) | Normes OMS (mg/l) |
|----------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Chrome</b>  | 0,2               | 1,0                 | 0,1               |
| <b>Nickel</b>  | 0,04              | 2,0                 | -                 |
| <b>Cuivre</b>  | 0,01              | 5,0                 | -                 |
| <b>Cadmium</b> | 0,01              | 0,05                | 0,01              |
| <b>Plomb</b>   | <0,4              | 10,0                | 0,05              |
| <b>Zinc</b>    | 0,1               | 10,0                | 2,0               |
| <b>Cobalt</b>  | <0,01             | 5,0                 | -                 |
| <b>Fer</b>     | 0,3               | 20                  | -                 |

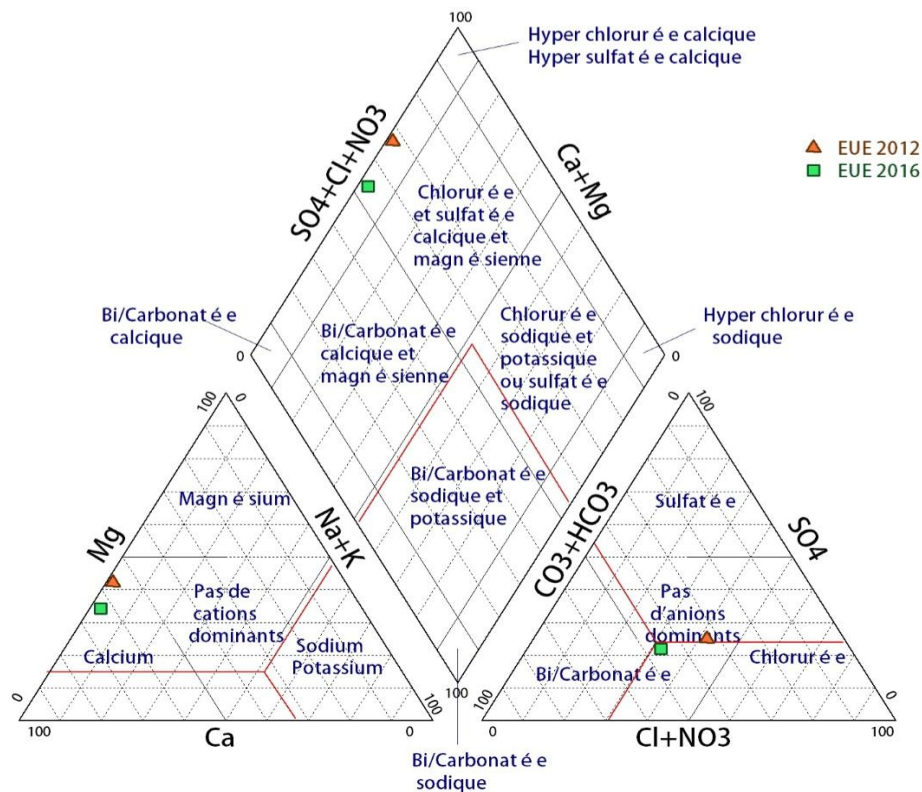
## 11. Identification des faciès chimiques des eaux épurées

Pour une meilleure vision de l'aspect qualitatif des eaux souterraines ainsi que l'évolution, la représentation graphique des résultats d'analyse reste un outil incontournable.

### 11.1 Diagramme de PIPER

Ce diagramme est un autre mode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. De forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de faciès (Fig. 29). Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Sur le diagramme de Piper nous allons interpréter les résultats d'analyses hydrochimiques pour avoir une idée sur le faciès chimique des eaux usées épurées.



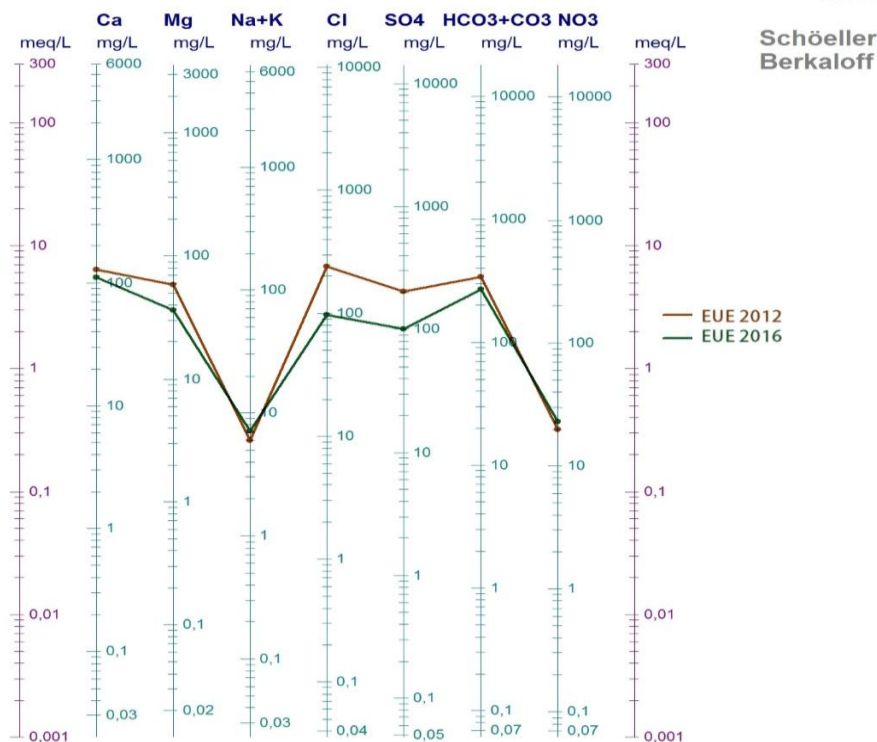
**Fig.29** : Diagramme de Piper des eaux épurées de la STEP de Khenchela

D'après le diagramme de Piper, le faciès dominant pour les deux périodes (2012 et 2016) est chloruré et sulfaté calcique et magnésienne.

## 11.2 Diagramme de Schoeller Berkallof

Ce type de représentation Schoeller est repris par Berkallof, consiste à reporter sur les axes logarithmiques les éléments chimiques (anions et cations), les valeurs des concentrations des éléments chimiques en mg/l pour chaque point de prélèvement.

Le diagramme de Schoeller Berkallof confirme le faciès chloruré des deux échantillons. (Fig.30)



**Fig.30 :** Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux épurées de la STEP (Khenchela)

## 12. L'aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

Cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel de la chimie des eaux, en fonction de la variation des paramètres physico-chimiques.

Un plan de travail a été adopté, il consiste à réaliser un prélèvement des eaux usées à la sortie de la STEP de Khenchela avec une analyse complète des paramètres physico-chimiques pour : voir l'état actuel des eaux de la station d'épuration, leur aptitude à l'irrigation et le rendement de la STEP.

### **12.1 Calcul des paramètres des eaux à usage agricole :**

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux pour l'irrigation se résumant donc à la concentration en sels dissous exprimée par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. (Rouabhia et al. 2010)

Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques. (Rouabhia et al. 2010)

Pour le sodium, il a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des sols. La présence de  $Na^+$  a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Cet effet est interprété par différents auteurs en calculant plusieurs paramètres tels que le SAR déjà signalé :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

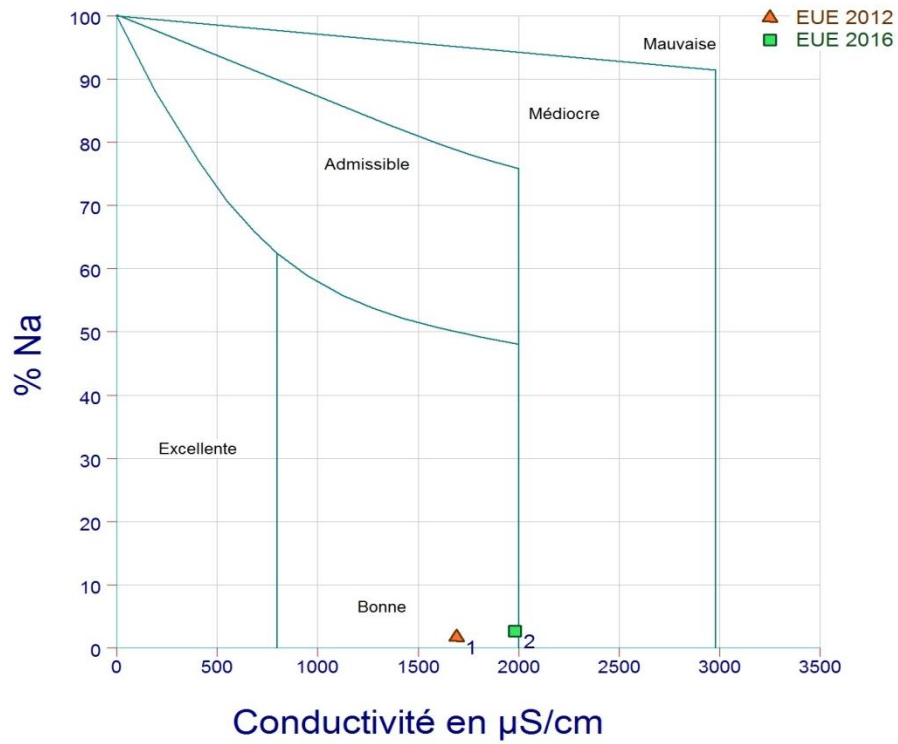
Le pourcentage en sodium est donné par

$$\%Na = \frac{(Na^+ + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \times 100$$

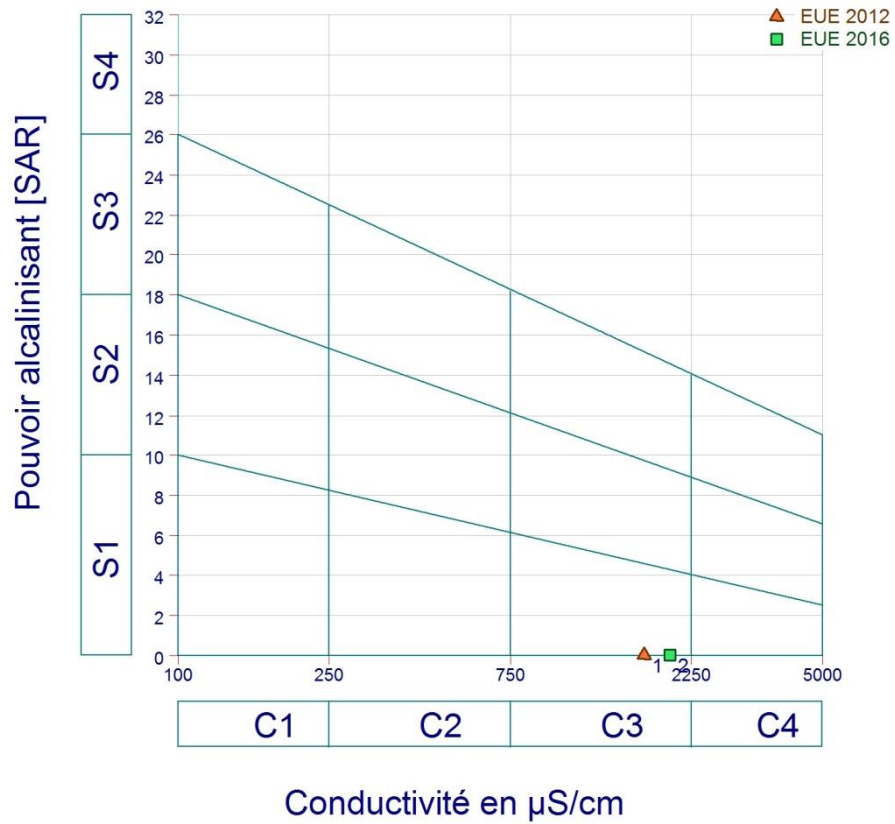
### **13. Résultats et discussions**

Concernant le pourcentage de sodium et la conductivité électrique, le schéma (Fig.31), montre que les deux échantillons d'eau épurée tombent dans la catégorie de la bonne qualité des eaux pour l'irrigation. Les valeurs de conductivité et SAR reportées sur un diagramme US salinité (Fig.32), montre les classes d'eau selon le procédé de RS.

Les eaux ont été trouvés principalement dans la classe de type de l'eau : C3S1 (salinité élevée et faible alcalinité). Cette classe est considérée comme appropriée à des fins agricoles mais avec conditions : La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés (Tableau.08).



**Fig.31** : Diagramme de Wilcox des eaux épurées (STEP, Khenchela)



**Fig.32** : Diagramme du SAR des eaux épurées (STEP, Khenchela).

**Tableau.08** : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR) (OMS, 2009)

| Degrés | Qualité    | Classes  | Etat d'utilisation  |
|--------|------------|--|---|
| 1      | Excellente | C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> -S <sub>2</sub>                                  | Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols  |
| 2      | Bonne      | C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>                                  | Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)                   |
| 3      | Admissible | C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> -S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> -S <sub>2</sub> | La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés                 |
| 4      | Médiocre   | C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> , C <sub>3</sub> -S <sub>3</sub> | Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité) |
| 5      | Mauvaise   | C <sub>3</sub> -S <sub>4</sub> , C <sub>4</sub> -S <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> -S <sub>4</sub> | Inutilisable  |

CONCLUSION  
GENERALE

## **CONCLUSION GENERALE**

Ce travail a été réalisé dans le but d'établir un diagnostic de l'état physicochimique des eaux usées épurées de la STEP de Khenchela, de déduire la performance de cette station et d'étudier si la qualité de ces eaux sont conformes aux normes locales et internationales d'irrigation ou non.

La première partie du mémoire a donc consisté en un état des connaissances sur les différents types des eaux usées, les paramètres de pollution et les procédés de traitement des eaux usées, la description et le fonctionnement de la station d'épuration de Khenchela et enfin les différents méthodes d'analyses des eaux présentent dans le laboratoire de l'ONA .

La seconde partie de notre travail a été consacrée à la présentation des résultats d'essais expérimentaux que nous avons réalisés dans le cadre de cette étude structurés en plusieurs histogrammes et diagrammes hydrochimiques (Piper, Schoeller Berkloff).

Au terme de notre étude, et selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire de la station, nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux épurées et celles des eaux brutes, cela reflète le degré d'efficacité du traitement des eaux résiduaires de Khenchela qui a un rendement pouvant atteindre 98 %.

La comparaison entre les valeurs des différents paramètres physicochimiques (pH, température, CE, DCO, DBO<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, ...Etc.) des eaux usées épurées de la station d'épuration de Khenchela avec les normes d'irrigations fixées par l'OMS et le journal national montrent que toutes les valeurs sont inférieures aux limites.

Selon les résultats du SAR, l'aptitude de ces eaux à l'irrigation sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que la salinité doit être contrôlée avec et les cultures convenables sont les cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainés.

# LES ANNEXES

## LES ANNEXES

### Annexe.01 : Résultats des analyses de mois de juillet 2015

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | O <sub>2</sub> | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | DBO <sub>5</sub> | P0 <sub>4</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|----------------|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 07-07E | 23,7 | 1817         | 180 | 8,08 | 2,5            | 209 |                 |                 |                  |                 |
| 07-07S | 23,5 | 1804         | 29  | 7,64 | 2,1            | 156 |                 |                 |                  |                 |
| 08-07E | 25,9 | 1817         | 180 | 7,53 | 1,5            | 280 | 72,5            | 50              |                  |                 |
| 08-07S | 26,6 | 1841         | 35  | 7,22 | 0,29           | 166 | 36,4            | 13,1            |                  |                 |
| 09-07E | 26,9 | 1861         | 195 | 7,98 | 3,2            |     |                 |                 | 306              |                 |
| 09-07S | 26,5 | 1804         | 30  | 7,2  | 1,6            |     |                 |                 | 37               |                 |
| 12-07E | 26,5 | 1851         | 210 | 8,08 | 1,6            |     |                 |                 |                  | 14,2            |
| 12-07S | 25,1 | 1816         | 32  | 7,77 | 2,5            |     |                 |                 |                  | 9,25            |
| 13-07E | 26,5 | 1851         | 120 | 7,97 | 2,4            | 307 |                 |                 |                  |                 |
| 13-07S | 26,7 | 1872         | 38  | 7,14 | 1,6            | 57  |                 |                 |                  |                 |
| 14-07E | 26,5 | 1804         | 280 | 7,97 | 1,5            |     |                 |                 |                  | 12,4            |
| 14-07S | 26,3 | 1804         | 42  | 7,2  | 1,2            |     |                 |                 |                  | 6,66            |
| 15-07E | 26,5 | 1704         | 199 | 8,02 | 2,6            |     |                 |                 | 240              |                 |
| 15-07S | 26,5 | 1700         | 32  | 7,62 | 1,7            |     |                 |                 | 33               |                 |
| 26-07E | 27,5 | 1815         | 210 | 8,5  | 2,6            | 165 | 15,8            | 28,9            |                  |                 |
| 26-07S | 27   | 1800         | 42  | 7,97 | 1,4            | 72  | 3,6             | 11,6            |                  |                 |
| 27-07E | 26,7 | 1871         | 154 | 7,97 | 1,7            | 192 | 32,7            | 47,1            | 170              |                 |
| 27-07S | 26,4 | 1870         | 32  | 7,02 | 1,2            | 55  | 30              | 20,7            | 34               |                 |
| 28-07E | 27,4 | 1905         | 194 | 7,79 | 0,99           | 320 |                 |                 |                  |                 |
| 28-07S | 26,8 | 1871         | 38  | 7,82 | 0,16           | 75  |                 |                 |                  |                 |
| 29-07E | 27,5 | 1804         | 202 | 7,99 | 1,5            | 432 |                 |                 |                  | 8,2             |
| 29-07S | 26,3 | 1704         | 38  | 7,05 | 1,3            | 41  |                 |                 |                  | 3,6             |
| 30-07E | 27,2 | 1904         | 198 | 8    | 1,7            | 206 |                 |                 |                  |                 |
| 30-07S | 27   | 1960         | 12  | 7,66 | 1,2            | 28  |                 |                 |                  |                 |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.02 : Résultats des analyses de mois d'Aout 2015**

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | O <sub>2</sub> | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | DBO <sub>5</sub> | P0 <sub>4</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|----------------|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 02-08E | 25,3 | 1820         | 160 | 7,98 | 0,3            | 320 |                 |                 | 190              |                 |
| 02-08S | 25,4 | 1817         | 31  | 7,87 | 0,21           | 48  |                 |                 | 40               |                 |
| 03-08E | 26,7 | 1915         | 184 | 8,31 | 0,55           | 198 |                 |                 |                  | 1,2             |
| 03-08S | 25,7 | 1871         | 35  | 8,01 | 0,18           | 198 |                 |                 |                  | 1,1             |
| 04-08E | 26,3 | 18,17        | 198 | 8,18 | 1,08           |     |                 |                 | 210              |                 |
| 04-08S | 26,8 | 1809         | 42  | 7,94 | 0,25           |     |                 |                 | 45               |                 |
| 05-08E | 28,7 | 1807         | 198 | 7,77 | 10,8           |     | 23,5            | 47,7            |                  | 6,2             |
| 05-08S | 26,9 | 1819         | 35  | 7,37 | 3,6            |     | 30,6            | 32,2            |                  | 6               |
| 06-08E | 26,8 | 1904         | 220 | 8,02 | 0,25           |     |                 |                 |                  |                 |
| 06-08S | 26,3 | 1991         | 42  | 7,64 | 0,14           |     |                 |                 |                  |                 |
| 11-08E | 26,3 | 1817         | 196 | 7,99 | 0,55           |     |                 |                 |                  | 20,9            |
| 11-08S | 26,5 | 1891         | 18  | 7,02 | 0,3            |     |                 |                 |                  | 18,2            |
| 11-08E | 24,8 | 1815         | 192 | 8,12 | 1,66           |     |                 |                 |                  | 13,4            |
| 11-08S | 24,5 | 1812         | 85  | 7,77 | 2,9            |     |                 |                 |                  | 10,4            |
| 13-08E | 25,7 | 1817         | 199 | 8,02 | 1,83           |     |                 |                 |                  |                 |
| 13-08S | 25,6 | 1804         | 22  | 7,97 | 1,7            |     |                 |                 |                  |                 |
| 14-08E | 25,9 | 1714         | 202 | 7,97 | 1,83           | 250 |                 |                 | 305              |                 |
| 14-08S | 26,3 | 1825         | 22  | 7,17 | 2,6            | 59  |                 |                 | 32               |                 |
| 15-08E | 25,5 | 1817         | 204 | 8,02 | 1,5            |     |                 |                 |                  | 27              |
| 15-08S | 24,1 | 1820         | 15  | 7,97 | 3,17           |     |                 |                 |                  | 12,5            |
| 19-08E | 22,5 | 1861         | 180 | 8    | 2,4            |     |                 |                 |                  |                 |
| 19-08S | 22,8 | 1904         | 28  | 7,77 | 1,6            |     |                 |                 |                  |                 |
| 20-08E | 24,7 | 1905         | 202 | 7,77 | 2,5            |     | 23,7            |                 |                  | 9,17            |
| 20-08S | 24,3 | 1871         | 38  | 7,03 | 2,1            |     | 18,5            |                 |                  | 9,2             |
| 23-08E | 22,5 | 1841         | 157 | 8,02 | 1,9            | 279 | 23,5            |                 |                  |                 |
| 23-08S | 22   | 1817         | 28  | 8    | 0,58           | 44  | 21,6            |                 |                  |                 |
| 24-08E | 23,7 | 1714         | 280 | 8,35 | 1,25           |     |                 | 32,6            |                  |                 |
| 24-08S | 28,9 | 1721         | 45  | 8,02 | 0,99           |     |                 | 18,5            |                  |                 |
| 25-08E | 24,6 | 1871         | 182 | 7,92 | 1,88           |     |                 | 20,5            | 360              |                 |
| 25-08S | 24,5 | 1905         | 36  | 7,79 | 2,6            |     |                 | 14,2            | 45               |                 |
| 26-08E | 25,9 | 1817         | 199 | 7,95 | 1,2            |     |                 |                 |                  |                 |
| 26-08S | 24,7 | 1922         | 23  | 7,14 | 2,8            |     |                 |                 |                  |                 |
| 27-08E | 26,8 | 1817         | 192 | 8,2  | 1,7            |     |                 |                 | 180              |                 |
| 27-08S | 26   | 1815         | 29  | 7    | 2,6            |     |                 |                 | 45               |                 |
| 30-08E | 26   | 1905         | 186 | 8,02 | 1,7            |     |                 |                 |                  |                 |
| 30-08S | 26,5 | 1871         | 24  | 7,94 | 1,05           |     |                 |                 |                  |                 |
| 31-08E | 26,3 | 1871         | 101 | 7,94 | 2,5            |     |                 |                 |                  |                 |
| 31-08S | 26,9 | 1804         | 15  | 7,72 | 1,7            |     |                 |                 |                  |                 |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.03 : Résultats des analyses de mois de septembre 2015**

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | O <sub>2</sub> | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | DBO <sub>5</sub> | P0 <sub>4</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|----------------|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 01-09E | 24,8 | 1827         | 165 | 7,99 | 0,79           |     |                 |                 |                  |                 |
| 01-09S | 26,7 | 1904         | 26  | 7,7  | 1              |     |                 |                 |                  |                 |
| 02-09E | 23,9 | 1686         | 126 | 8,1  | 0,29           | 448 |                 |                 |                  |                 |
| 02-09S | 23,6 | 1660         | 32  | 7,72 | 1,76           | 67  |                 |                 |                  |                 |
| 03-09E | 23,9 | 1856         | 146 | 7,78 | 1,17           | 156 |                 |                 |                  |                 |
| 03-09S | 23,1 | 1827         | 26  | 7,15 | 2,83           | 72  |                 |                 |                  |                 |
| 04-09E | 24,3 | 1437         | 125 | 8    | 0,15           |     |                 |                 | 240              |                 |
| 04-09S | 24,2 | 1533         | 16  | 7,98 | 3,56           |     |                 |                 | 18               |                 |
| 07-09E | 23,3 | 1120         | 114 | 8,21 | 4,29           | 167 | 0,98            |                 |                  | 4,5             |
| 07-09S | 24   | 1476         | 18  | 8,03 | 2,81           | 72  | 0,87            |                 |                  | 1,5             |
| 09-09E | 21,8 | 1368         | 166 | 7,33 | 0,79           | 140 |                 |                 |                  |                 |
| 09-09S | 21   | 1220         | 12  | 7,96 | 2,79           | 42  |                 |                 |                  |                 |
| 10-09E | 21,3 | 1552         | 164 | 7,82 | 0,9            |     |                 |                 |                  |                 |
| 10-09S | 21,3 | 1231         | 15  | 7,77 | 2,3            |     |                 |                 |                  |                 |
| 13-09E | 21   | 1440         | 173 | 7,78 | 0,72           |     |                 | 3,5             |                  |                 |
| 13-09S | 21,2 | 1230         | 18  | 7,78 | 1,93           |     |                 | 1,7             |                  |                 |
| 14-09E | 22,3 | 1389         | 213 | 7,77 | 0,91           | 431 |                 | 1,91            |                  |                 |
| 14-09S | 22,1 | 1221         | 25  | 7,89 | 2,3            | 55  |                 | 1,9             |                  |                 |
| 15-09E | 22,4 | 1442         | 152 | 7,91 | 0,87           |     |                 |                 |                  |                 |
| 15-09S | 22,2 | 1289         | 15  | 7,72 | 1,76           |     |                 |                 |                  |                 |
| 16-09E | 23,5 | 1454         | 150 | 7,97 | 0,72           | 382 | 1,03            |                 | 420              |                 |
| 16-09S | 23,2 | 1332         | 18  | 7,5  | 2,2            | 62  | 0,92            |                 | 18               |                 |
| 20-09E | 21,3 | 1556         | 156 | 8,06 | 0,14           |     |                 |                 |                  |                 |
| 20-09S | 21,7 | 1704         | 14  | 8    | 1,66           |     |                 |                 |                  |                 |
| 21-09E | 22,7 | 1472         | 122 | 8,04 | 0,72           |     |                 |                 | 320              |                 |
| 21-09S | 22,3 | 1325         | 13  | 8,2  | 1,31           |     |                 |                 | 22               |                 |
| 22-09E | 22,3 | 1552         | 152 | 8,07 | 0,88           |     |                 |                 |                  |                 |
| 22-09S | 22,1 | 1292         | 10  | 8,01 | 0,9            |     |                 |                 |                  |                 |
| 23-09E | 19,9 | 1620         | 120 | 8,01 | 0,77           |     |                 |                 |                  |                 |
| 23-09S | 19,7 | 1327         | 12  | 8,05 | 2,89           |     |                 |                 |                  |                 |
| 27-09E | 18,8 | 1622         | 165 | 8,01 | 0,72           | 465 |                 |                 |                  |                 |
| 27-09S | 19,1 | 1481         | 15  | 8,05 | 3,68           | 47  |                 |                 |                  |                 |
| 28-09E | 18,3 | 1559         | 143 | 8,11 | 0,82           | 427 | 1,18            |                 |                  |                 |
| 28-09S | 18,1 | 1341         | 39  | 8    | 2,3            | 89  | 0,42            |                 |                  |                 |
| 29-09E | 18,7 | 1592         | 114 | 8,2  | 0,97           |     |                 |                 |                  |                 |
| 29-09S | 18,3 | 1343         | 25  | 8,01 | 3,05           |     |                 |                 |                  |                 |
| 30-09E | 19,2 | 1820         | 188 | 8,01 | 0,82           |     |                 |                 |                  |                 |
| 30-09S | 19,3 | 1340         | 12  | 7,79 | 0,92           |     |                 |                 |                  |                 |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.04 : Résultats des analyses de mois d'octobre 2015**

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | OD   | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | DBO <sub>5</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|------|-----|-----------------|-----------------|------------------|
| 01-10E | 22,5 | 1550         | 172 | 7,97 | 0,91 |     |                 |                 |                  |
| 01-10S | 22,1 | 1332         | 14  | 7,78 | 2,3  |     |                 |                 |                  |
| 04-10E | 23,3 | 1772         | 112 | 7,72 | 1,01 |     |                 |                 |                  |
| 04-10S | 23,4 | 1553         | 15  | 7,89 | 2,72 |     |                 |                 |                  |
| 05-10E | 23,7 | 1712         | 131 | 7,77 | 1,02 |     | 1,92            |                 |                  |
| 05-10S | 23,5 | 1551         | 22  | 7,73 | 2,93 |     | 0,7             |                 |                  |
| 06-10E | 22,1 | 1670         | 122 | 7,87 | 0,88 |     |                 |                 |                  |
| 06-10S | 22,2 | 1420         | 17  | 7,57 | 3,02 |     |                 |                 |                  |
| 07-10E | 23,6 | 1661         | 167 | 8,25 | 0,6  |     |                 |                 |                  |
| 07-10S | 21,3 | 1233         | 26  | 8,07 | 0,48 |     |                 |                 |                  |
| 08-10E | 18,5 | 1771         | 172 | 8,2  | 0,82 |     |                 |                 |                  |
| 08-10S | 18,9 | 1523         | 17  | 8,03 | 1,3  |     |                 |                 |                  |
| 13-10E | 21,3 | 1243         | 146 | 7,96 | 0,16 |     |                 |                 |                  |
| 13-10S | 19,8 | 1505         | 36  | 7,97 | 2,97 |     |                 |                 |                  |
| 14-10E |      |              |     |      |      |     |                 |                 |                  |
| 14-10S | 19,6 | 1816         | 26  | 8,08 | 1,06 |     |                 |                 |                  |
| 18-10E | 21,7 | 1555         | 173 | 8,17 | 0,56 |     |                 |                 |                  |
| 18-10S | 21,7 | 1600         | 27  | 7,66 | 1,46 |     |                 |                 |                  |
| 19-10E | 19,4 | 1705         | 163 | 8,1  | 2,3  |     |                 | 3,8             | 320              |
| 19-10S | 18,9 | 1698         | 25  | 8,04 | 2,18 |     |                 | 1,3             | 45               |
| 20-10E | 20   | 1540         | 132 | 8,02 | 1,22 |     |                 |                 |                  |
| 20-10S | 19,5 | 1633         | 30  | 8,03 | 1,68 |     |                 |                 |                  |
| 21-10E | 17,7 | 1625         | 187 | 8,13 | 1,43 |     | 2,22            |                 | 360              |
| 21-10S | 18,9 | 1636         | 54  | 7,95 | 2,87 |     | 1,9             |                 | 38               |
| 22-10E | 16,9 | 1655         | 150 | 7,99 | 1,54 |     |                 |                 |                  |
| 22-10S | 17,6 | 1638         | 63  | 7,2  | 1,47 |     |                 |                 |                  |
| 25-10E | 18   | 1774         | 182 | 8,02 | 1,27 |     |                 |                 |                  |
| 25-10S | 17,5 | 1552         | 32  | 7,64 | 4,55 |     |                 |                 |                  |
| 26-10E | 17,9 | 1824         | 125 | 8,5  | 0,2  |     | 3,6             |                 |                  |
| 26-10S | 17   | 1548         | 26  | 7,64 | 3,84 |     | 1,08            |                 |                  |
| 27-10E | 18,7 | 1671         | 101 | 8,01 | 0,23 |     |                 |                 |                  |
| 27-10S | 18,2 | 1525         | 32  | 7,16 | 6,03 |     |                 |                 |                  |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.05 : Résultats des analyses de mois de novembre 2015**

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | OD   | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | DBO <sub>5</sub> | P0 <sub>4</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|------|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 10-11E | 18,7 | 1817         | 209 | 7,77 | 2,7  | 365 |                 |                 |                  |                 |
| 10-11S | 16,2 | 1815         | 42  | 7,2  | 2,95 | 64  |                 |                 |                  |                 |
| 15-11E | 13,2 | 1904         | 127 | 7,94 | 1,7  | 420 |                 |                 |                  |                 |
| 15-11S | 14,7 | 1861         | 22  | 7,72 | 0,26 | 92  |                 |                 |                  |                 |
| 16-11E | 14,9 | 1880         | 188 | 7,71 | 0,92 |     |                 |                 | 280              |                 |
| 16-11S | 14,5 | 1804         | 23  | 7,07 | 1,5  |     |                 |                 | 19               |                 |
| 17-11E | 14,3 | 1717         | 220 | 8,2  | 1,2  |     |                 |                 |                  |                 |
| 17-11S | 14,2 | 1812         | 24  | 7,61 | 1,9  |     |                 |                 |                  |                 |
| 18-11E | 14,8 | 1425         | 311 | 8,03 | 0,72 | 386 |                 |                 |                  |                 |
| 18-11S | 14,3 | 1428         | 15  | 7,86 | 2,04 | 30  |                 |                 |                  |                 |
| 19-11E | 10,5 | 1801         | 148 | 7,98 | 0,99 | 279 |                 |                 |                  |                 |
| 19-11S | 11,7 | 1716         | 31  | 7,14 | 1,7  | 83  |                 |                 |                  |                 |
| 22-11E | 13,9 | 1822         | 196 | 8,24 | 0,28 | 102 |                 |                 |                  |                 |
| 22-11S | 11,5 | 1871         | 18  | 7,17 | 3,42 | 65  |                 |                 |                  |                 |
| 23-11E | 12,4 | 1816         | 160 | 7,96 | 1,01 | 183 | 10              |                 |                  |                 |
| 23-11S | 12,5 | 1704         | 24  | 7,86 | 1,87 | 46  | 0,83            |                 |                  |                 |
| 24-11E | 11,7 | 1712         | 202 | 7,88 | 0,28 |     |                 |                 |                  |                 |
| 24-11S | 10,6 | 1724         | 28  | 7,26 | 1,99 |     |                 |                 |                  |                 |
| 25-11E | 10,2 | 1816         | 141 | 7,88 | 0,98 | 149 | 1,3             |                 |                  | 62              |
| 25-11S | 11,4 | 1804         | 22  | 7,14 | 2,13 | 76  | 0,3             |                 |                  | 10,86           |
| 26-11E | 10,7 | 1817         | 179 | 8,02 | 0,99 |     |                 |                 |                  |                 |
| 26-11S | 10,2 | 1722         | 25  | 7,98 | 2,21 |     |                 |                 |                  |                 |
| 29-11E | 11,5 | 1871         | 189 | 8,1  | 1,2  |     |                 |                 | 240              |                 |
| 29-11S | 11,7 | 1714         | 22  | 7,94 | 1,6  |     |                 |                 | 11               |                 |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.06 : Résultats des analyses de mois de décembre 2015**

| Date   | T°   | Conductivité | MES | pH   | OD   | DCO | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> |
|--------|------|--------------|-----|------|------|-----|-----------------|-----------------|
| 13-12E | 12   | 1772         | 149 | 7,73 | 1,3  | 357 |                 |                 |
| 13-12S | 11,9 | 1555         | 28  | 7,7  | 2,7  | 50  |                 |                 |
| 14-12E | 11,7 | 1820         | 210 | 7,77 | 1,01 |     |                 |                 |
| 14-12S | 11,8 | 1515         | 30  | 7,72 | 2,9  |     |                 |                 |
| 15-12E | 11,9 | 1701         | 164 |      | 0,99 |     | 1,8             | 4,8             |
| 15-12S | 11,5 | 1688         | 11  |      | 3,2  |     | 0,26            | 1,7             |
| 16-12E | 13,2 |              |     |      | 0,92 |     |                 |                 |
| 16-12S | 11,3 |              |     |      | 5,85 |     |                 |                 |

E : eau d'entrée, S : eau de sortie

**Annexe.07** : le rendement épuratoire (R) et l'exemple de la STEP de Khenchela (2015)

| Paramètre        | DBO     | DCO     | MES      | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> | PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |
|------------------|---------|---------|----------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| Valeur d'entrée  | 282,868 | 295,754 | 174,5617 | 2,7725          | 17,38           | 22,77                         |
| Valeur de sortie | 30,378  | 82,016  | 26,85667 | 0,7025          | 8,314           | 7,115                         |
| <b>R</b>         | 89,26   | 72,26   | 84,61    | 74,66           | 52,16           | 68,75                         |

Le rendement de la filière eau (R) traduit la réduction de la concentration en micropolluants entre l'entrée et la sortie d'une station, ou d'une étape du traitement.

R est calculé avec les flux de substances admis (F Eau tot,in) et rejetés (F Eau tot,out) selon l'équation :

$$R = \frac{(F \text{ Eau tot,in}) - (F \text{ Eau tot,out})}{(F \text{ Eau tot,in})} (\%)$$

**Annexe.08** : Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation selon le journal officiel de la république Algérienne N°41

| 20                                       |                             | JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41 |       | 25 Chaâbane 1433<br>15 juillet 2012 |  |
|--|-----------------------------|--|-------|-------------------------------------|--|
| <b>2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES</b> |                             |  |       |                                     |  |
|  |                             | PARAMETRES   | UNITÉ | CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE   |  |
| Physiques                                | pH                          |  | —     | 6.5 ≤ pH ≤ 8.5                      |  |
|  | MES                         |  | mg/l  | 30                                  |  |
|  | CE                          |  | ds/m  | 3                                   |  |
|  | Infiltration le SAR = 0 - 3 |  |       | 0.2                                 |  |
|  | 3 - 6                       |  |       | 0.3                                 |  |
|  | 6 - 12                      |  | ds/m  | 0.5                                 |  |
| Chimiques                                | 12 - 20                     |  |       | 1.3                                 |  |
|  | 20 - 40                     |  |       | 3                                   |  |
|  | DBO5                        |  | mg/l  | 30                                  |  |
|  | DCO                         |  | mg/l  | 90                                  |  |
|  | CHLORURE (Cl)               |  | meq/l | 10                                  |  |
| AZOTE (NO <sub>3</sub> - N)              |                             | mg/l   | 30    |                                     |  |
| Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )          |                             | meq/l  | 8.5   |                                     |  |

**Annexe.09** : Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation selon le journal officiel de la république Algérienne N°41 (suite)

|                       |           |      |       |
|-----------------------|-----------|------|-------|
| Eléments toxiques (*) | Aluminium | mg/l | 20.0  |
|                       | Arsenic   | mg/l | 2.0   |
|                       | Béryllium | mg/l | 0.5   |
|                       | Bore      | mg/l | 2.0   |
|                       | Cadmium   | mg/l | 0.05  |
|                       | Chrome    | mg/l | 1.0   |
|                       | Cobalt    | mg/l | 5.0   |
|                       | Cuivre    | mg/l | 5.0   |
|                       | Cyanures  | mg/l | 0.5   |
|                       | Fluor     | mg/l | 15.0  |
|                       | Fer       | mg/l | 20.0  |
|                       | Phénols   | mg/l | 0.002 |
|                       | Plomb     | mg/l | 10.0  |
|                       | 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  |       |
| Zinc                  | mg/l      | 10.0 |       |

**Annexe.10** : les normes de rejets des effluents liquides selon l'OMS

| Caractéristiques                  | Normes utilisées (OMS) |
|-----------------------------------|------------------------|
| <b>pH</b>                         | 6,5-8,5                |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>            | < 30 mg/l              |
| <b>DCO</b>                        | < 90 mg/l              |
| <b>MES</b>                        | < 20 mg/l              |
| <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | < 0,5 mg/l             |
| <b>NO<sub>2</sub></b>             | 1 mg/l                 |
| <b>NO<sub>3</sub></b>             | < 1 mg/l               |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | < 2 mg/l               |
| <b>Température</b>                | < 30°C                 |

**Annexe.11** : les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD

| <b>Paramètres</b> | <b>Unités</b> | <b>Valeurs limites</b> |
|-------------------|---------------|------------------------|
| Température       | °C            | <b>30</b>              |
| PH                | -             | <b>6.5-8.5</b>         |
| DBO5              | mg/l          | <b>30</b>              |
| DCO               | mg/l          | <b>120</b>             |
| MES               | mg/l          | <b>35</b>              |
| Azote total       | mg/l          | <b>30</b>              |
| Phosphor total    | mg/l          | <b>10</b>              |
| Furfural          | mg/l          | <b>50</b>              |
| Hydrocarbures     | mg/l          | <b>10</b>              |
| Plomb             | mg/l          | <b>0.5</b>             |
| Fer               | mg/l          | <b>3</b>               |
| Mercure           | mg/l          | <b>0.01</b>            |
| Cuivre            | mg/l          | <b>0.5</b>             |
| Plomb             | mg/l          | <b>0.5</b>             |
| Zinc              | mg/l          | <b>3</b>               |

**Annexe.12** : Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères

| Paramètre                                    | Unité                          | Degré de restriction imposé à l'utilisation |                       |                         |                      |
|--|--------------------------------|---|-----------------------|-------------------------|----------------------|
|  |                                | Aucun                                       | Faible à modéré       | Important               |                      |
| Salinité, EC <sub>w</sub> <sup>a</sup>       | dS/m                           | <0.7  | 0.7–3.0               | >3.0                    |                      |
| TDS  | mg/l                           | <450  | 450–2000              | >2000                   |                      |
| TSS  | mg/l                           | <50   | 50–100                | >100                    |                      |
| SAR <sup>b</sup>                             | 0–3                            | meq/l                                       | >0.7 EC <sub>w</sub>  | 0.7–0.2 EC <sub>w</sub> | <0.2 EC <sub>w</sub> |
| SAR  | 3–6                            | meq/l                                       | >1.2 EC <sub>w</sub>  | 1.2–0.3 EC <sub>w</sub> | <0.3 EC <sub>w</sub> |
| SAR  | 6–12                           | meq/l                                       | >1.9 EC <sub>w</sub>  | 1.9–0.5 EC <sub>w</sub> | <0.5 EC <sub>w</sub> |
| SAR  | 12–20                          | meq/l                                       | >2.9 EC <sub>w</sub>  | 2.9–1.3 EC <sub>w</sub> | <1.3 EC <sub>w</sub> |
| SAR  | 20–40                          | meq/l                                       | >5.0 EC <sub>w</sub>  | 5.0–2.9 EC <sub>w</sub> | <2.9 EC <sub>w</sub> |
| Sodium (Na <sup>+</sup> )                    | Irrigation par aspersion       | meq/l                                       | <3                    | >3                      |                      |
| Sodium (Na <sup>+</sup> )                    | Irrigation superficielle       | meq/l                                       | <3                    | 3–9                     | >9                   |
| Chlorure (Cl <sup>-</sup> )                  | Irrigation par aspersion       | meq/l                                       | <3                    | >3                      |                      |
| Chlorure (Cl <sup>-</sup> )                  | Irrigation superficielle       | meq/l                                       | <4                    | 4–10                    | >10                  |
| Chlore (Cl <sub>2</sub> )                    | Total résiduel                 | mg/l  | <1                    | 1–5                     | >5                   |
| Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) |                                | mg/l  | <90                   | 90–500                  | >500                 |
| Bore (B)                                     |                                | mg/l  | <0.7                  | 0.7–3.0                 | >3.0                 |
| Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)       |                                | mg/l  | <0.5                  | 0.5–2.0                 | >2.0                 |
| Fer (Fe)                                     | Irrigation par goutte-à-goutte | mg/l  | <0.1                  | 0.1–1.5                 | >1.5                 |
| Manganèse (Mn)                               | Irrigation par goutte-à-goutte | mg/l  | <0.1                  | 0.1–1.5                 | >1.5                 |
| Azote total (AT)                             |                                | mg/l  | <5                    | 5–30                    | >30                  |
| pH   |                                |   | Plage normale : 6,5–8 |                         |                      |
| Éléments traces (voir Tableau A1.2)          |                                |   |                       |                         |                      |

TDS: matières solides dissoutes totales; TSS: matières solides en suspension totales.  
Sources: Ayers & Westcot (1985); Pescod (1992); Asano & Levine (1998).  
<sup>a</sup> EC<sub>w</sub>: conductivité électrique moyenne en déciSiemens par mètre à 25°C.

**Annexe.13** : Normes de réutilisation des eaux usées épurées (MRE, 2007 ; JORA, 2012).

| Paramètres                         | Unité                | Normes                                   |               |                |
|------------------------------------|----------------------|--|---------------|----------------|
|                                    |                      | FAO<br>*(1985)                           | OMS ** (1989) | JORA(2012)     |
| <b>pH</b>                          |                      | 6,5-<br>8,4                              |               | 6,5-8,5        |
| <b>CE</b>                          | ds/m                 | <0,7 * Aucune restriction                |               |                |
| <b>CE</b>                          | ds/m                 | 0,7 – 3,0 * restriction légère à modérée |               | 3              |
| <b>CE</b>                          | ds/m                 | > 3,0 * Forte restriction                |               |                |
| <b>MES</b>                         | mg/l                 | <30**                                    |               | 30             |
| <b>DCO</b>                         | mg O <sub>2</sub> /l | < 40 **                                  |               | 90             |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>             | mg O <sub>2</sub> /l | <10 **                                   |               | 30             |
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>  | mg/l                 | 50 **                                    |               | 30             |
| <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>  | mg/l                 | < 1 **                                   |               | Non disponible |
| <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>  | mg/l                 | < 2 **                                   |               | Non disponible |
| <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> | mg/l                 | < 0,94 **                                |               | Non disponible |
| <b>SAR</b><br>meq/l                |                      | <3* Aucune restriction                   |               | Non disponible |
| <b>SAR</b><br>meq/l                |                      | 3-9* restriction légère à modérée        |               |                |
| <b>SAR</b><br>meq/l                |                      | >9* Forte restriction                    |               |                |

# LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Audemar (2008)** : Environnement et progrès (Le Retraitement des Eaux Usées), p1
- Anonyme 1 (2004)** : Dictionnaire Larousse.
- Baumont .S, Camard J.P, Lefranc.A, Franconi.A (2005)** : Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France.
- Ben Abdelmoumene.N (2011)** : Contribution à la valorisation de boues de station d'épuration par l'appréciation d'une nouvelle méthodologie de l'essai au bleu méthylène, mémoire de licence, université d'Oran, Algérie.
- Bouaoune.A, Chaibi.I & Bouaadja.D (2013)** : Biogéochimie des eaux en entrée et en sortie d'une station d'épuration : cas de la STEP de Khenchela. mém.de master. Eco et env. université de Khenchela.
- Boxio.D, Chikurel.H, Muston,M, Miska V, Joksimovic.D, Schäfer.A, Ravazzini.A, Aharoni .A, Savic.D, and Thoeve.C (2005)** : Municipal wastewater reclamation: where do we stand? an overview of treatment technology and management practice. wat. sci. tech.: wat. supply, pp 77–85.
- Boxio.D, Thoeve.C, Wintgens.T, Ravazzini.A, Miska.V, Muston.M, Chikurel.H, Aharoni.A, Joksimovic.D And Melin.T (2008)** : Water reclamation and reuse: implementation and management issues. desalination 218, pp 13–23
- CEE (2001)** : Disposal and recycling routes for sewage sludge. part 3 – scientific and technical report. <http://europa.eu.int>.
- Champiat.D (1994)** : Biologie des eaux : méthodes et techniques, Masson, 374 p
- Condom,M, Lefebvre, L.Vandome (2012)** : La réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expérience et aide à l'élaboration de projets, plan bleu, 11-25 p
- Degremont (1989)** : Mémento technique de l'eau, 9eme édition, tome 1 et 2, Edition Lavoisier, paris

- Degremont (2005)** : Mémento technique de l'eau. tome 1, 2ème édition cinquantenaire, paris, pp 109-599.
- Djeddi.H (2007)** : L'utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières. mém.de magister. Eco et env. Eco.Végétale. univ. de Constantine. 144 p.
- Djeddou.M (2014)** : Prévion du taux d'échec avec les réseaux neurones artificiels dans une station de traitement des eaux résiduaires, thèse de doctorat, université de Biskra, Algérie. pp 16-19.
- Eaton.A, Clesceri.E, Rice.A, Greenberg, and Franson.M (2005)** : Standard methods for the examination of water and wastewater: centennial edition. Washington dc : American public health association.
- FAO. (2007)** : Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole, rome, p 15.
- Grulois.P, Famel.J, Hangouet.J and Fayoux (1996)** : Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme... en boues !, l'eau, l'industrie, les nuisances, 195, pp. 42-46.
- Hadj-sadok.M (1999)** : Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse de doctorat : sciences de l'ingénieur, Nice – Sophia Antipolis. pp. 267.
- Hartani.T (2004)** : La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, alger, algérie, pp 3.
- Hydro-projet est (2005)** : étude de la STEP de Khenchela la wilaya de khenchela, phase «1 », avant-projet détaillé, 100 pages.
- Iberinsa (2001)** : (iberica de estudios e ingeniera s.a.), problématique de l'environnement dans le secteur industriel. Séminaire : industrie et environnement, Haïti.
- Laferriere.M, Nadeau.A, Malenfant.G (1995)** : La contamination par les nitrates : prévention des risques à la santé. p : 38.

- Lambkin.D, Nortcliff.S, White.T (2004)** : The importance of precision in sampling sludges,biowastes and treated soils in a regulatory framework trends in analytical chemistry, 23, 10-11.
- Liss.S, Allen.D (1992)** : Microbiological study of bleached kraft pulp mill aerated lagoon.
- Lounnas.A (2009)** : Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-kroma de Skikda. Thèse de magistère, université de Skikda, Algérie, p : 20
- Mizi.A (2006)** : Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 2006, p : 26, 27
- MRE (2012)** : Le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2003.
- N'diaye.A, Baidy.L and Ibno Namir.K (2011)** : Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott. Document scientifique, institut national de recherches en santé publique de Nouakchott, vol. 3, 13 p
- OMS (1995)** : guide de l'assainissement individuel, Genève, 258 pages.
- OMS (2012)** : Le manque d'accès à l'eau potable cause la mort de 2,6 millions de personnes chaque année, Le monde.
- ONA (2009)** : «les stations d'épuration». <http://www.ona.dz> [page consultée le 20 avril 2016].
- ONA (2014)** : «la REUE». <http://www.ona.dz> [page consultée le 20 avril 2016].
- Paul.E, Rols.J, et Debellefontaine.H (1999)** : Perspectives de recherche et d'innovation pour une réduction de la production des boues urbaines, journée technique : station d'épuration comment maîtriser à la source la qualité et la quantité des boues, INSA, Toulouse (France), 29 avril 1999.
- Rodier.J, Bazin.C, Broutin.J, Chambon.P, Champsaur.H et Rodi.L (2005)** : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8eme édition. Ed. Dunod, Paris. 1383p.



## **RESUME :**

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes, en particulier aux directives de l'OMS et JORAD.

L'irrigation par les eaux usées épurées présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants ainsi que des effets négatifs à savoir la salinisation des horizons de surface de sol et influent sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Notre étude au niveau de la **STEP de Khenchela** a montré que les eaux usées épurées de cette station sont acceptable pour la réutilisation en agriculture mais avec des conditions et des pratiques bien définies.

**Mots-clés :** Eaux usées, Textes réglementaires, Agriculture, Algérie, STEP Khenchela, Normes.

## **ABSTRACT :**

The reuse of wastewater is a growing technique, mainly associated with agriculture. Many technical solutions possible to meet the existing recycling standards, particularly with **WHO** and **Algerien guidelines**.

The irrigation by treated wastewater has positive effects by riching the soil of nutrients as well as negative effects like the salinization of soil surface horizons and influencing the physico-chemical properties of the soil.

Our study at the **wastewater treatment plant of Khenchela** to show that the purified waste water of this resort are adequate for reuse in agriculture but with conditions and well defined practices.

**Keywords :** Wastewater, Statutory Instruments, Agriculture, Algeria, wastewater treatment plant of Khenchela, Standards.

## **ملخص:**

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي هي تقنية متنامية، مرتبطة أساسا مع الزراعة. العديد من الحلول التقنية الممكنة لتلبية معايير إعادة استعمال هذه المياه متوفرة، ولا سيما مع المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية الجزائرية. الري بواسطة مياه الصرف الصحي المعالجة له آثار إيجابية على جعل التربة غنية بالمواد اللازمة، أيضا هناك آثار سلبية كزيادة ملوحة سطح التربة والتأثير على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة. هذه الدراسة التي كانت بمحطة تصفية المياه خنشلة اظهرت أن المياه المعالجة في هذه المحطة مقبولة لإعادة استخدامها في الزراعة ولكن مع شروط وتعاملات زراعية خاصة.

**كلمات مفتاحية:** المياه المستعملة، النصوص القانونية، الزراعة، الجزائر، محطة تصفية المياه خنشلة، معايير.