

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Ghardaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre**

**Département de Biologie**

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

**MASTER**

**Filière :** Science écologie et environnement

**Spécialité :** Ecologie

**Par :** BABOU Chaima  
BAHAZ Ibtissem

**Thème**

**Qualité physico-chimique et microbiologique des eaux usées traitées issues de la STEP d'Al-Atteuf (Wilaya de Ghardaïa)**

Soutenu publiquement, le / / , devant le jury composé de :

I/ BENSLAMA bdelraouf	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Président
I/KRAIMAT Mohamed	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
I/AOUADI Abdelhafid	Maitre de conférences B	Univ. Ghardaia	Examinateur 1

**Année universitaire : 2022 2023**





## Dédicace

Avant tout, je remercie Allah, Dieu le Miséricordieux, l'Unique, le Puissant pour son guide et sa protection afin de pouvoir accomplir ce travail.

Et aux personnes les plus chères, et un mot de dédicace et de gratitude à la personne la plus chère, mon cher père. Mes mots ne parviennent pas à exprimer mes dédicaces et mon appréciation pour tout ce que vous avez fait avec moi tout au long de ma vie.

Peu importe à quel point je te loue, je ne pourrai pas te remercier pour toute cette sincérité et cette loyauté. Les phrases courent et parlent aux foules pour dire merci pour toute ta position à mes côtés. Tu es la plus belle personne qui m'a élevé dans mon enfance, et quelle mère douce tu m'as aidé à réaliser mon souhait. Permettez-moi de tenter ma chance et merci beaucoup, mon amour. Merci au-delà de l'imagination de m'avoir aidé à réaliser mes espoirs.

Je dédie également ma sœur, ma sœur unique, mon amour, mes frères, et tous les membres de la famille Babou et de la famille Belhanafi.

Enfin, je dédie tout particulièrement mes amis proches et tous ceux qui m'ont apporté un soutien.

*Chaima.*





**Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et la patience d'aller jusqu'au bout de rêve et le bonheur de lever mes main vers le ciel et de dire « Ya Kayoum »**

**Je dédie ce modeste travail**

**A mon idéal, l'être le plus généreux, qui m'a toujours dit que la science est une source inépuisable que dieux t'accueil dans son vaste paradis. Mon cher père. Je souhaite de prolonger votre âge avec bon santé.**

**A ma source de tendresse et la fontaine de la compassion, l'être la plus chère dans le monde, la femme la plus patiente. Ma chère mère qui ma soutenue à tous moments.**

**Je leur dis «la vie sans toi rien».**

**A mes adorables sœurs qui donnent la force et le courage Afin d'accomplir ce travail et l'aident me à marcher dans cette vie et attendent avec impatience mon succès. A mes chers frères**

**À mes collègues et mes chères amies qui souhaite leur rappeler toujours « khadidja, Maroua, Souad ».**

**A toutes les étudiants de S.N.V surtout spécialité «Ecologie et environnement »**

**À tous mes enseignants. À tous ceux qui m'aiment**

**A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.**



**Ibtissem**



**Résumé :**

La rareté des précipitations et le déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles contribuent à justifier l'utilisation agricole des eaux usées traitées.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physique, chimique et microbiologique des eaux usées traitées de la station d'épuration d'AL-Atteuf (ville de Ghardaïa) afin de déterminer la possibilité de réutilisation des effluents traités en agriculture. En termes de qualité physique et chimique, il peut être divisé en teneurs de paramètres physiques et chimiques qui dépassent les normes algériennes de réutilisation (CE, MES, turbidité, oxygène dissous) dans des normes acceptables (pH, nitrate, ortho-phosphate, ammonium). Les résultats obtenus à partir des paramètres microbiologiques ont montré l'inefficacité de ce traitement des eaux usées. Par conséquent, il n'est pas recommandé d'utiliser cette eau, en particulier dans les cultures consommées par l'homme.

**Mots clés :** qualité physico-chimique, microbiologique, eaux usées traitées, réutilisation, agriculture.

## : ملخص

تساعد ندرة هطول الأمطار وعدم التوازن بين الاحتياجات والموارد المتاحة على تبرير الاستخدام الزراعي لمياه الصرف الصحي المعالجة. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالعطف (مدينة غرداية) من أجل تحديد إمكانية إعادة استخدام النفايات السائلة المعالجة في الزراعة. من حيث الجودة الفيزيوكيميائية ، يمكن تقسيمها إلى ، التعكر ، MES ، CE) محتويات من المعايير الفيزيوكيميائية التي تتجاوز المعايير الجزائرية لإعادة الاستخدام ضمن المعايير المقبولة (الأس الهيدروجيني ، النترات ، أورثوفوسفات ، الأمونيوم). أظهرت (الأكسجين المذاب النتائج التي تم الحصول عليها من المعلمات الميكروبيولوجية عدم فعالية هذه المعالجة لمياه الصرف الصحي. لذلك ..لا ينصح باستخدام هذه المياه خاصة في المحاصيل التي يستهلكها الإنسان

**الكلمات المفتاحية:** الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية ، مياه الصرف الصحي المعالجة ، إعادة الاستخدام ، الزراعة

**Abstract:**

The scarcity of rainfall and the imbalance between needs and available resources help justify the agricultural use of treated wastewater. The aim of this study is to evaluate the physicochemical and microbiological quality of treated wastewater from the Atteuf wastewater treatment plant (Ghardaia city) in order to determine the opportunity for reuse of treated effluents in agriculture. In terms of physiochemical quality, it can be divided into contents from physiochemical standards that exceed the Algerian standards for reuse (CE, MES, turbidity, dissolved oxygen) within acceptable standards (pH, nitrate, orthophosphate, and ammonium). The results obtained from the microbiological parameters showed the ineffectiveness of this wastewater treatment. Therefore, it is not recommended to use this water, especially in crops for human consumption.

**Keywords:** physiochemical and microbiological quality, treated wastewater, reuse, agriculture.

## Liste des figures

Figure 01 : Localisation géographique de Ghardaïa	<b>5</b>
Figure 02 : Courbe de moyenne de température pendant 2012-2021	<b>7</b>
Figure 03 : Courbe de moyenne de précipitations pendant 2012-2021	<b>8</b>
Figure 04 : Courbe de moyenne d` Humidité pendant 2020-2002	<b>8</b>
Figure 05 : Courbe de moyenne d` Energie solaire pendant 2012-2021	<b>9</b>
Figure 06 : Diagramme Ombrothermique pour une période de 10 ans (2011-2021) de la région de Ghardaïa	<b>10</b>
Figure 07 : Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon Climagramme pluviothermique d'Emberger	<b>11</b>
Figure 08 : Coupe hydrogéologique du système aquifère CT et du CI	<b>12</b>
Figure 09 : Carte Hydrologique	<b>13</b>
Figure 10 : Situation géographique de la STEP	<b>15</b>
Figure 11 : schéma explicative de la STEP d'EL-ATTEUF	<b>16</b>
Figure 12 : Localisation des points des échantillonnages	<b>21</b>
Figure 13 : pH mètre	<b>22</b>
Figure 14 : Conductimètre	<b>23</b>
Figure 15 : L'oxymètre	<b>23</b>
Figure 16 : Turbidimètre	<b>24</b>
Figure 17 : spectrophotométrie	<b>25</b>
Figure 18 : Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau	<b>27</b>
Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau	<b>28</b>
Figure 20 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau	<b>29</b>
Figure 21 : Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	<b>31</b>
Figure 22 : Variation du pH en fonction de la zone d'échantillonnage	<b>34</b>
Figure 23 : Variation du Conductivité électrique en fonction de la zone d'échantillonnage	<b>35</b>

Figure 24 : Variation du l'Oxygène dissous en fonction de la zone d'échantillonnage.	<b>36</b>
Figure 25 : Variation du Matières en suspension en fonction de la zone d'échantillonnage.	<b>37</b>
Figure 26 : Variation de la turbidité en fonction de la zone d'échantillonnage.	<b>38</b>
Figure 27 : Variation du nitrate en fonction de la zone d'échantillonnage.	<b>39</b>
Figure 28 : Variation de l'Ammonium en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>40</b>
Figure 29 : Variation de l'Ortho-phosphate en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>41</b>
Figure 30 : Variation des germes totaux de en fonction zone d'échantillonnage.	<b>42</b>
Figure 31 : Variation des coliformes totaux en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>43</b>
Figure 32 : Variation des coliformes fécaux en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>44</b>
Figure 33 : Variation des streptocoques totaux en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>45</b>
Figure 34 : Variation des streptocoques fécaux en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>46</b>
Figure 35 : Variation des clostridium sulfito-réducteurs en fonction de zone d'échantillonnage	<b>47</b>
Figure 36 : Variation d'Escherichia coli en fonction de zone d'échantillonnage.	<b>48</b>
Figure 37 : Carte factorielle variables issue d'Analyse en Composantes principales (ACP).	<b>49</b>
Figure 38 : Carte factorielle individus issue d'Analyse en Composantes principales (ACP).	<b>50</b>

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Les données climatiques moyennes de Ghardaïa durant la période (2012- 2021)	<b>6</b>
Tableau 02 : les données de bases de la STEP	<b>18</b>

## Liste d'abréviation

**ADE** : Algérienne des eaux

**BCPL** : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.

**CE** : Conductivité électrique

**CF** : Coliforme fécaux

**CI** : Continental Intercalcaire

**CT** : Coliforme Totaux

**CT** : Complexe Terminal

**D/C** : Double Concentrations

**E. coli** : Escherichia Coli

**JORA** : Journal officiel de la république algérienne

**MES** : Matières en suspension

**NA**: Norme Algérienne

**NPP** : Nombre Plus Probable

**NTU** : Norme françaises d'utilisation

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ONA** : Office national de l'assainissement

**PCA** : Plate Count Agar

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**S/C** : Simple Concentrations.

**STEP**: Station d'épuration des eaux usées

## Table de matière

**Dédicace**

**Remerciement**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

**Introduction**.....01

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

I. Présentation de la zone d'études.....05

I.1 Situation géographique.....05

I.2 Etude climatique.....06

I.2.1 Température.....06

I.2.2 Précipitation.....07

I.3 Etude hydrologique.....11

I.3.1 Eaux de surface.....11

I.3.2 Eaux souterraines.....12

I.3.2.1 Les nappes phréatiques.....12

I.3.2.2 Les nappes du Continental Intercalaire(CI).....12

I.3.2.3 Les nappes du Complexe Terminal(CT).....13

I.4 Facteurs biotiques du milieu d'étude.....14

I.4.1 Flore .....	14
I.4.2 Faune.....	15
II. Présentation de la station d'épuration d'AL-ATTEUF.....	16
II.1 Situation géographique.....	16
II.2 Caractéristiques.....	16

## **Chapitre II : Méthodes d'étude**

I. Prélèvement et échantillonnage.....	20
II.1 Analyses physico-chimiques.....	21
II.1.1 Potentiel d'Hydrogène (pH).....	21
II.1.2 Conductivité électrique.....	22
II.1.3 L'oxygène dissous.....	23
II.1.4 Turbidité .....	23
II.1.5 Matières en suspension (MES).....	24
II.1.6 Nitrates.....	24
II.1.7 Ammonium.....	25
II.1.8 Ortho-phosphate .....	25
II.2 Analyses bactériologiques.....	26
II.2.1 Recherche et Dénombrement des germes totaux.....	26
II.2.2 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.....	27
II.2.3 Recherche de dénombrement de Streptocoques totaux et fécaux.....	29
II.3.4 Recherche et dénombrement de Clostridium.....	31

## Chapitre III: Résultat et discussion

III.1 Résultats d'analyses physico-chimiques.....	35
III.1.1 Potentiel hydrogène (pH).....	35
III.1.2 Conductivité.....	36
III.1.3 L'oxygène dissous.....	37
III.1.4 Turbidité.....	38
III.1.5 Matières en suspension (MES).....	38
III.2.1.6 Nitrates.....	40
III.2.1.7 L'ammonium.....	41
III.2.1.8 Ortho-phosphate .....	41
III.3. Résultats d'analyses bactériologiques .....	42
III.2.1 Germes totaux.....	42
III.2.2 Coliformes totaux et fécaux.....	43
III.2.3 Streptocoques totaux et fécaux.....	45
III.3.4 Clostridium.....	47
IV. Discussion générale.....	52
Conclusion.....	57

# **Introduction générale**

Le monde a connu ces dernières années une grande détérioration de la qualité des eaux, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation excessive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que la mauvaise exploitation des ressources en eau (Debieche, 2002). L'être humain a influé la pollution par ces activités industrielles, agricoles, minières. Le cumul de ces études superficielles intensité surélevé (sols et sédiments) implique directement des contaminations des eaux souterraines grâce aux phénomènes à l'infiltration des eaux de pluie et superficielles (Frioua, 2014).

Les ressources en eau en Algérie sont faibles et mal réparties en raison du climat désertique caractérisant la majeure partie de la région (Bousmaha, 2020). La croissance démographique des plusieurs villes et leur raison de besoins en nourriture et en eau a provoqué de multiples problèmes. Les eaux souterraines dans le désert sont des ressources non renouvelables représentées par deux systèmes aquifères, à savoir : Terminal Continental et Complexe Intercalaire. Ces deux systèmes hydrauliques considérés comme une grande source d'eau, et le plus grand danger qui peut les menacer est la pollution (Maamri *et al.*, 2013).

La pollution des eaux souterraines d'origine domestique, industrielle et agricole, il s'agit de rejets directs (effluents) ou de rejets indirects (provenant des engrais, Pesticides...etc.) ainsi que la lixiviation des déchets, ces sources diffuses ont un effet d'augmentation (Bordet, 2007). Il a également un impact très important sur le sol et l'environnement, notamment sur la santé humaine.

Plusieurs maladies liées à l'eau causent la mortalité des millions de personnes et empêchent d'autres individus d'exécuter une vie saine et productive. Certains d'entre eux sont:

- Maladies d'origine hydrique causées par des micro-organismes fécaux et oraux produits toxiques.
- Maladies d'origine hydrique causées par des organismes aquatiques (schistosomiase).

- Maladies transmises par les nombreux vecteurs qui vivent dans l'eau (moustiques, mouche tsé-tsé, etc.), dont les maladies les plus dangereuses sont le paludisme et fièvre jaune (Bouzani, 2000).

Parmi d'une nécessité nationale et pour prévenir un déficit hydrique à long terme a pour but d'une valorisation des eaux usées impliquant une gestion des ressources en eau (Boukhari, 2019). L'Algérie a produit un effort important ces dernières années consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort a conduit au développement de l'installation des stations d'épuration et à une augmentation de l'efficacité du suivi de leurs performances.

Les stations du traitement des eaux usées ont pour objectif de réduire le niveau de contamination en métaux lourds et en micro-organismes pour la rendre approprié avec les normes de rejet et réutilisation dans l'agriculture ou en industrie. Différentes méthodes sont utilisées telles que, des boues activées, l'utilisation des algues fixatrices pour éliminer certains métaux lourds, la méthode de stockage et de transformation suivies d'une utilisation directe ou d'une diffusion dans la nature (Ovie *et al.*, 1990). Dans le traitement par boues activées, l'élimination de la charge polluante est assurée par des microorganismes et des sédiments (algues et bactéries) (Ouali, 2000).

La réutilisation des eaux usées sans traitement préalable implique un risque sanitaire lié à la présence de pathogènes (parasites, bactéries et virus). Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle très important de la santé publique par déficit de celle-ci susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur la santé humaine (Roux, 1987).

Un projet de réutilisation des eaux usées reste un objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques en particulier. La politique de valorisation des eaux usées traitées est nécessaire d'autant plus que celles-ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à minimiser le déficit du bilan hydrique par sa valorisation en irrigation (Djedi, 2007).

Selon l'étude de Global Water Intelligence en 2005, seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont actuellement réutilisées, ce qui couvre un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, par conséquent cette valeur enregistrée

aux États-Unis et en Europe la croissance est d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement (Moussaoui *et al.*, 2015).

L'agriculture reste le plus grand consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports pluviométriques. On constate que depuis plusieurs années, les agriculteurs s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Hannachi *et al.*, 2014).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physique et chimique et bactériologique des eaux usées traitées de la STEP d'EL-Atteuf (ville Ghardaïa) pour déterminer la possibilité de réutiliser les eaux usées traitées en agriculture. Ce travail se compose de 4 chapitres :

- Le premier chapitre présente la zone d'étude.
- Un deuxième chapitre sur les modalités de réalisation de cette étude (sites de prélèvements d'eau et analyses physico-chimiques et bactériologiques au niveau de laboratoire).
- Un troisième chapitre est consacré aux résultats, et à leurs analyses
- Le quatrième chapitre est une discussion de l'évaluation obtenue à travers une discussion générale, et à la fin nous terminons par une conclusion.

# **Chapitre I**

## **Présentation de la zone d'étude**

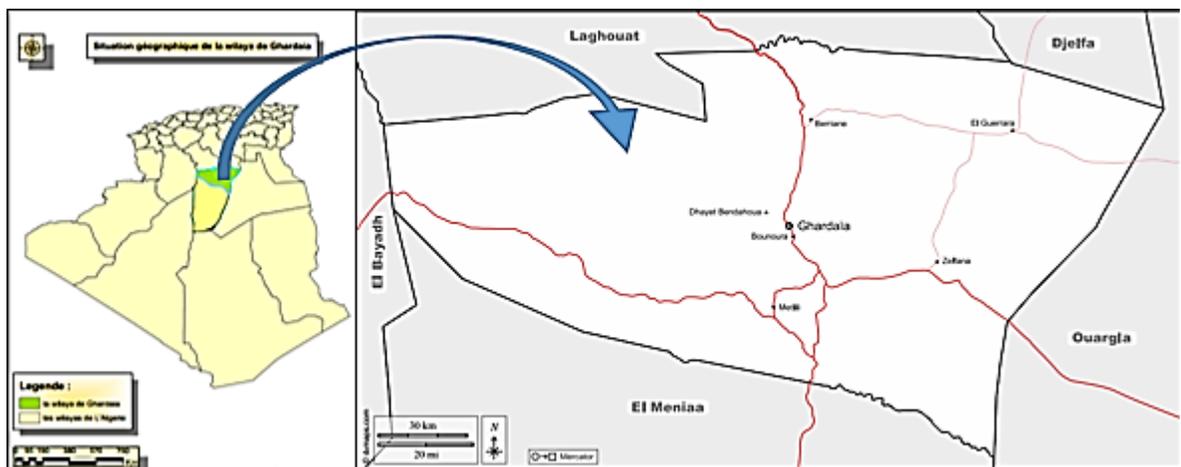
## I-1-Présentation de la zone d'étude

### I.1 Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa situe dans la zone septentrionale du Sahara algérien (figure01). Elle se situe à 600 km au sud du capital. Elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et Djelfa
- Au Sud par la wilaya d'El Menia et Tamanrasset
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad

La population de la wilaya est estimée de 513 845 habitants, pour une superficie de 84 660,12 Km<sup>2</sup>. (DPSB, 2020).



**Figure 01** : Localisation géographique de Ghardaïa (Daoudi, 2022)

**I.2 Etude climatique :**

Les données climatiques de la station d'Al-Atteuf font partie des données de la wilaya de Ghardaïa parce qu'il n'y a pas une station météorologique au niveau de la commune et ils sont représentés dans le tableau 01

**Tableau 01 :** D'après (Soda, 2022), les données climatiques moyennes de Ghardaïa durant la période (2012- 2021)

Mois	Tm (C°)	PP (mm)	V (m/s)	H %	ES (Wh/j)
Janvier	8.62	0.181621	3.791452	52.03361	3779.455
Fevrier	10.24	0.103753	4.060893	44.5385	4743.493
Mars	14.44	0.244288	4.114903	37.17261	5993.833
Avril	19.82	0.31264	3.958133	31.3595	6947.789
Mai	25.05	0.375284	3.877	25.86758	7579.835
Juin	30.03	0.092712	3.852733	21.1337	7974.87
Juillet	33.67	0.00212	3.577258	16.14052	7955.86
Aout	32.73	0.161387	3.271226	20.02216	7321.75
Septembre	28.31	0.173092	3.257767	28.21927	6019.025
Octobre	21.71	0.102927	3.113968	35.30848	5038.617
Novembre	14.12	0.27406	3.4763	47.336	3905.388
Decembre	9.54	0.180992	3.43971	58.50561	3431.555
Moy	20.69	0.18374	3.649279	34.80313	5890.956

**Tm** : Température moyenne (°C), **PP** : Précipitations (mm), **V** : Vitesse moyenne du vent (m/s), **H** : Humidité relative moyenne, (%). **ES** : énergie solaire moyenne (h/j).

**I.2.1 Température**

D'après le tableau n°01 on remarque que : UN maximum de température moyenne de 33.67 C° est enregistré au mois de Juillet, tandis qu'un minimum de température moyenne le plus froid sont enregistrées pendant le mois de janvier 8.62C° pour la région Ghardaïa.

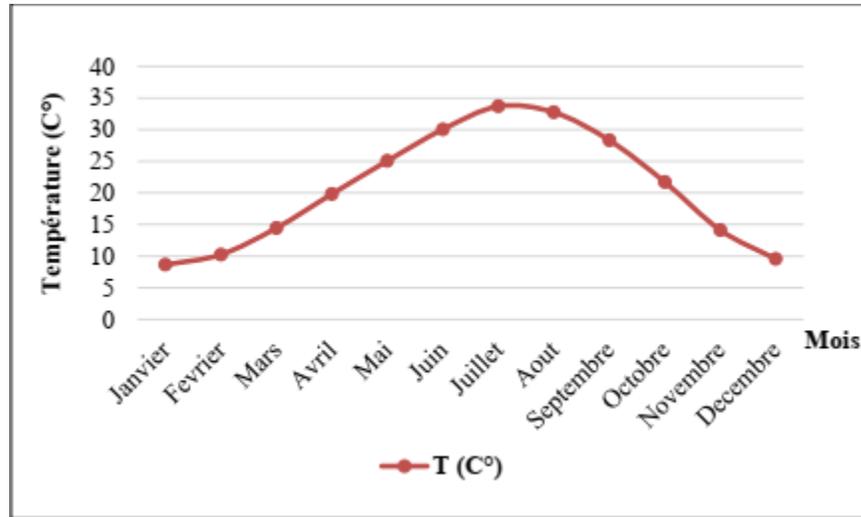


Figure 02 : Courbe de moyenne de température pendant 2012-2021

### I.2.2 Précipitations

D'une manière générale, les précipitations sont faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. Cette insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très marquée du régime pluviométrique et d'une variabilité interannuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (Ben mazouz *et al.*, 2021).

La pluviosité marque un cumul annuel de 1.00 mm estimé sur 10 ans, caractérisé par la rareté et l'irrégularité.

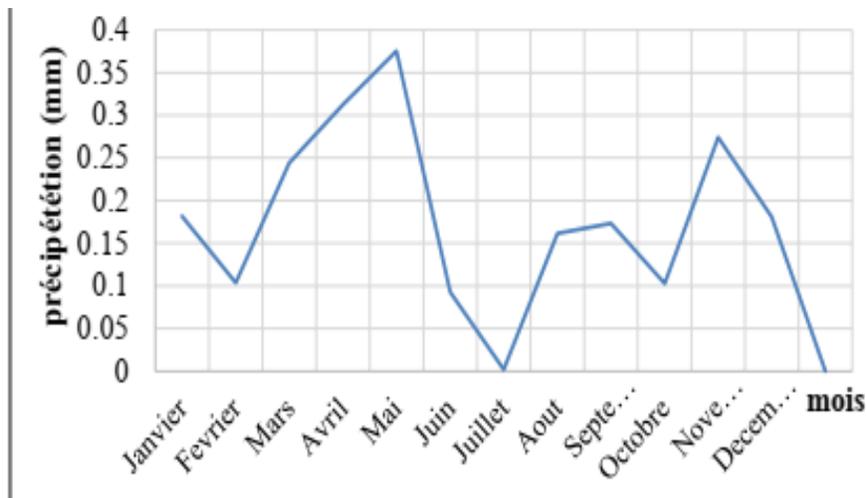
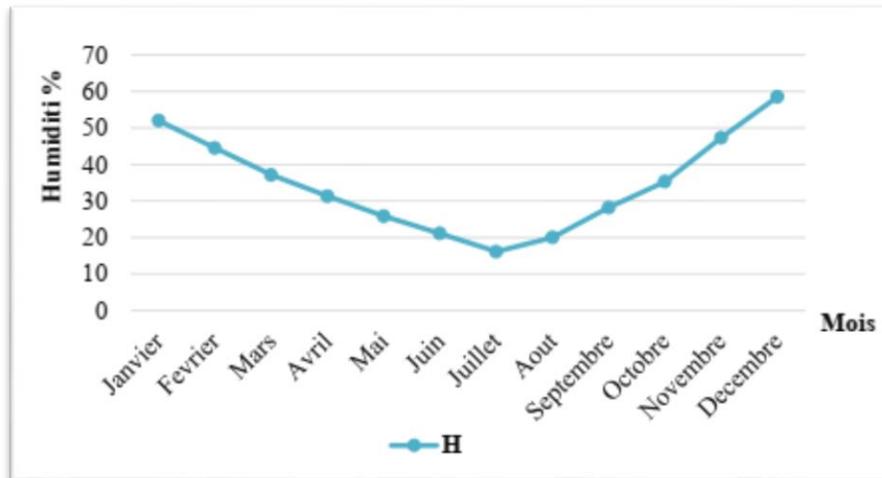


Figure 03 : Courbe de moyenne de précipitations pendant 2012-2021

### I.2.3 Humidité

D'après le tableau n°01, dans la région de Ghardaïa L'humidité relative est maximale au mois de décembre avec 58.50% et minimale au mois de Juillet avec 16.14%

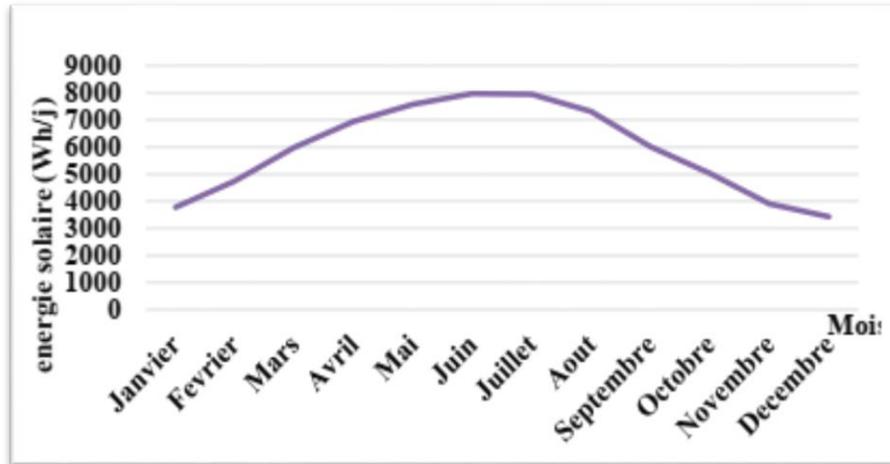


**Figure 04 :** Courbe de moyenne d` Humidité pendant 2020-2002

### I.2.4 Energie solaire

En raison du peu de nébulosité de l'atmosphère, les déserts reçoivent une quantité de lumière solaire très forte. On estime la nébulosité visuellement en évaluant la fraction du ciel couverte par les nuages en dixième de la superficie visible du firmament. Donc, 00 indique un ciel clair, c'est-à-dire un ciel absolument sans nuages, et 10 un ciel entièrement couvert. De la même façon, 05 traduit un ciel à moitié couvert. Dans cette région la nébulosité est de l'ordre de 1.8. On remarque qu'au Sahara le nombre d'heures d'ensoleillement se situe entre 3000 et 3500. Cette forte luminosité est un facteur favorable pour l'assimilation chlorophyllienne (palmeraies), mais elle a en revanche un effet desséchant, car elle augmente la température (Toutain, 1979).

Pour la station de Ghardaïa, La durée moyenne de l'insolation est d'un maximum de 7955.86 Wh/j en juillet et un minimum de 3431.555 Wh/j en Décembre. La durée d'insolation moyenne annuelle entre 2012 et 2021 est de 5890.956 Wh / an



**Figure 05 :** Courbe de moyenne d' Energie solaire pendant 2012-2021

### I.2.2 Synthèse climatique

La synthèse climatique implique les facteurs climatiques, notamment les précipitations et la température, exige que les deux paramètres suivants soient considérés :

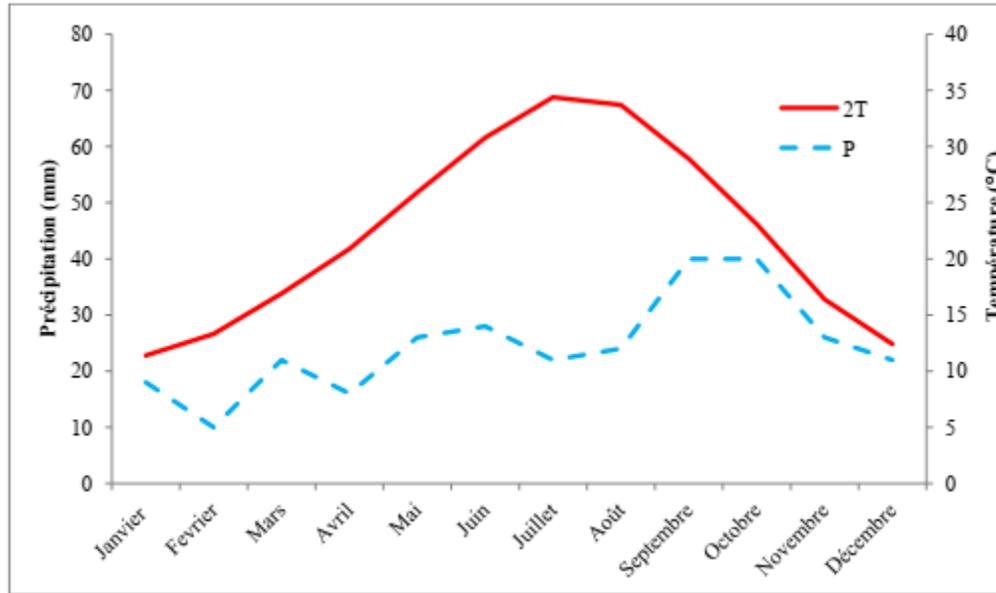
- ✓ Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN;
- ✓ Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.

#### I.2.2.1 Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Selon BAGNOULS & GAUSSEN (1953), un mois sec lorsque la pluviométrie totale en mm est égale ou inférieure à deux fois la température (T) exprimée en degrés (P moins ou égal à 2T.) (Gounot, 1969).

On peut montrer la période de sécheresse de notre région d'étude par le Diagramme pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN. Il est dessiné à l'aide de deux axes d'ordonnées où les valeurs des précipitations sont portées à une échelle double de celle des températures. (BAGNOULS & GAUSSEN, 1953).

I.2.2.2 Diagramme ombrothermique (période sèche/humide)



**Figure 06 :** Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, 1953 pour une période de 10 ans (2011-2021) de la région de Ghardaïa

**Quotient pluviométrique D'EMBERGER :**

Le Cilmagramme d'EMBERGER rend possible la classification des divers climats méditerranéens (DAJOZ, 1982), en calculant un quotient de 2Q déterminé par la formule suivante :

$$Q2 = \frac{1000 P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) (M - m)}$$

P : Précipitation annuelle en mm

: Moyenne des températures annuelles.

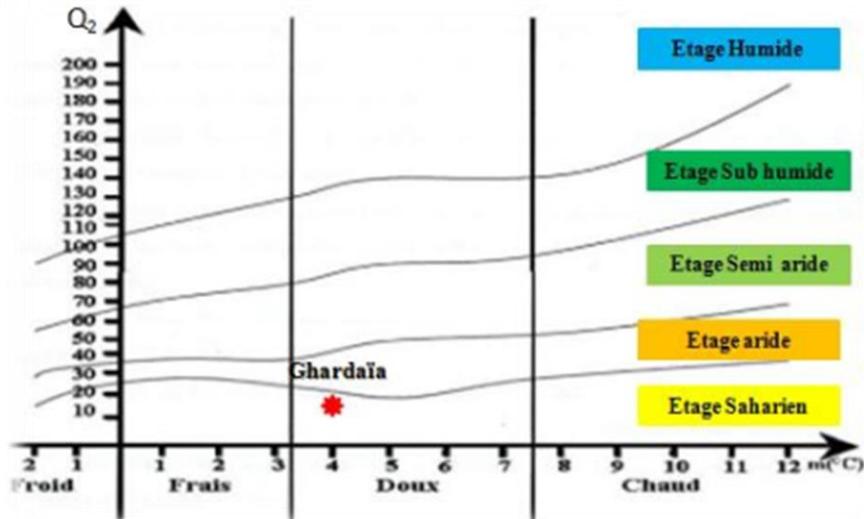
- : Amplitude thermique extrême en °K.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K. m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °K. °K : degré kelvin

La formule précédente a été simplifiée par (Stewart, 1969) à l'aide du quotient suivant :

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

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°C). m : Moyenne des maximums du mois le plus froid (°C)



**Figure 07 :** Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon Climagramme pluviothermique d'Emberger

### I.3 Etude hydrologique :

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Celles de surface proviennent généralement des crues importantes des oueds (Oued M'Zab, Oued N'sa, Oued Metlili, Oued Zeghrir .....)

#### I.3.1 Eaux de surface :

Les inondations créées par les crues des Oueds alimentent les nappes inféro - flux et irriguent les palmeraies par des digues. (D. E. R)

#### I.3.2 Eaux souterraines :

Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales :

### I.3.2.1 Nappes phréatiques :

Ils se cachent dans les dépôts alluvionnaires des vallées fluviales sèches de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés aux précipitations. La profondeur de la nappe phréatique varie entre 10 et 30, pour irriguer les palmeraies de la vallée. La qualité chimique de l'eau des aquifères de l'Oued M'Zab et de l'Oued Metlili est adaptée à la consommation en amont mais pas en aval après avoir été polluée par les eaux urbaines. (Rezzag et Geurbou, .2017)

### I.3.2.2 Nappes du Continental Intercalaire (CI):

C'est la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est constitué de sable, de grès et d'argile sableuse de l'époque albanienne. Elle est capturée à des profondeurs allant de 80 à 1000 m selon les régions (Figure 08). Selon la hauteur de la zone et le changement d'épaisseur de la formation après CI, il jaillit et est sous pression en tête des ouvrages de captage dans les zones de Zelfana, Guerrara, HassiFhel et Hassi Gara, et est utilisé à Ghardaia, Metlili , Berriane, Sebseb et Mansourah. Dans certaines régions du pays, la profondeur de pompage varie de 0,5 m à 140 m. (Rezzag et Geurbouz .2017)

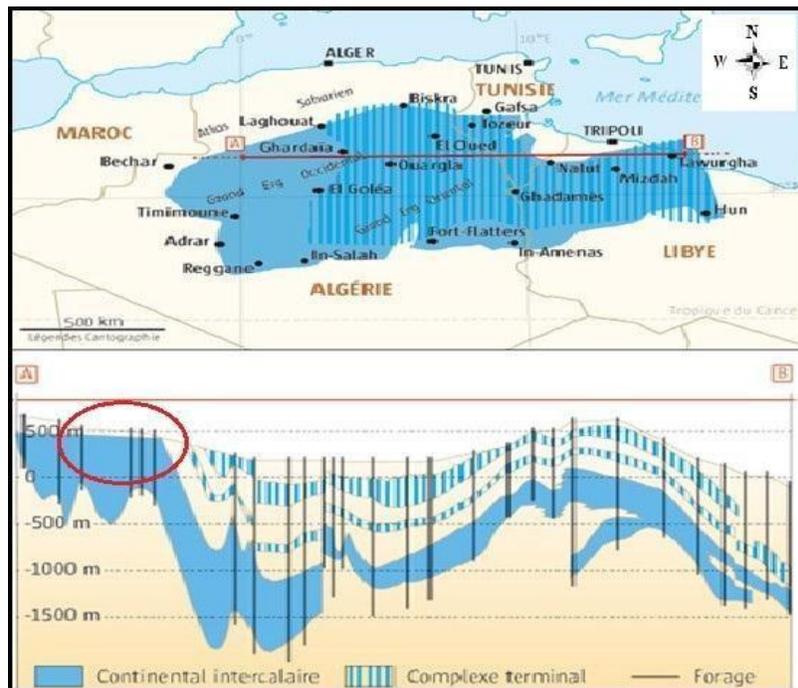


Figure 08: Coupe hydrogéologique du système aquifère CT et du CI (Unesco, 1972)

### I.3.2.3 Nappes du Complexe terminal (CT):

Le complexe Terminal (C.T) couvre une superficie de 665.000 km<sup>2</sup>, il regroupe plusieurs aquifères à formation géologiques différentes, d'âge Turonien, Sénonien, Eocène et Moi-Pliocène. Interconnectés entre eux, l'ensemble forme un même système hydraulique. Etant la limite de la nappe du C.T, elle est située plus à l'Est de la région du M'Zab et n'est pas captée avec succès dans la région de Ghardaïa (Achour, 2014)

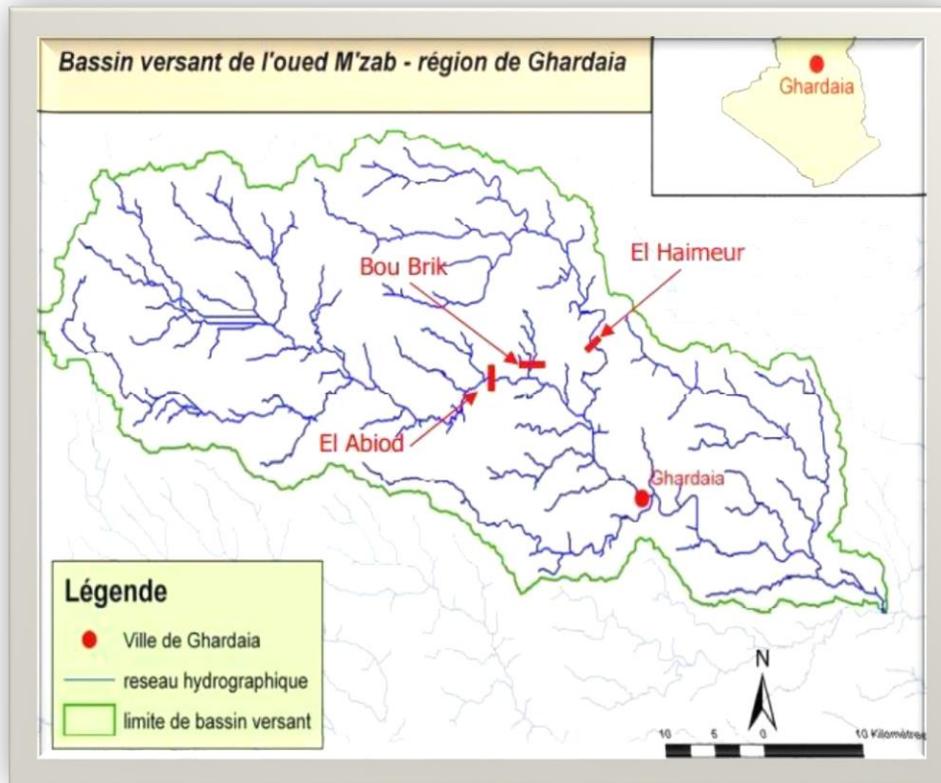


Figure 09 : carte hydrologique de la région de Ghardaïa (Achour, 2014)

### I.4 Facteurs biotiques du milieu d'étude :

Dans cette partie, sont citées les différentes études qui ont été faites dans la région d'étude sur la flore et la faune.

### I.4.1 Flore :

Le couvert végétal de la région de Ghardaïa se caractérise par une diversité d'espèces, notamment d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées, selon l'altitude. En fait, l'espèce la plus dominante dans la région est le phénix. Sous et/ou à proximité de ces arbres, nous avons remarqué la présence de cultures fruitières, maraîchères et épicées. La flore de Ghardaïa est une collection diversifiée de plantes cultivées et spontanées, comprenant 25 familles et 73 espèces. La famille la plus diversifiée est celle des Composites, représentée par *Aristida pungens*, *Retama retam*, *Calligonum comosum.*, *Ephedra alata.*, *Urginea noctiflora*, *Erodium glaucophyllum*, *Haloxylon scoparium.*, *Astragales gombo* , .....

### I.4.2 Faune :

La région de Ghardaïa possède une faune diversifiée, comprenant des invertébrés et des vertébrés. Parmi les invertébrés, on trouve différents ordres d'arthropodes tels que *Dictoptera*, *Orthoptera*, *Dermoptera*, *Homoptera*, *Beetles* et *Lépidoptère*, comme rapporté par Zergoun en 1994. La famille la plus riche en espèces est celle des *Pterocaridae*, avec notamment des espèces telles que *Leptonychus sabulicola*, *Erodium singularis*, *Erodium antennarius* et *Zophosis mozabita*.

En ce qui concerne les amphibiens et les reptiles, selon Hofer en 1988, ces animaux ont la capacité de coloniser de nouveaux territoires grâce à leurs caractéristiques physiologiques et anatomiques qui leur permettent de s'adapter à des conditions de vie difficiles. Dans la région étudiée, on recense 2 ordres, 4 familles et 5 espèces de reptiles, tandis que les amphibiens sont représentés par 2 familles et 2 espèces.

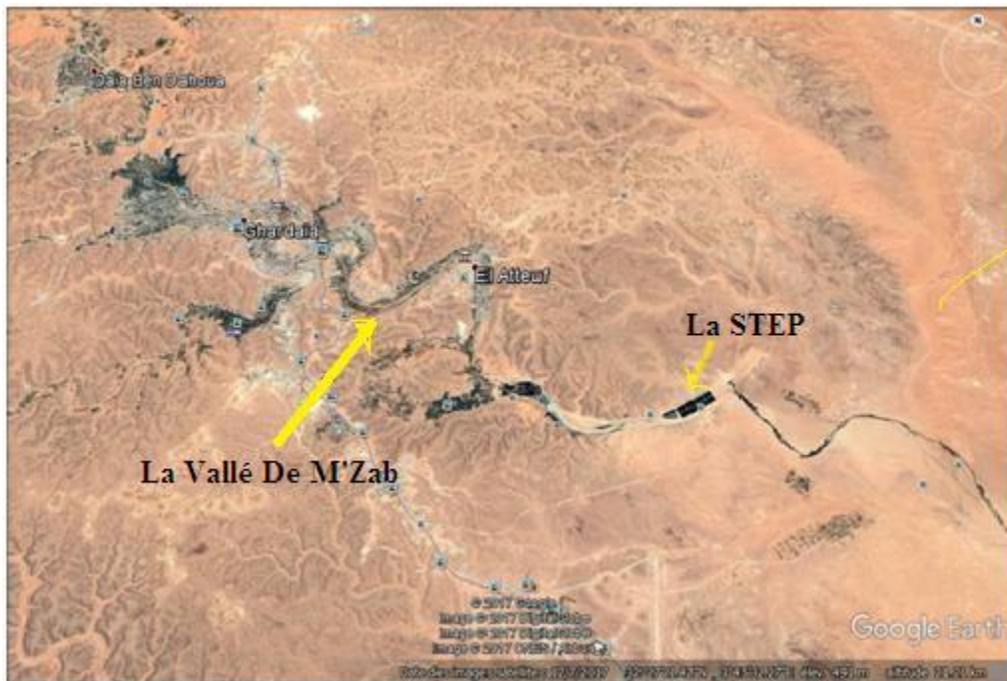
Les oiseaux jouent également un rôle important dans la région étudiée, comme indiqué par Djilali en 2008. Selon Kadi et Korichi en 1993, on dénombre 25 espèces d'oiseaux réparties dans 18 familles. La famille la plus représentée est celle des *Muscicapidae*, avec des espèces telles que *Oenanthe leucopyga*.

En ce qui concerne les mammifères, Kadi et Korichi en 1993 ont répertorié 13 espèces appartenant à 11 familles et 4 ordres, avec l'ordre des *Rodentia* étant le plus important. Parmi les espèces les plus représentatives de cet ordre, on trouve le *Gerbillus gerbillus*.

## II Présentation de la station d'épuration d'El-Atteuf :

### II.1 Situation géographique :

La station d'épuration de Kef Doukhane est située dans la commune d'AL Atteuf qui constitue l'aval de la vallée du M'Zâb. D'une superficie d'environ 79 ha, c'est la 2eme plus grande station d'épuration (STEP) par lagunage naturel dans le monde après la STEP de Texas aux Etats Unis selon MR marc André DES jardin. Expert mondial dans la conception des step). La STEP est situé à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, à l'aval de la digue d'EL-ATTEUF (Figure 10).



**Figure10** : Situation géographique de la STEP (Google Earth 2017).

### II.2 Caractéristiques :

Elle a été mise en service en novembre 2012 et traite les eaux usées, par le procédé du lagunage naturel avec prétraitement, traitement primaire et traitement secondaire pour la

filière eau, et déshydratation dans les lits de séchages pour la filière boues. Aujourd'hui, la station a une capacité de traitement de 25000 m<sup>3</sup>/j, correspondant à 168 323 éq/hab et 46 400 m<sup>3</sup>/j. Sa capacité de traitement est envisagée à 331 700 éq/hab à l'horizon de 2030 et elle traite des eaux usées d'origine urbaines. Le milieu récepteur des eaux usées épurées est l'oued M'Zab. Actuellement la station est gérée par la DHW (Direction de l'hydraulique de la wilaya), les communes raccordées à la STEP sont : Ghardaïa ; Bounoura ; Al-Atteuf, par un réseau d'assainissement de type unitaire.

### **II.3 Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa :**

Capacité : 331 700 eq/hab

Surface totale : 79 ha

Nombre de lit de séchage : 10 lits

Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux

Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m<sup>3</sup> /j.

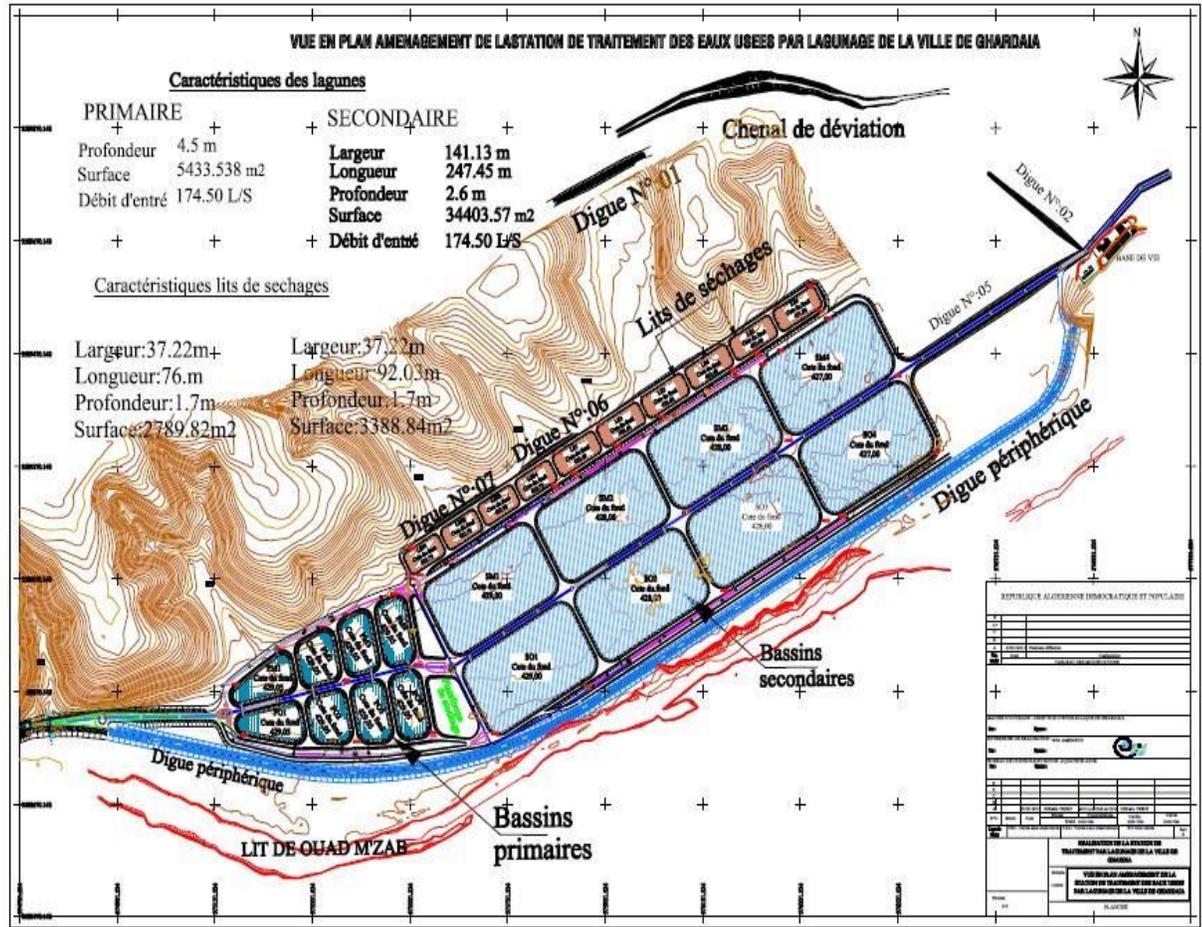


Figure 11 : Schéma explicative de la STEP d'AL-ATTEUF (Rezzag et Geurbouz, 2017).

Tableau 02 : les données de bases de la STEP (STEP Ghardaïa, 2013).

<b>Capacité nominale 2030</b>	
<b>Premier niveau</b>	
Nombre de lagunes	08 lagunes
Volume total des lagunes	174 028,50m <sup>3</sup>
Volume par lagune	21 753,56m <sup>3</sup>
Surface totale	4,97ha
Surface par unité de lagune	0,62ha
Profondeur des lagunes	3,6m
Temps de séjour	3 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans
Charge organique résiduelle	5800 kg DBO <sub>5</sub> /j
Abattement DBO <sub>5</sub> minimal	50%
<b>Deuxième niveau</b>	
Nombre de lagunes	08 lagunes
Volume total des lagunes	464 000m <sup>3</sup>
Volume par lagune	58 000 m <sup>3</sup>
Surface totale	30,4ha
Surface par unité de lagune	3,8ha
Profondeur des lagunes	1,6 m
Temps de séjour	10 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans
Charge organique résiduelle	2 320 kg DBO <sub>5</sub> /j
Abattement DBO <sub>5</sub> minimal	60%



# **Chapitre II**

## **Matériel et**

## **méthodes**

L'analyse est requise dans toute station d'épuration détermination des différents paramètres physiques et chimiques des eaux usées traitées et des tests bactériologiques pour évaluer le degré de contamination à chaque étape Les efficacités de traitement et d'élimination de la contamination donnent une bonne appréciation performances de purification de la station d'épuration. Parmi ces paramètres : potentiel hydrogène, Conductivité électrique, Salinité, Oxygène dissous, Matière en suspension, Ammonium, Nitrate, Ortho phosphate.

### II.1 Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement d'échantillons d'eau est une opération délicate et la plupart des gens Un grand soin doit être pris; il détermine les résultats de l'analyse et l'interprétation qui en résulte sera donnée. Les échantillons doivent être homogènes, représentatifs et non modifiés propriétés physiques et chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.)(Rodier, 2005)

Au cours de notre étude, le prélèvement se fait dans trois points différents de la STEP d'AL Atteuf les trois points sont prélevée a la sortie de STEP (les rejets) dans des conditions réglementaires d'hygiène.

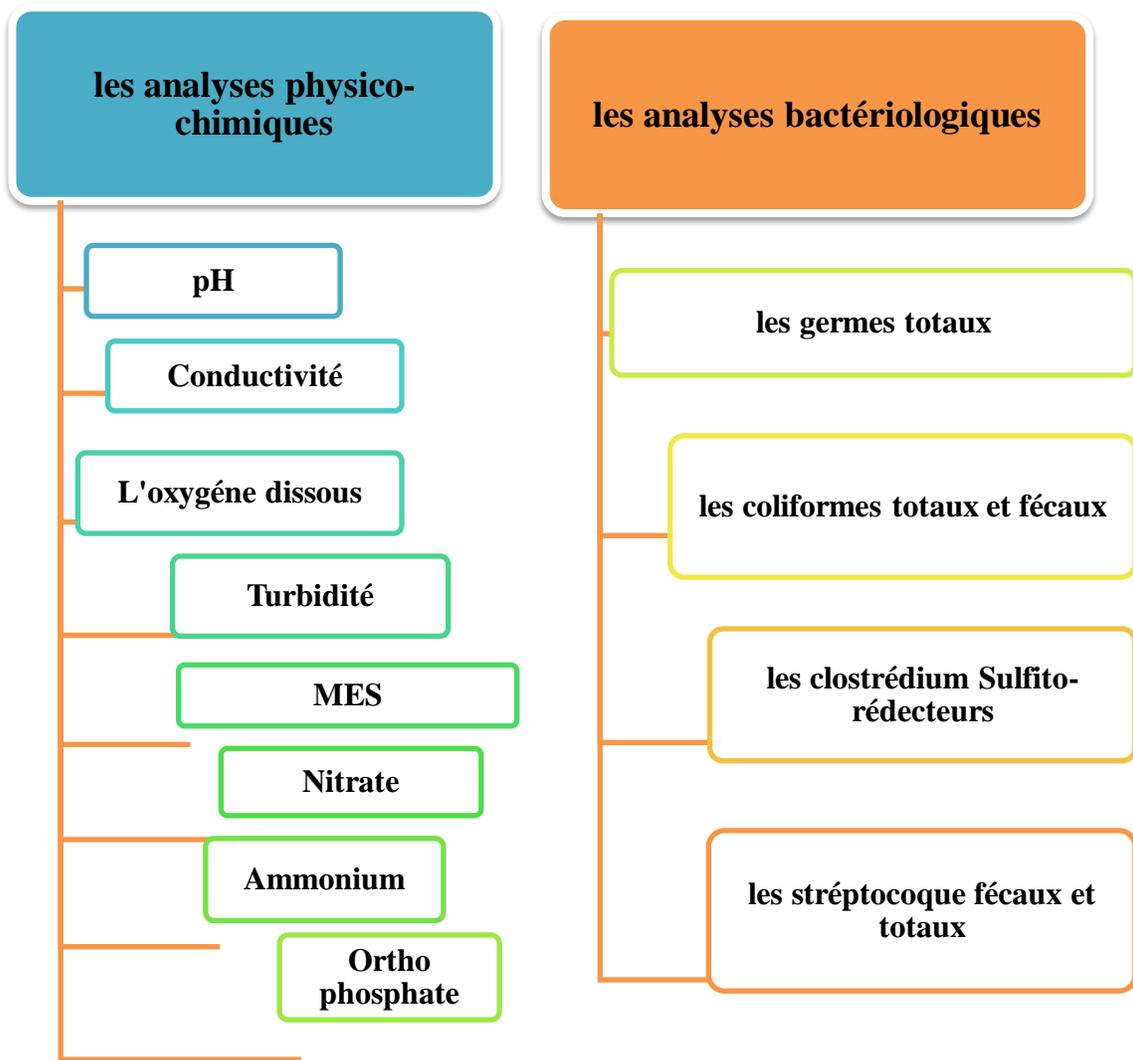
Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau:

1. Date et heure de prélèvement.
2. point de prélèvement d'eau.
3. Origine de l'eau (STEP d'AL Atteuf).

Les eaux ont été prélevées dans des flacons stériles (pour les analyses bactériologiques).Ceux-ci sont immergés en position verticale en le tenant par le fond, l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire de courant, des flacons de 125 ml sont préconisés pour l'analyse bactériologique et 1L pour l'analyse physico-chimique.



**Figure 12 :** Localisation des points des échantillonnages



## II.2 Analyses physico-chimiques

### II.2.1 Détermination du potentiel d'hydrogène pH :

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre .En effet, un volume de 250 ml a été prélevé à une température ambiante et fait l'objet de la mesure tout en rinçant l'électrode avant toute utilisation.



Figure 13 : pH mètre

### II.2.2 Détermination de la conductivité électrique CE :

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre de type YK-2001PH, équipé d'un dispositif de correction de la constante (température) permettant ainsi des lectures directes. En effet, un volume de 250 ml a été prélevé à une température ambiante et fait l'objet de la mesure tout en rinçant l'électrode avant toute utilisation.



Figure 14 : Conductimètre

### II.2.3 Détermination de l'oxygène dissous

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologique de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple par les algues.

L'oxygène dissous a été déterminé à l'aide d'un l'oxymètre de poche Oxi340i.



**Figure 15 :** L'oxymètre

#### **II.2.4 Détermination de La turbidité :**

La turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre doit être étalonné avant chaque utilisation. En effet, un volume de 1 ml a été prélevé à une température ambiante et fait l'objet de la mesure tout en rinçant plusieurs fois la cuvette par l'échantillon à analyser avant toute utilisation.



**Figure 16 :** Turbidimètre

### II.2.5 Matière En Suspension (MES) :

La présence de MES dans l'eau provoque sa turbidité. Pour le dosage de MES, nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant de 0.45µm. Le filtre est séché à 105°C puis pesé après refroidissement (Norme EN 872, 1996).

Le taux de MES exprimé en (mg/l) est donné par l'expression

$$\text{MES} = (M_0 - M_1)1000/V \quad (\text{Rodier, 2005}).$$

V : Le volume en ml d'échantillon utilisé ;

M<sub>0</sub>: La masse en mg du disque filtrant avant utilisation ; M<sub>1</sub> : La masse en mg du disque filtrant après utilisation.

### II.2.6 Nitrate

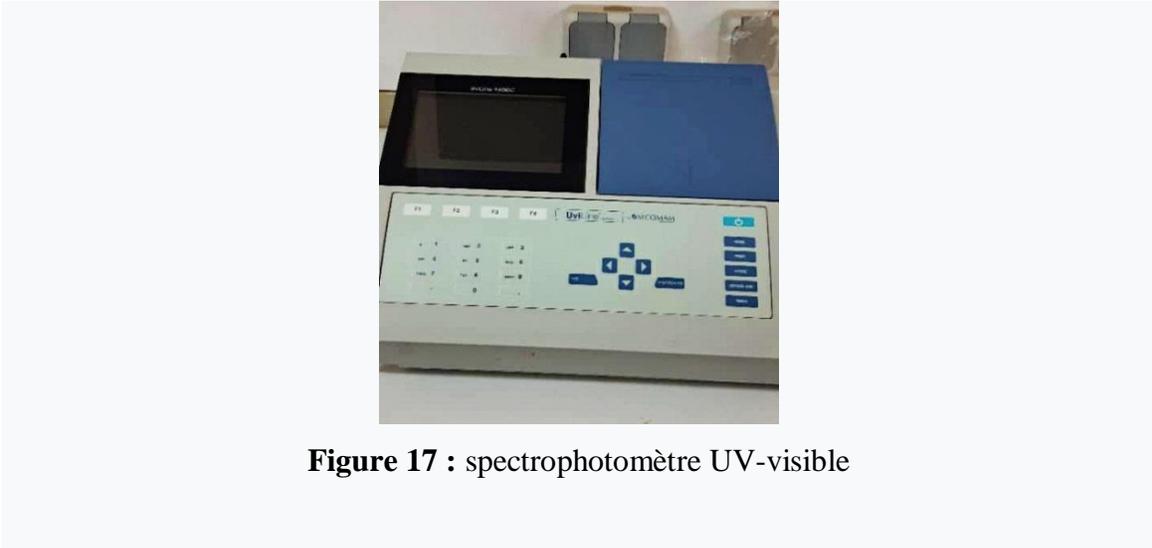
En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier *et al.* 2005).

### II.2.7 Ammonium

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite, en présence nitroprussiate de sodium, à une longueur d'onde d'environ 650 nm (I.S.O, 1986).

### II.2.8 Ortho phosphate

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue, susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier *et al.* 2009)



**Figure 17 :** spectrophotomètre UV-visible

### II.3 Analyses bactériologiques

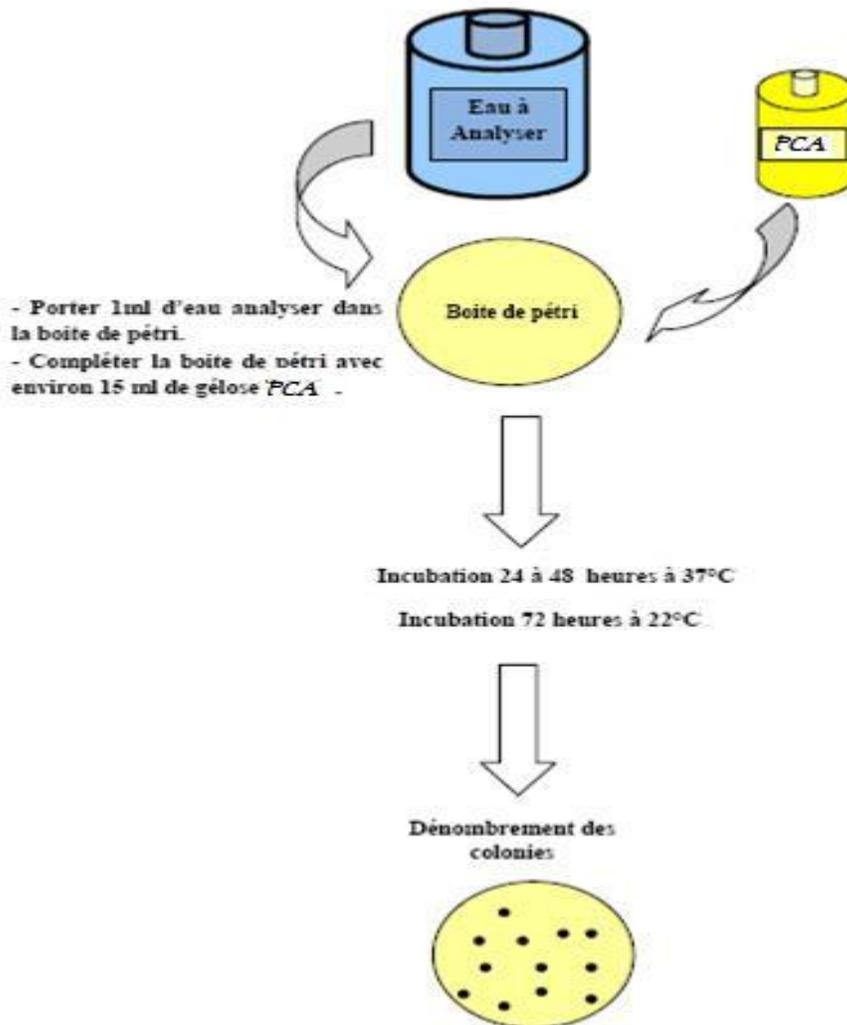
On prélève dans les meilleures conditions d'asepsie 1 ml de la solution mère et on l'introduit dans 9 ml d'eau distillée. Cela fait la dilution  $10^{-1}$ , aussi obtenus on procède de la même manière jusqu'à atteindre la dilution  $10^{-4}$ .

Les matières fécales sont la principale source de contamination des eaux.

#### II.3.1 Recherche et dénombrement des germes totaux

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définissent comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites

A partir de dilution que nous avons préparée de l'eau analysé, en mettant chaque fois 1 ml dans des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées 15ml de gélose PCA a été complété ensuite pour chacune des boîtes avec environ et mélangé avec précaution en mouvement rotatoire. (Figure 18).on met les boîtes dans l'incubateur à une température de 37 °C pendant 24 h à 48 h. La lecture se fait après chaque 24h. On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon. Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 1 ml (Germe/1ml).



**Figure 18 :** Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

### **II.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP)**

La méthode utilisée est la méthode de détermination du Nombre le Plus Probable (N.P.P) par inoculation de tubes en milieux liquides (fermentation en tubes multiples) (figure 19). Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3), contenant un milieu de culture non véritablement sélectif, mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz ; ensuite, repiquer les tubes « positifs » sur un milieu liquide, contenant

des sels biliaires ou des agents de surface, incubés à 44 °C pour les dénombrements de coliformes fécaux, respectivement (Rodier *et al.*, 2005).

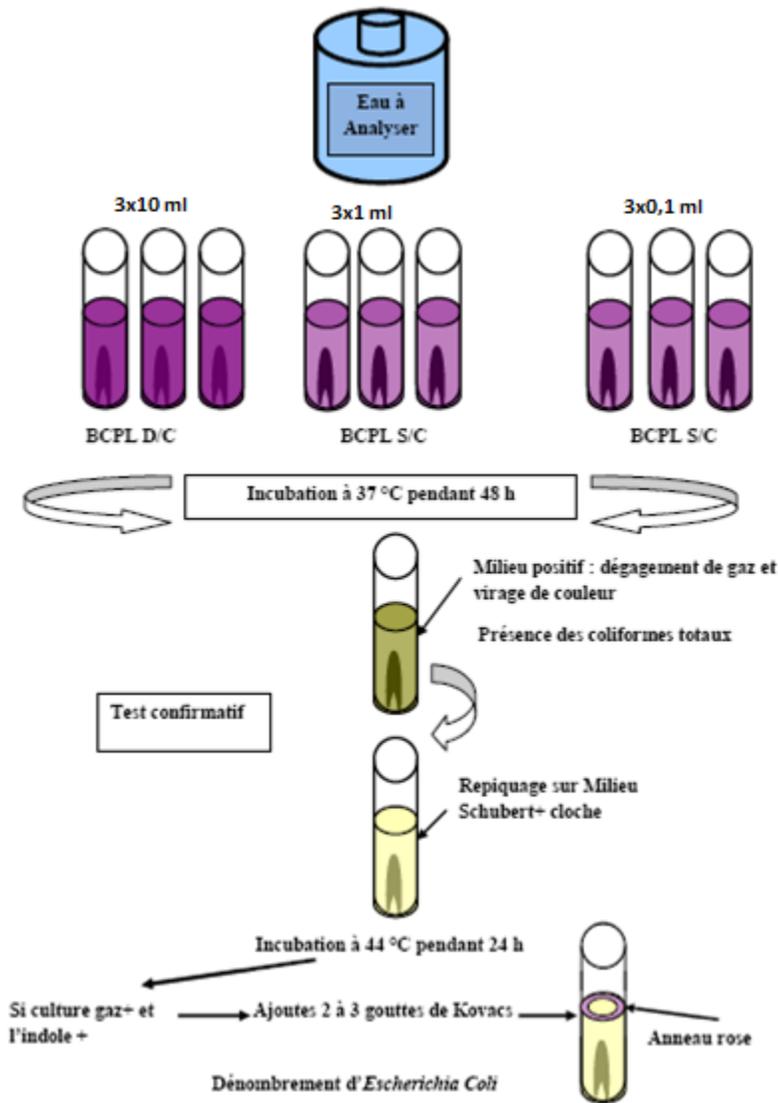
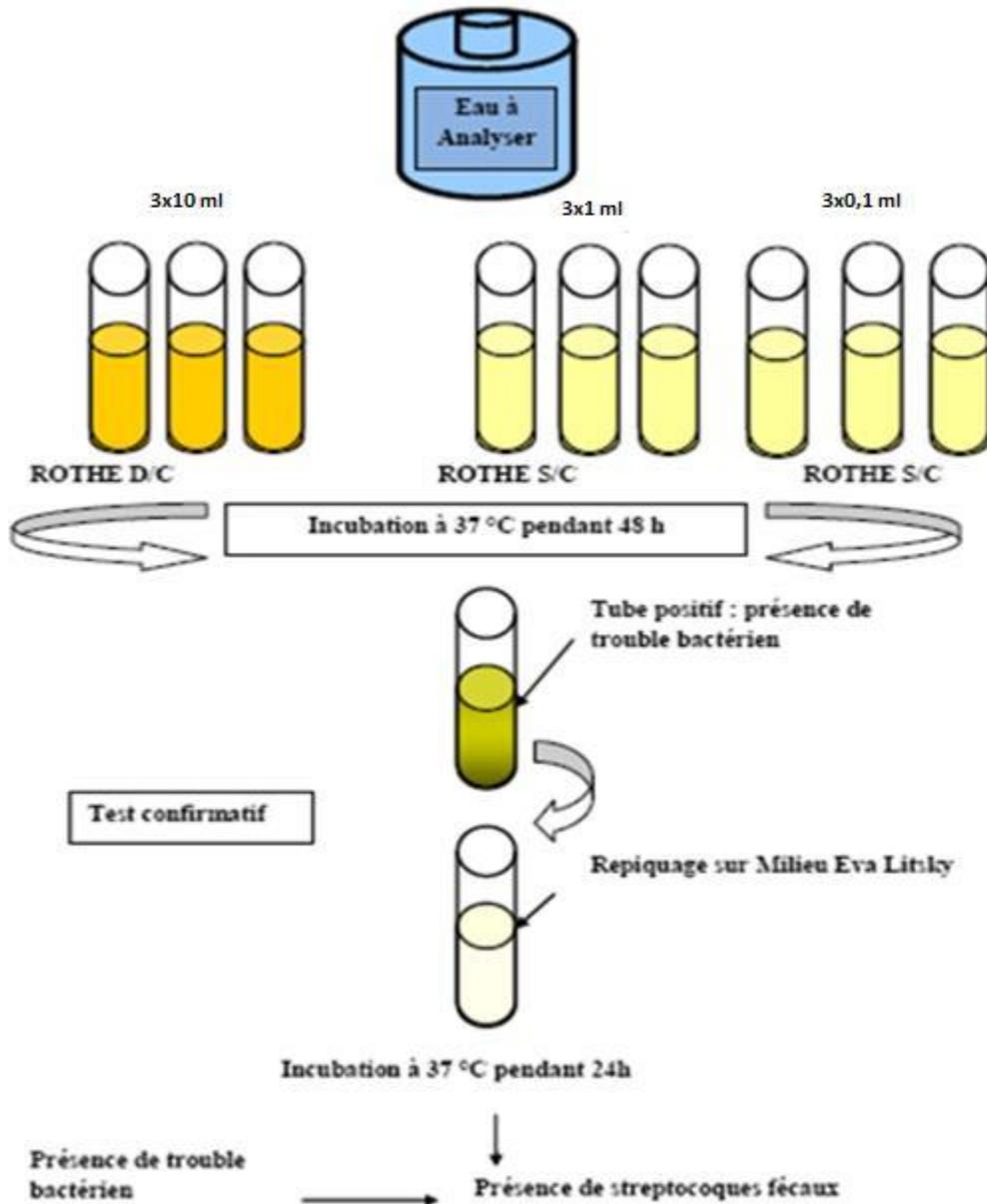


Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau

**II.3.3 Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide Test de présomption :**

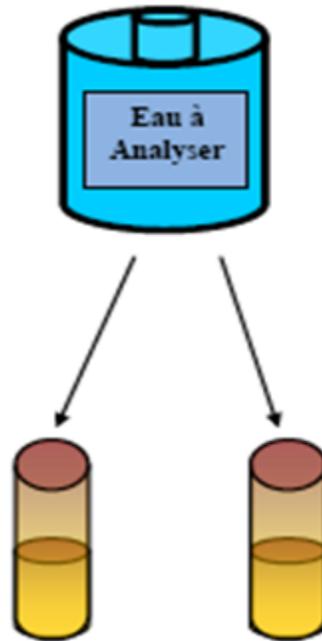
Nous avons utilisé la même méthode que la précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (figure 20) (Rodier *et al.* 2005)



**Figure 20 :** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

### **II.3.4 Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs**

Nous avons effectué la méthode par incorporation en gélose. Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer (figure 21). La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporée. Il a fallu finalement incuber à 37 °C, faire une lecture après 24 heures puis une deuxième après 48 heures (Rodier *et al.* 2009)



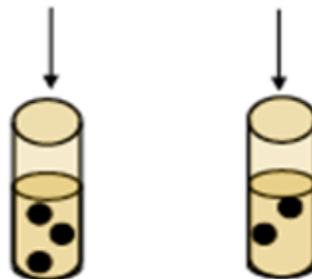
**Chauffage à 80°C , 10 minutes**

**Refroidissement brutal sous l'eau de robinet**



**Ajouter environ 15 ml de gélose TSN fondue puis refroidie à 45°C**

**Laisser solidifier puis incuber à 37°C , 16-24 puis 48 heures**



**Présence des Clostridium Sulfito- Réducteurs**

**Figure 21** : Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.



# **Chapitre III**

## **Résultats et**

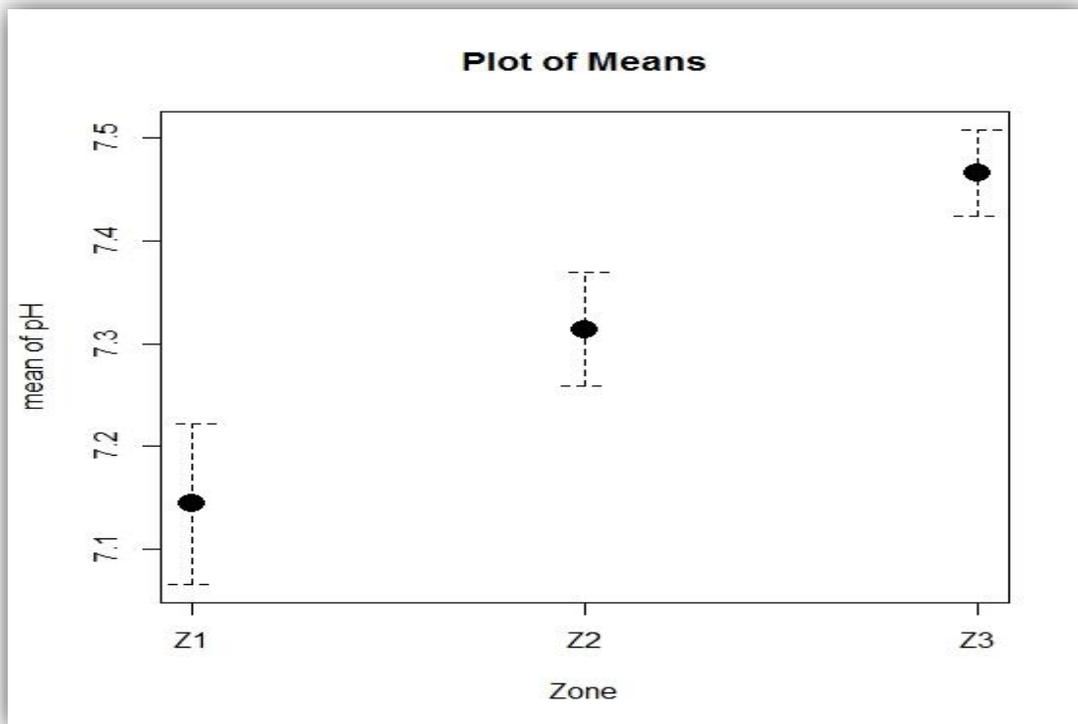
### **discussion**

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des analyses physiques, chimiques et biologiques des eaux usées traitées de la station d'épuration d'Atteuf et leur conformité aux normes nationales qu'ils ont publiées dans le Journal officiel de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture.

### III.1 Résultats des analyses physico-chimiques :

#### III.1.1 pH:

Le potentiel d'Hydrogène (pH) est le logarithme décimal de sa concentration en ion hydrogène  $[H_3O^+]$ . En examinant la figure 22, nous avons enregistré les valeurs moyennes les plus basses dans la zone 1, estimé de 7,14, tandis que la valeur moyenne la plus élevée était dans la zone 3 de l'ordre 7,46. Par conséquent, les résultats d'analyse de la variance aléatoire (ANOVA) montrent une différence significative ( $p = 0,009$ ) (Annexe 04).

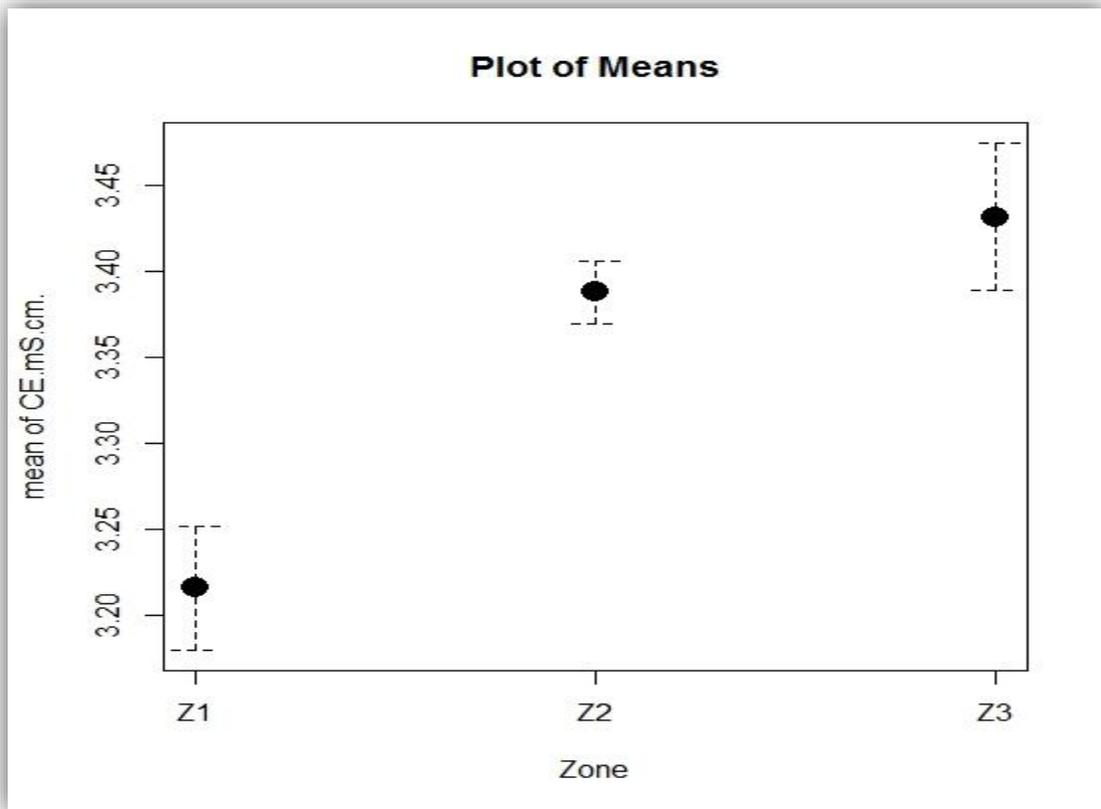


**Figure 22:** Variation du pH en fonction de la zone d'échantillonnage.

### III.1.2 Conductivité électrique:

Les résultats des mesures de conductivité sont présentés dans la figure 23, où nous avons enregistré la valeur moyenne la plus basse (3,21 dS/cm) au niveau la zone 1 et celle la plus élevée était de 3,43 dS/cm dans la zone 3. En effet, le seuil de signification ( $p = 0,001$ ) obtenu après ANOVA révèle bien l'effet significatif de facteur zone sur la conductivité électrique. (Annexe 04).

Selon les normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des eaux usées traitées, les valeurs que nous avons obtenues n'est pas conformes ( $CE=3mS/cm$ ) (JORA 2012) (Annexe 05).

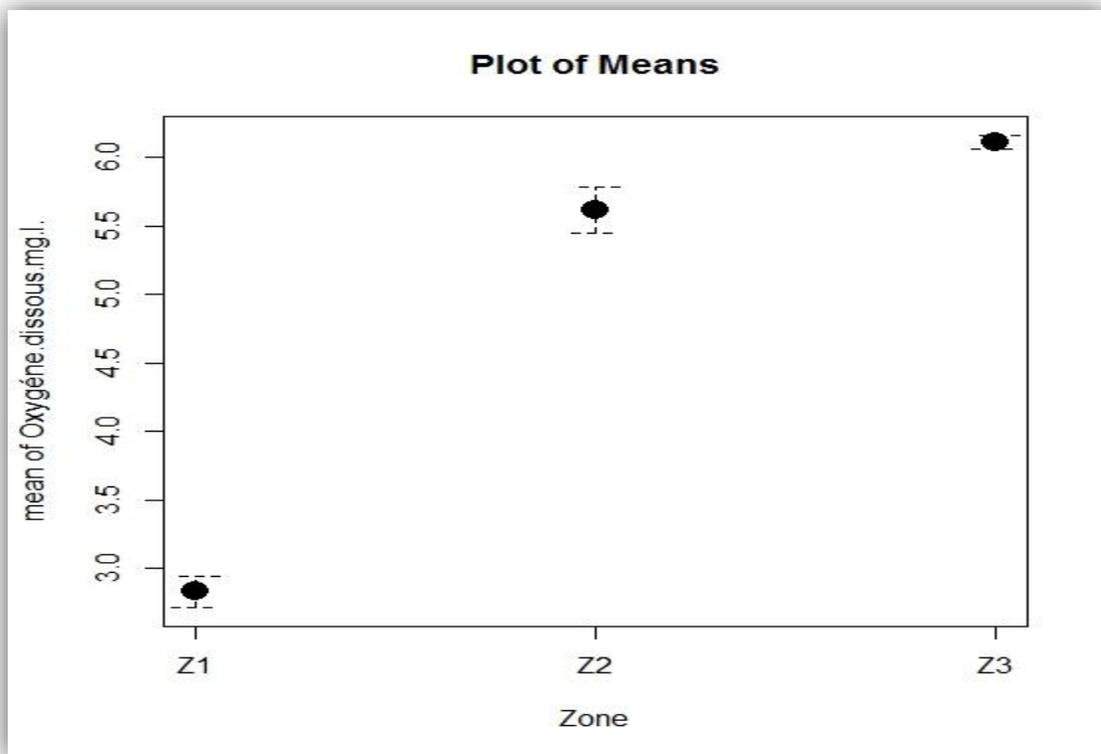


**Figure 23:** Variation du Conductivité électrique en fonction de la zone d'échantillonnage.

### III.1.3 Oxygène dissous:

La concentration en oxygène détermine la concentration des bactéries anaérobies et aérobies qui déterminent le traitement biologique de la matière organique (RODIER, 2005). Dans ce contexte, on constate que les teneurs en oxygène dissous obtenues sont très variables entre les zones, dans la zone 1, nous avons enregistré des valeurs moyennes de 2,8 mg/L, alors qu'en zone 2 de 5,6 mg/L., rien que la concentration maximale moyenne d'oxygène est celle notée dans la zone 3 (6,1 mg/L). Les résultats ont montré, en effet, des différences hautement significatives ( $p < 0.0001$ ) (Figure 24) (Annexe 04).

Nos résultats ne sont pas conformes aux les normes du Journal Officiel Algérien pour la réutilisation des eaux usées (5 mg/L) (Jura 2012) (Annexe 05).

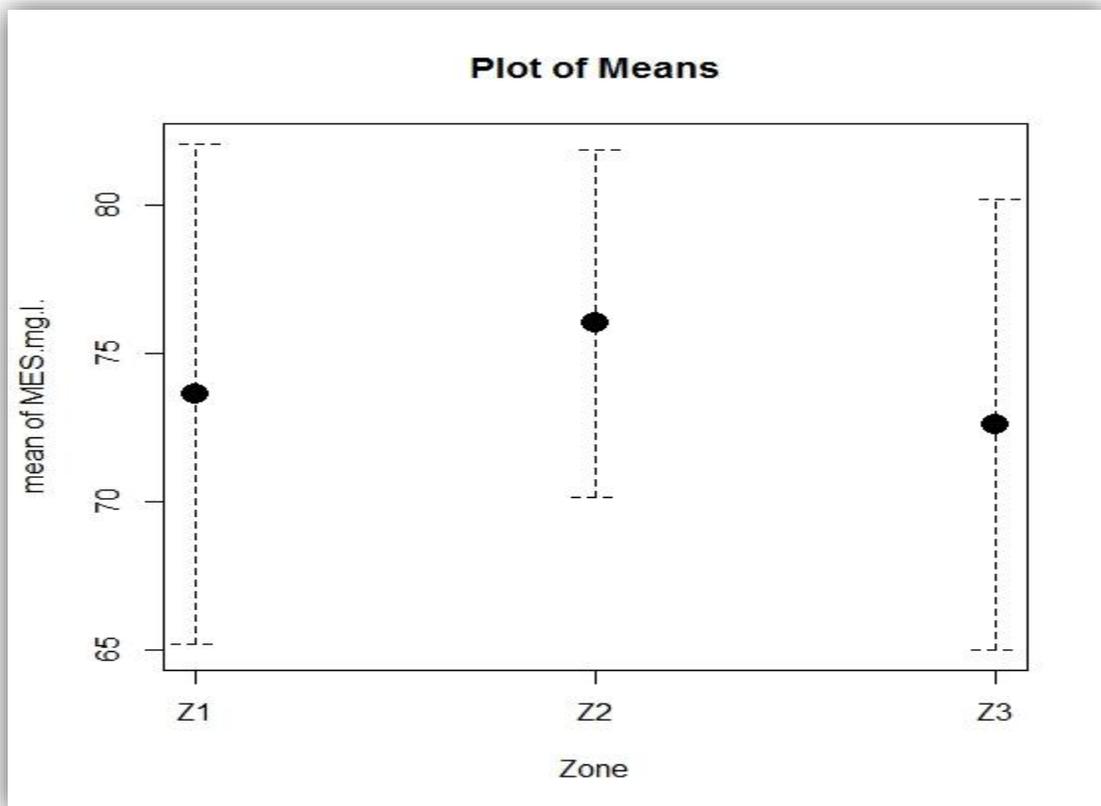


**Figure 24:** Variation du l'Oxygène dissous en fonction de la zone d'échantillonnage.

**III.1.4 Matières en suspension:**

Selon les résultats obtenus, Nous avons enregistré dans la zone 3 les valeurs les plus basses de 72,6mg/l, alors que la moyenne des valeurs les plus élevées était dans la région 2 à 76,2mg/l. Néanmoins, les résultats d'ANOVA révèlent un effet non significatif ( $p=0.94$ ) (Figure 25) (Annexe 04).

Selon les normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des eaux usées, les valeurs que nous avons obtenues n'est pas conformes (30mg/l). (JORA 2012) (Annexe 05).

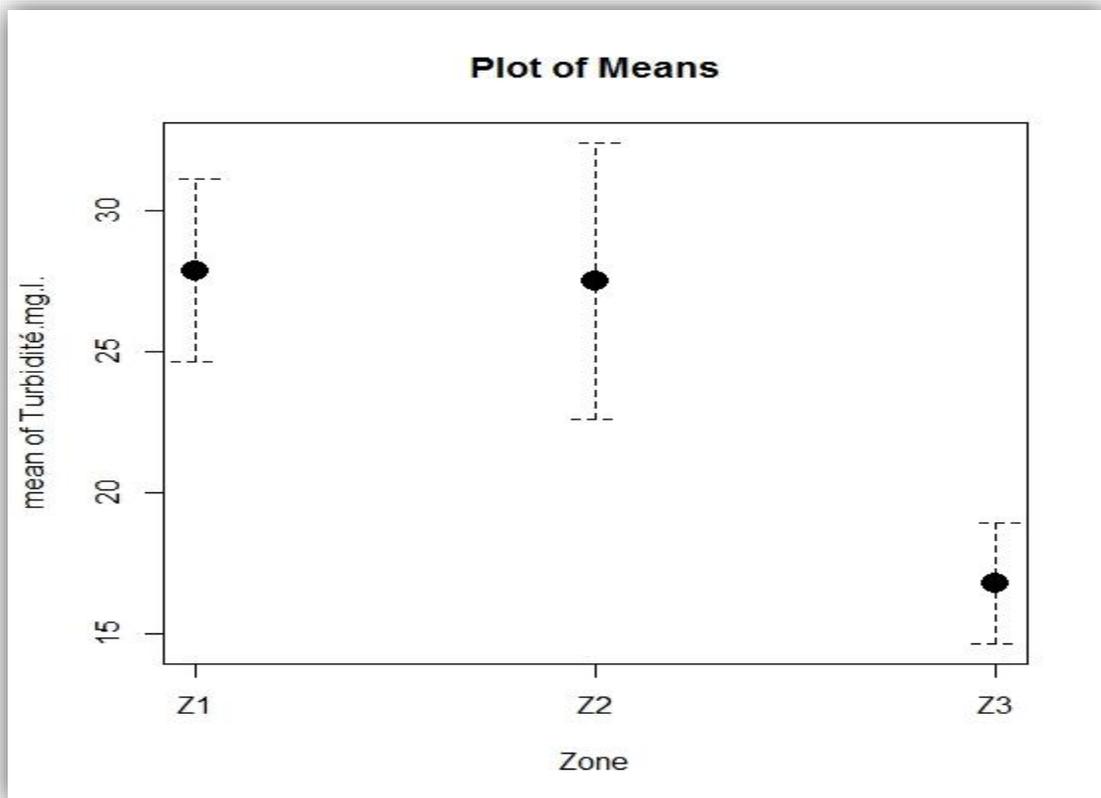


**Figure 25:** Variation du Matières en suspension en fonction de la zone d'échantillonnage.

### III.1.5 Turbidité:

La figure 26 présente résultats des mesures turbidité des eaux usées traitées de la step AL-Atteuf, où nous avons enregistré la moyenne de la valeur la plus faible dans la zone 3 de 16.8NTU alors que la moyenne de la valeur la plus élevée est celle notée dans la zone 1 était de 27.86NTU. Néanmoins, les résultats d'ANOVA révèlent un effet non significatif ( $p = 0,08$ )(Annexe 04).

Selon les normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des eaux usées, les valeurs que nous avons obtenues n'est pas conformes à ces normes (5NTU). (JORA 2012) (Annexe 05).



**Figure 26:** Variation de la turbidité en fonction de la zone d'échantillonnage.

III.1.6 Nitrate:

La figure 27, qui présente les concentrations en nitrates dans les eaux usées traitées entre les trois zones échantillonnées dans le rejet de la station. Le test d'ANOVA a révélé, en revanche, une différence qui n'est pas significative ( $p=0.31$ ). Cependant, au niveau de la zone 3, nous avons noté les niveaux des nitrates les plus élevées, estimés de 0,5mg/l (Annexe 04).

Ces résultats sont en accord avec les normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des eaux usées (50mg/l). (Jura 2012) (Annexe 05).

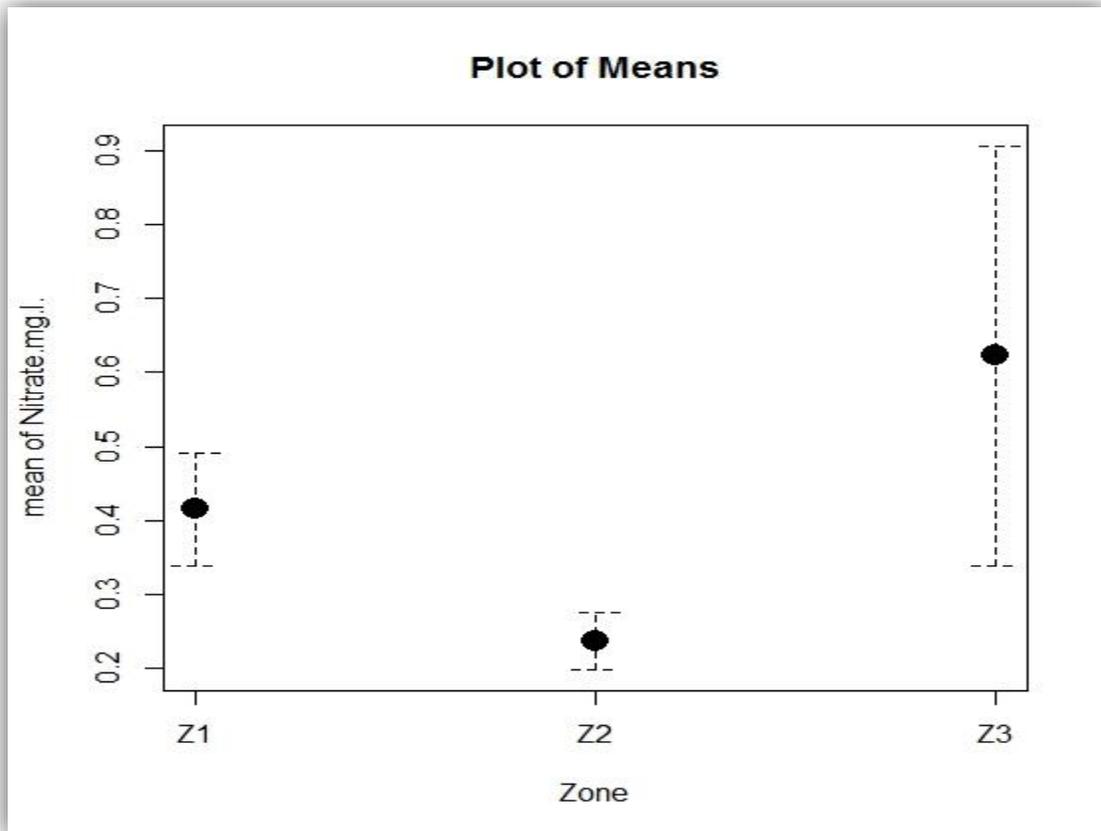
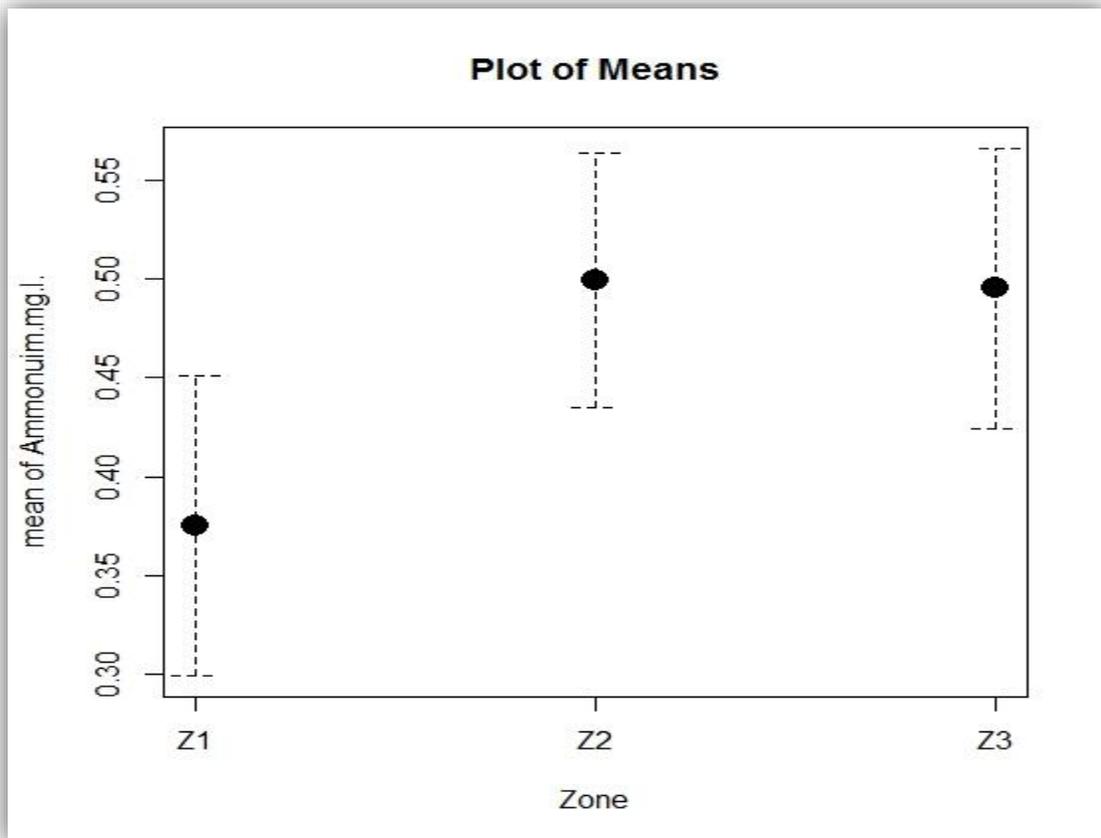


Figure 27: Variation du nitrate en fonction de la zone d'échantillonnage.

### III.1.7 Ammonium:

Bien que les Résultats d'ANOVA soient non significatifs ( $p=0.39$ ). Les valeurs d'ammonium dans les zones étudiées ont fluctué de 0,37 mg/L, qui a été enregistré dans la zone 1, et 0,49 mg/L, que nous avons enregistré dans les zones 2 et 3. Nos résultats obtenus sont conformes aux les normes du Journal Officiel Algérien pour la réutilisation des eaux usées (3mg/L) (Figure 28). (Jura 2012) (Annexe 04).



**Figure 28:** Variation de l'Ammonium en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.1.8 Ortho-Phosphate:

Les résultats obtenus montrent une variation des valeurs de  $PO_4^{3-}$  d'une zone à l'autre. Nous avons enregistré la valeur la plus élevée dans la zone 1, estimée à 1,2mg/l. Les valeurs moyennes les plus basses sont celles enregistrées en zone 3 avec 1,02mg/l. Les

résultats d'ANOVA révèlent, en revanche, des différences qui ne sont pas significative ( $p=0.79$ ) (Annexe 04) (figure 29).

Selon les normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des valeurs que nous avons obtenues sont conformes à ces normes (2mg/l) (Jura 2012) (Annexe 05).

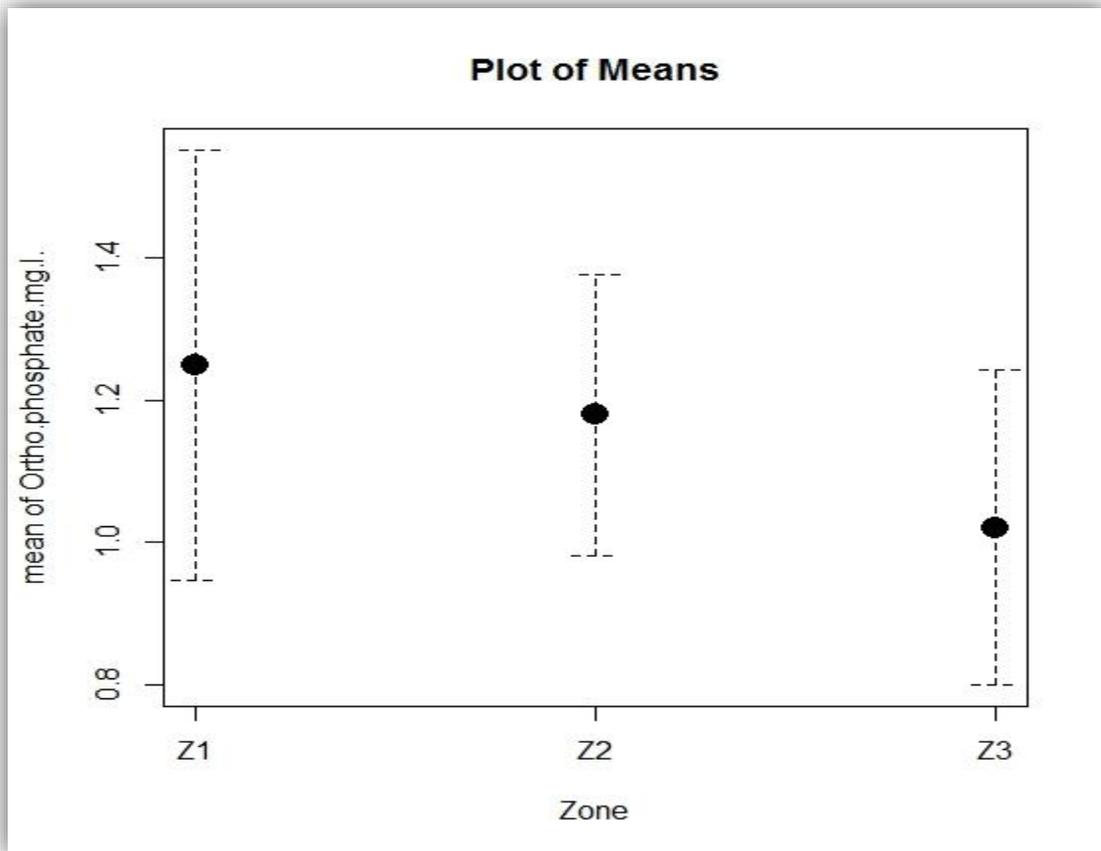


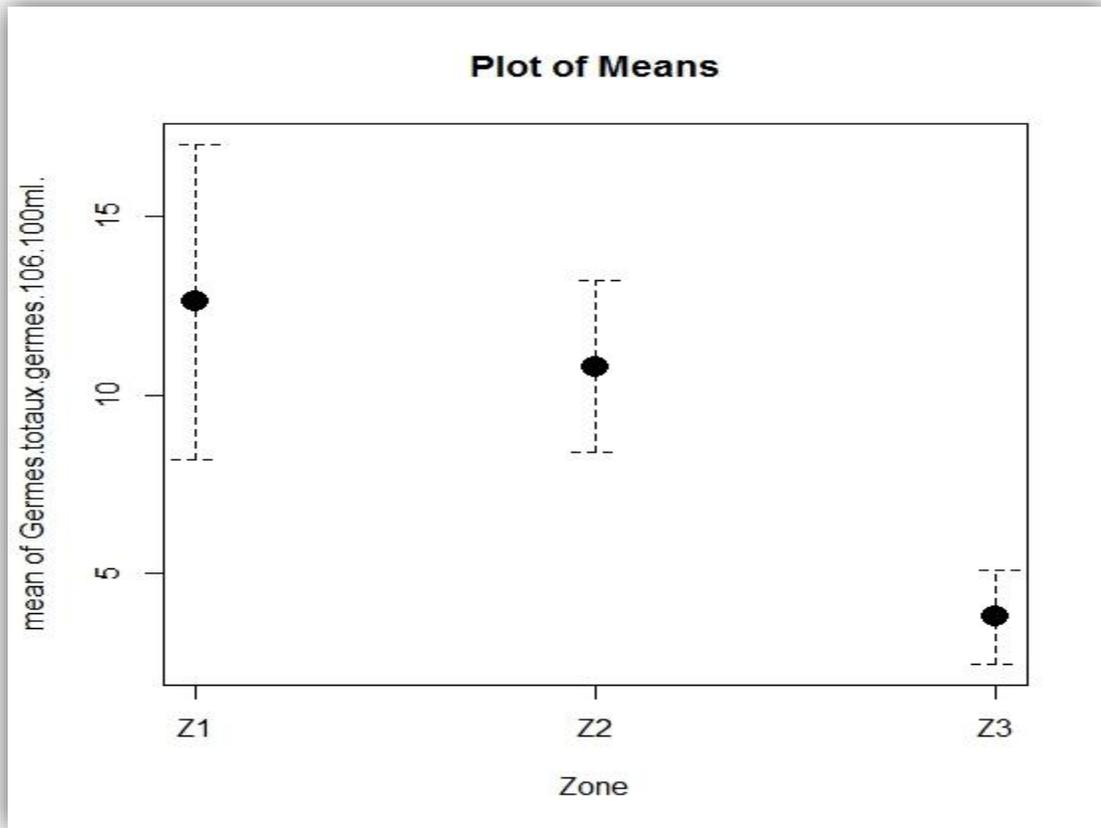
Figure 29: Variation de l'Ortho-phosphate en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2 Résultats des analyses bactériologiques:

#### III.2.1 Germes totaux:

En examinant la figure 30, nous avons enregistré les valeurs moyennes les plus élevées dans la zone 1, estimées de  $12.6.10^6$ germe/100ml, tandis que la valeur moyenne

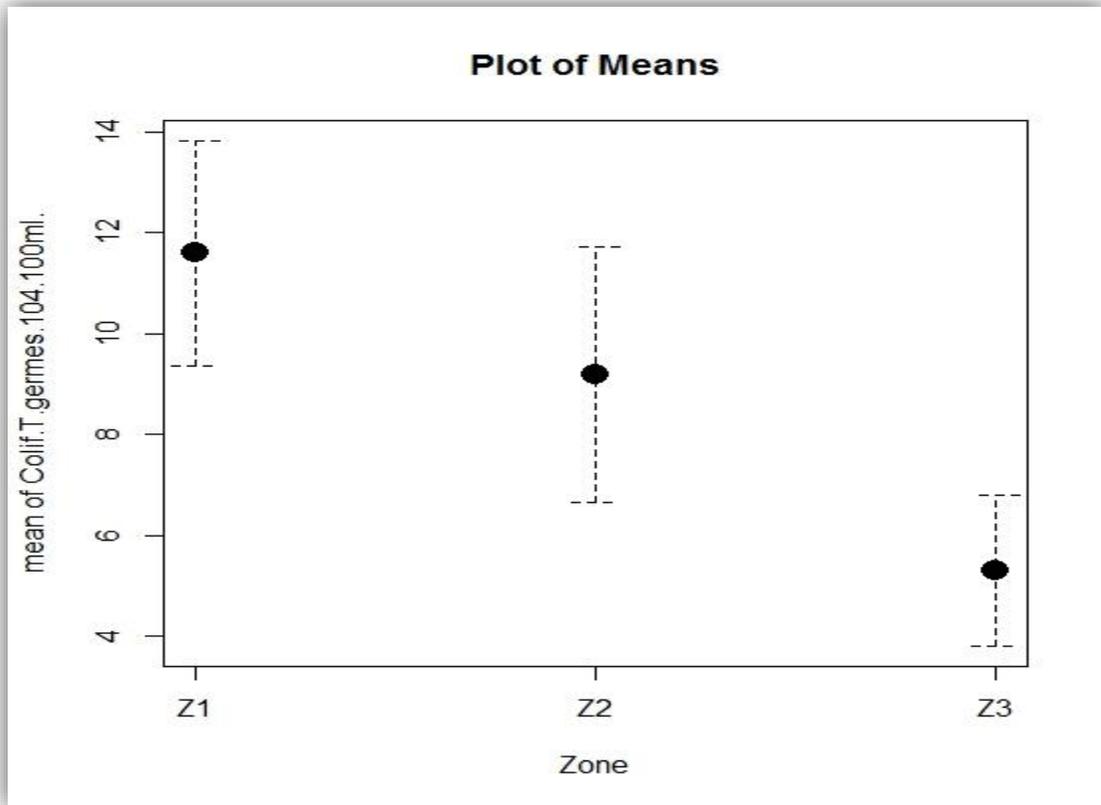
la plus faible était dans la zone 3 de l'ordre  $3.8.10^6$ germe/100ml. Par conséquent, les résultats d'ANOVA montrent une différence qui n'est pas significative ( $p = 0,1$ ) (Annexe 04).



**Figure 30:** Variation des germes totaux de en fonction zone d'échantillonnage.

### III.2.2 Coliformes totaux:

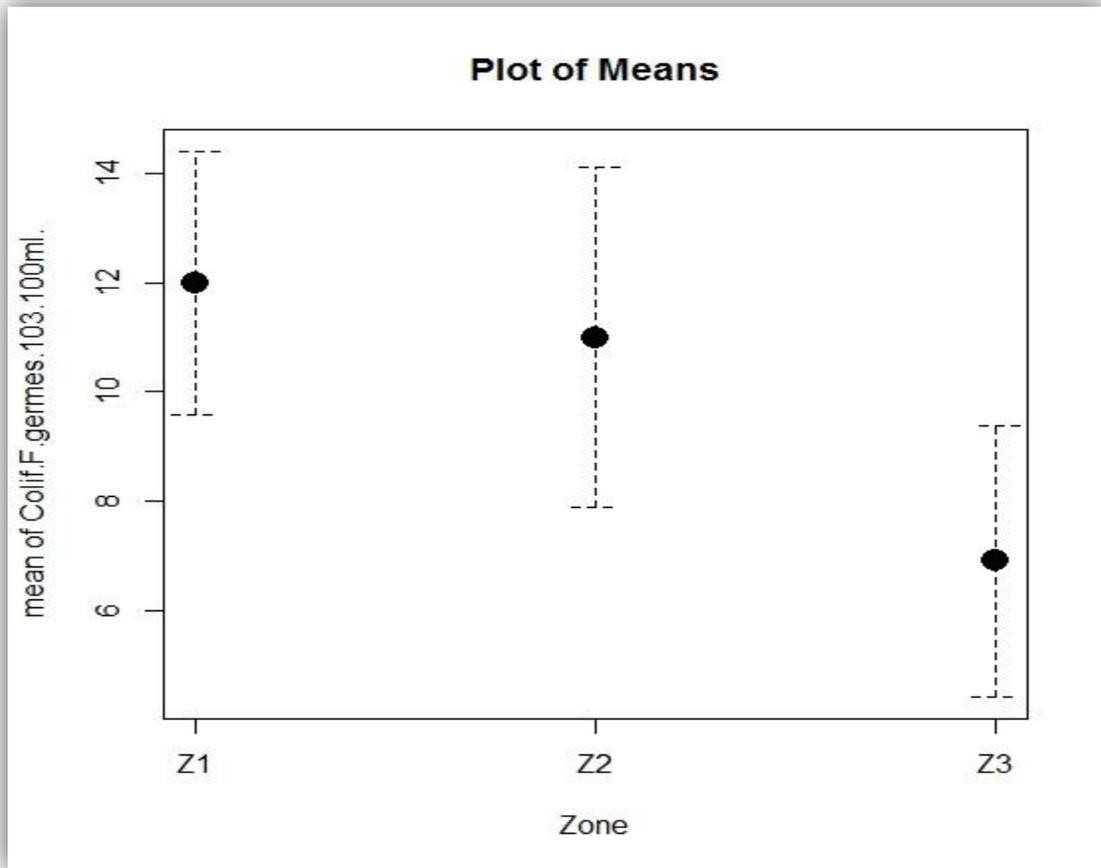
Les résultats des coliformes totaux des eaux usées traitées que nous avons étudiées, nous amène à constater que les échantillons de l'eau est riche en coliformes totaux surtout dans la zone 1 avec une charge très élevée de  $11.10^4$  CT/100 ml, alors que dans la zone 3 il y avait des valeurs aussi basses que  $3.10^4$  CT/100 ml. Néanmoins, les résultats de l'ANOVA n'étaient pas significatifs ( $p = 0,1$ ) (Figure31)(Annexe 04).



**Figure 31:** Variation des coliformes totaux en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2.3 Coliformes fécaux:

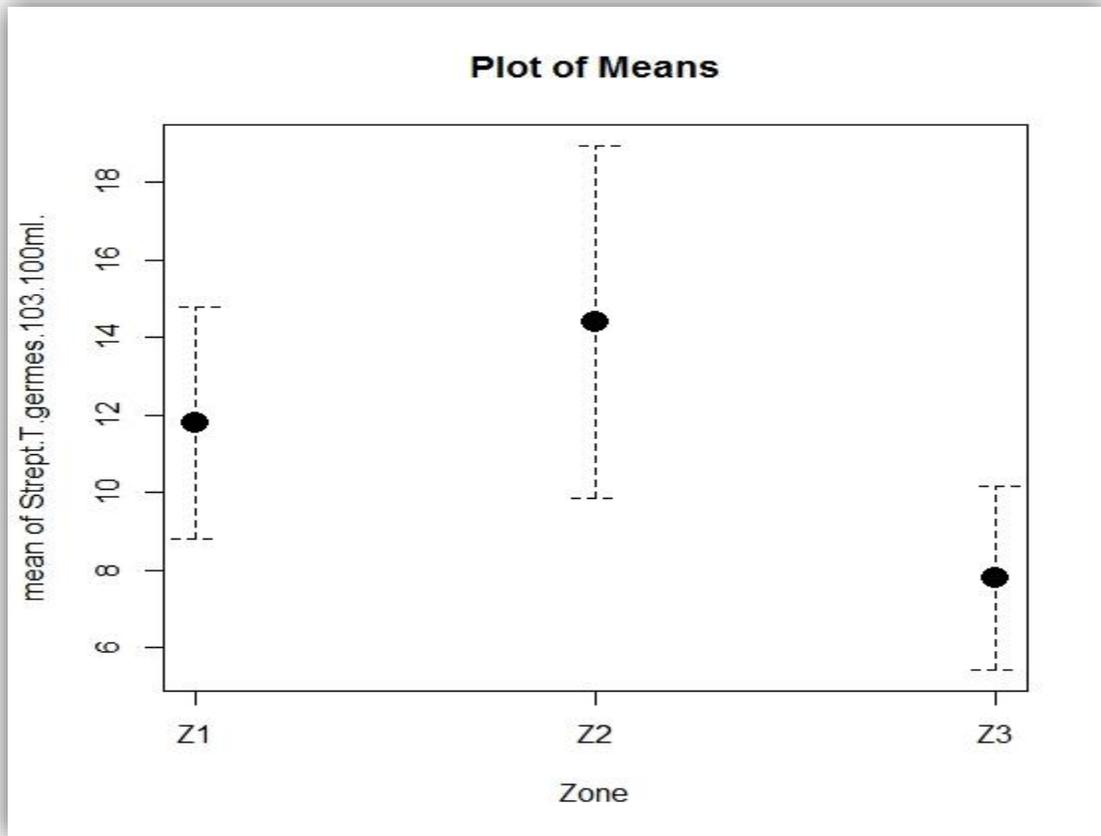
Bien que les résultats d'ANOVA soient non significatifs ( $p=0.3$ ). Les valeurs de coliformes fécaux dans les zones étudiées ont fluctué entre un maximum de  $12 \cdot 10^3 \text{CF}/100\text{ml}$ , qui a été enregistré dans la zone 1, alors qu'une baisse valeur a été enregistrée dans le reste des zones (Figure32) (Annexe 04).



**Figure 32:** Variation des coliformes fécaux en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2.4 Streptocoques totaux:

La figure 33 montre que les eaux usées après épuration confirment la présence de streptocoques totaux avec des valeurs élevées dans la zone 1 estimées à  $11 \cdot 10^3$  ST/100ml. Là où les valeurs enregistrées dans la zone 3 restent les plus basses à  $7,10^3$  ST/100. D'après le test d'ANOVA les résultats ne pas significative ( $p=0.3$ ) (Annexe 04).

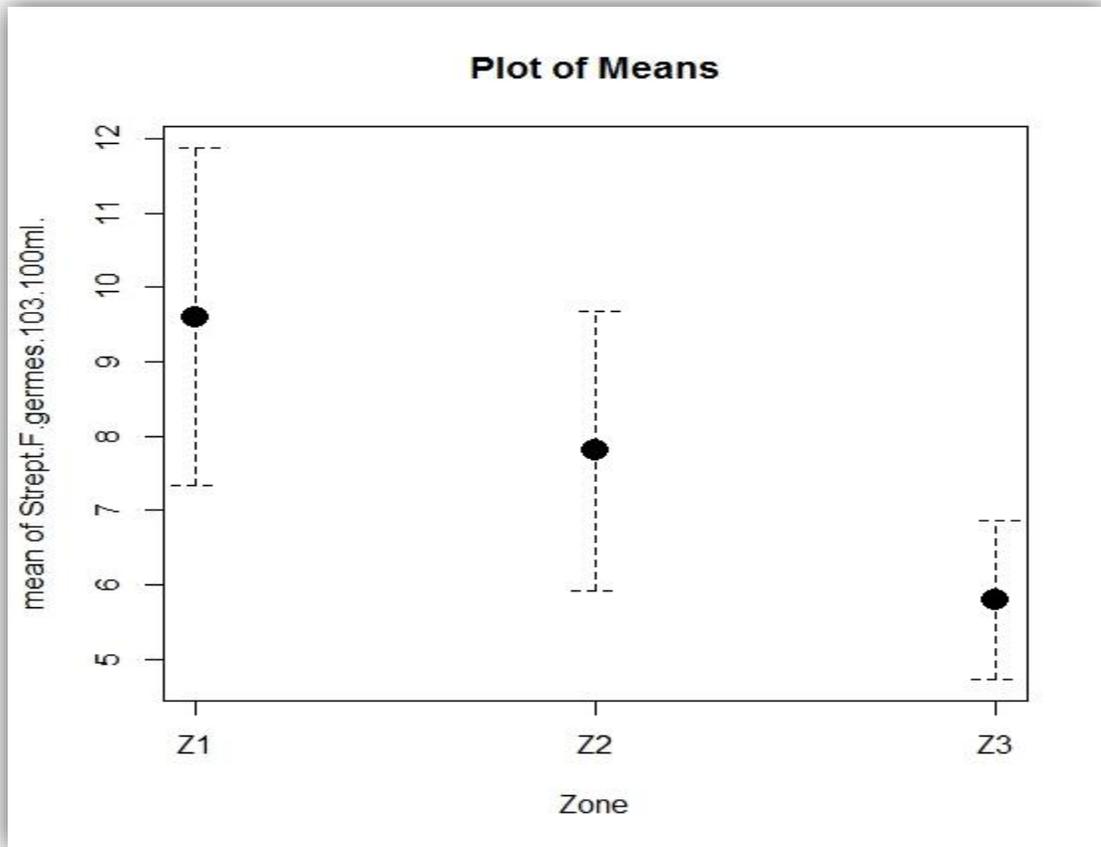


**Figure 33:** Variation des streptocoques totaux en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2.5 Streptocoques fécaux:

Selon la figure 34, nous remarquons que les valeurs diminuent, car nous avons enregistré la valeur la plus élevée dans la zone 1, atteignant  $9.10^3$ SF/100ml, et la moyenne des valeurs les plus basses enregistrées dans la zone 3, atteignant  $5.10^3$ SF/100ml.

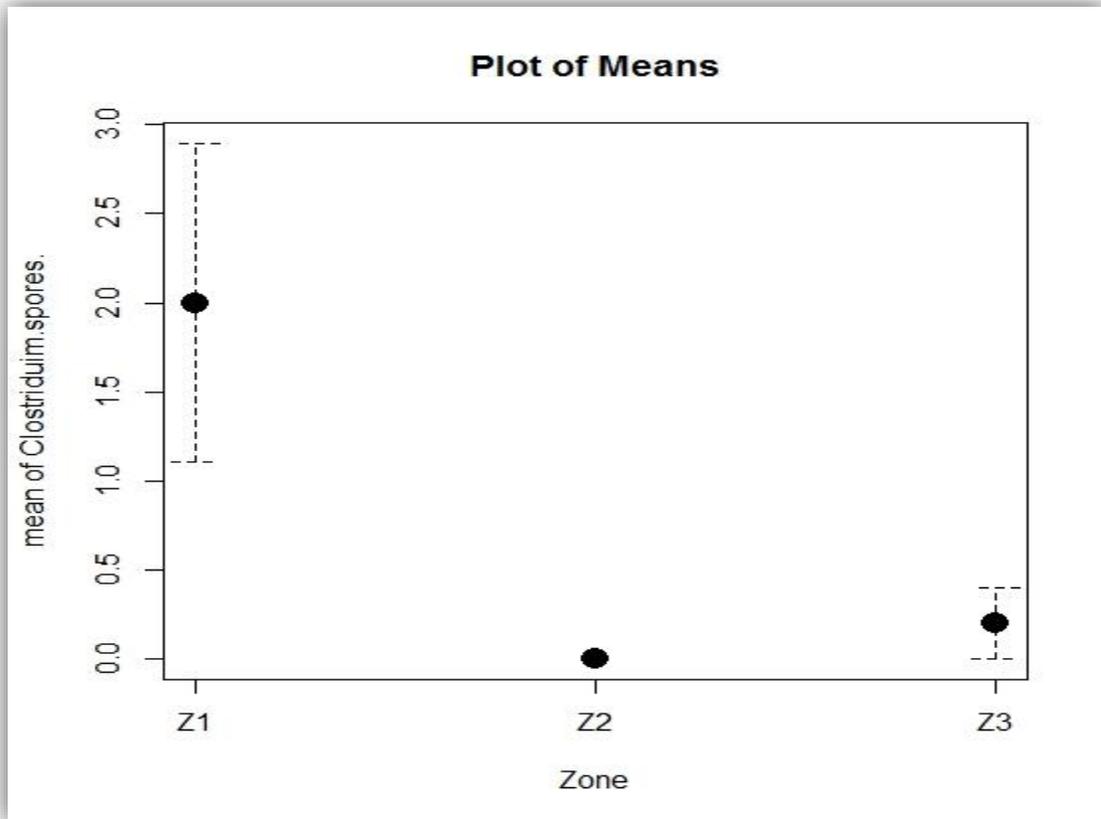
Les résultats obtenus confirment la présence de Streptococcus fécaux dans les eaux usées traitées dans les trois zones. Les résultats d'ANOVA révèlent un effet non significatif ( $p = 0,3$ ) (Annexe 04).



**Figure 34:** Variation des streptocoques fécaux en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2.6 Clostridium sulfito-réducteurs:

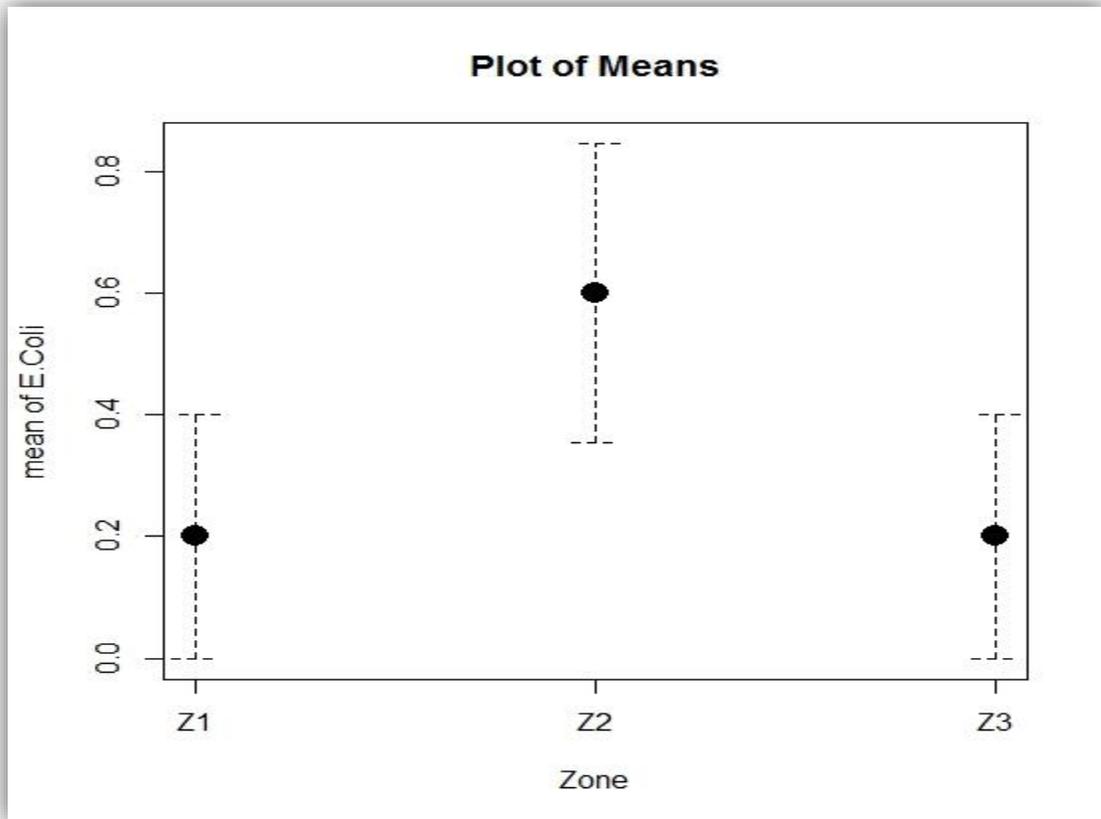
D'après la figure 35, un résultat négatif est enregistré dans la plupart des points de prélèvement, en particulier la zone 2, ce qui indique l'absence d'espèces réductrices de soufre (Clostridium) responsables de maladies graves telles que les intoxications alimentaires et le tétanos. Pour la zone 1, nous avons enregistré la moyenne des valeurs les plus élevées pour 2 spores. Le test d'ANOVA a révélé, en revanche, une différence qui est significative ( $p=0.03$ ) (Annexe 04).



**Figure 35:** Variation des clostridium sulfito-réducteurs en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.2.7 Escherichia coli:

Les résultats de l'ANOVA n'étaient pas significatifs ( $p = 0,3$ ), nous n'avons enregistré aucun Escherichia coli à la plupart des points d'échantillonnage. Bien qu'il y avait plus de présence dans la zone 2 que dans le reste des zones (Figure 36) (Annexe 04).

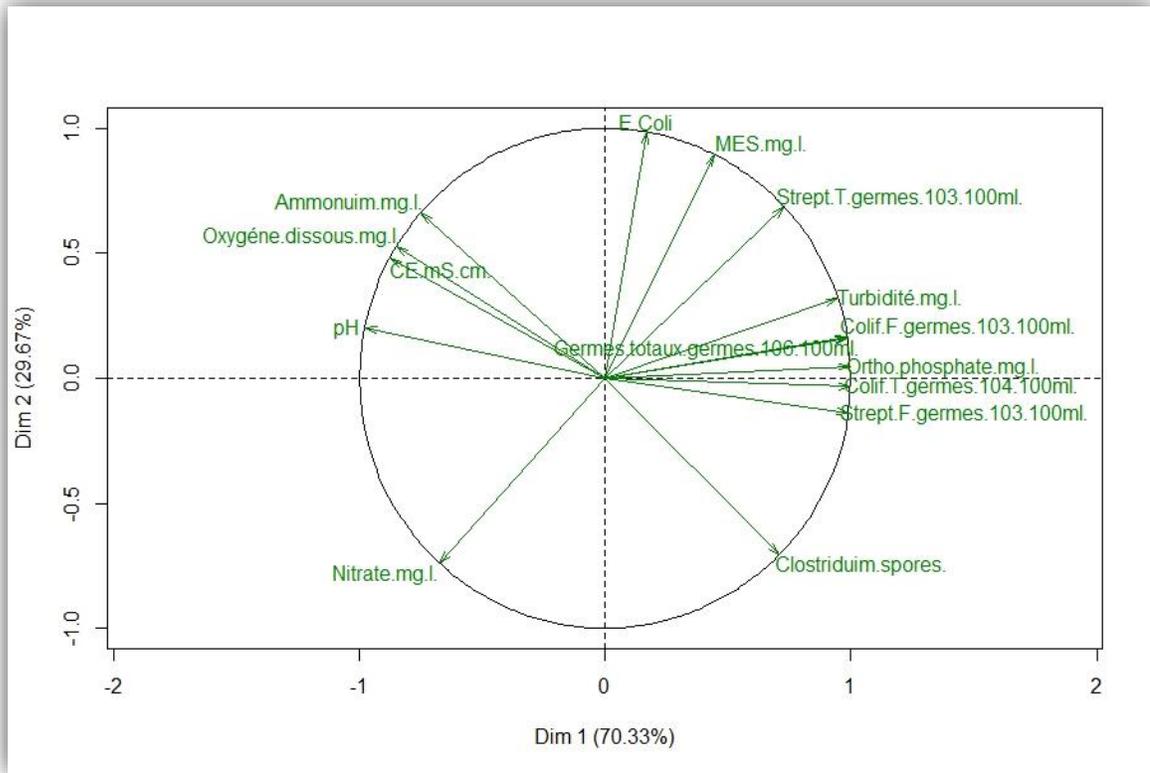


**Figure 36 :** Variation d'Escherichia coli en fonction de zone d'échantillonnage.

### III.3 Analyse multidimensionnelle :

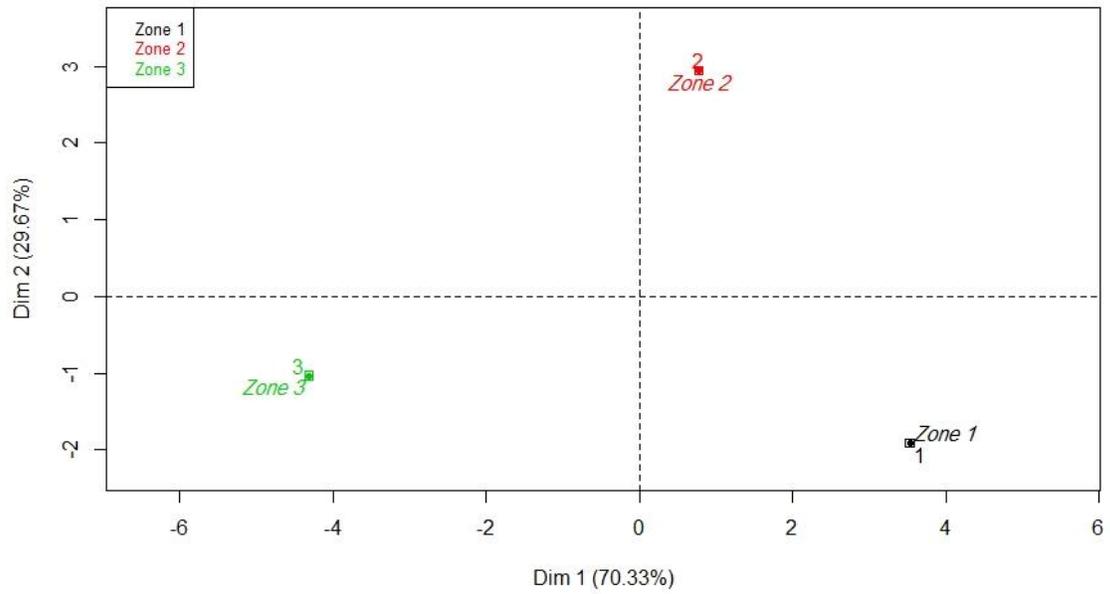
L'analyse en composantes principales (ACP) montre une bonne représentation des variables et des individus sur la carte factorielle (100% d'inertie). Il est à noter que le premier axe factoriel retient 70.33% alors que le deuxième axe retient 29.67% d'inertie totale. Les résultats nous ont permis de repérer des corrélations négatives et significatives entre l'oxygène dissous et clostridium sulfito-réducteurs ( $R=-0.61$ ) ( $P=0.01$ ), le nitrate et l'ortho-Phosphate ( $R=-0.52$ ) ( $P=0.04$ ), entre Streptocoques totaux et streptocoques fécaux ( $R=-0.63$ ) ( $P=0.01$ ). Les corrélations positives, les plus significatives, sont celles notées entre pH et CE ( $R=0.67$ ) ( $P=0.004$ ), CE et l'oxygène dissous ( $R=0.78$ ) ( $P=0.0005$ ), germes totaux et Streptocoques totaux ( $R=0.6$ ) ( $P=0.005$ ), entre l'ammonium et Streptocoques totaux ( $R=0.53$ ) ( $P=0.04$ ) et coliformes totaux et turbidité ( $R=0.75$ )

(P=0.001) (figure37) (Annexe03).



**Figure 37:** Carte factorielle variables issue d'Analyse en Composantes principales (ACP).

On constate, en effet, que la zone 1 est caractérisée beaucoup plus par la présence des germes de Clostridium sulfito-réducteurs, Streptocoques fécaux et Coliformes totaux. La zone 2 présente une qualité microbiologique médiocre en termes d'Escherichia coli, Streptocoques totaux, Coliformes fécaux et Germes totaux. Elle est de même caractérisée par des valeurs considérables en Matières en suspension, Turbidité, et Ortho-phosphate. La zone 3 a connu, en revanche, une concentration en nitrate importante (figure 38).



**Figure 38:** Carte factorielle individus issue d'Analyse en Composantes principales (ACP).



Suite aux analyses des eaux usées traitées au STEP AL-Atteuf, nous avons obtenu des résultats différents dans chacune des trois zones prélevées, où les résultats montrent que le pH varie entre 7.1 à 7.6. Ces valeurs nous amènent à constater que les valeurs de pH sont neutres à moyennement alcalines et concordent avec les résultats obtenus par (Tabet, 2014). De même, ces valeurs sont généralement comprises entre 6,5 et 8,5 considérées comme valeurs limites de rejets directs dans le milieu récepteur (Jora, 2006). Ces valeurs sont rendent le milieu favorable au développement des micro- organismes (Benhedid et Harrouz, 2011).

Les résultats de conductivité électrique montrent que la zone 3 était la plus importante par rapport au reste des zones, avec une moyenne de 3,43 mS/cm, Ces valeurs sont élevées par rapport aux résultats obtenus par (Tabet, 2014). La comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que la CE de ces eaux usées dépasse celles dictées par JORA (3mS/cm), ce qui influe négativement sur le milieu récepteur (dégradation de sol). (Benhedid et Harrouz, 2011).

D'autre part, il a été observé que la teneur en oxygène dissous dans l'eau augmente dans la zone 3, et il montre que l'oxygène dissous diminue dans la zone 1 en raison de la température élevée et de la faible solubilité (Benhedid et Harrouz, 2011).

Quant au MES, il est considéré comme un paramètre de pollution, Car nous avons remarqué qu'il y avait une corrélation négative entre l'oxygène dissous et le MES. Plus les valeurs d'oxygène dissous sont élevées, plus les valeurs de MES sont faibles, les résultats que nous avons obtenu ne sont pas conformes aux normes de rejets recommandées par l'Algérie (30mg/l), L'augmentation de la charge de MES ne représente pas une pollution en soi, tant que le milieu récepteur est assez grand peut accepter cette charge de matière organique vivante.(Benhedid et Harrouz, 2011).

Les doses de nitrates augmentent en zone 3 de 0,6 mg/L en moyenne par rapport au reste des zones, et cela est expliqué à l'avifaune et à leurs déchets que nous avons observés dans cette zone. Ces valeurs sont compatibles aux normes du Journal Officiel Algérien de réutilisation des eaux usées (Jura 2012).

La concentration d'ammonium la plus élevée a été détectée dans la zone 2 et 3 de 0.49mg/l, la comparaison aux résultats de (Tabet, 2014) qui a enregistré des valeurs supérieures à 3 mg/l. Ces valeurs sont obéissent aux normes des eaux d'irrigation recommandées par la JORA (Annexe05). Et par rapport aux teneurs obtenues des ortho-phosphates dans les eaux usées traitées ne dépassent pas la valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur (2 mg/l) (Jora, 2012).

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux usées traitées ont montré des résultats très élevés dans les niveaux des germes totaux à  $12.6.10^6$  germe/100ml par rapport aux résultats de (Tabet, 2014) qui a enregistré  $2.10^3$ germe/100ml et les résultats d'Eddabra (2011). Pour les coliformes totaux on a enregistré  $11.10^4$ CT/100ml comme valeur la plus élevée dans la zone 1 par rapport aux résultats de (Benhedid et Harrouz, 2011) qui a enregistré  $11.10^3$ CT/100ml, ce qui est inférieurs à nos valeurs. Tell que les résultats des coliformes fécaux nous avons obtenus  $12.10^3$ CF/100ml qui étaient supérieures aux résultats de (Benhedid et Harrouz, 2011) de 40CF/100ml.les résultats des streptocoques totaux estimées à  $11.10^3$ ST/100ml, qui c'est les mêmes résultats de TABET(2014) de  $18.10^3$ ST/100ml. Tell que résultats de (Benhedid et Harrouz, 2011) de  $2.10^3$ ST/100ml. En ce qui concerne les streptocoques fécaux, on a enregistré  $9.10^3$ SF/100ml nos résultats étaient moyens par rapport aux résultats de (Tabet, 2014)qui ont obtenu des résultats supérieures à  $1.10^4$  SF/100ml et (Benhedid et Harrouz, 2011) obtenue des résultats inférieurs à 30SF/100ml.Nous avons enregistré quelques spores de clostridium sulfito-réducteurs dans la zone 1qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs (Rodier, 2005).Et par rapport aux résultats de (Benhedid et Harrouz, 2011) qui n'ont enregistré aucune existence.

La législation algérienne a stipulé plusieurs arrêtés et décrets basant sur l'utilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation et la liste des cultures (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012)

constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées (Jura 2012) (Annexe05).

Néanmoins ; les résultats des analyses des eaux usées traitées en vue de leur réutilisation en agriculture peuvent être divisé en teneurs des paramètres physico-chimiques dépassant les normes algériennes de réutilisation (CE, MES, Turbidité, Oxygène dissous) en paramètres acceptables (pH, nitrate, ortho-phosphate, ammonium). Les résultats obtenus à partir des paramètres microbiologiques ont montrés l'inefficacité de ce traitement des eaux d'épuration. Du moment que l'objectif principal de l'épuration des eaux pour une meilleure promotion de la réutilisation des eaux traitées surtout en irrigation, il faut tenir compte des risques pour la santé. L'utilisation de cette eau n'est donc pas recommandée en particulier culture de produits pouvant être consommés crus, légumes qui ne sont consommés que cuits et légumes destinés à la conserverie.

# Conclusion

Les eaux usées traitées de la station d'épuration d'El-Atteuf notre objectif d'étude, se localise dans la commune d'El-Atteuf, qui se trouve en aval de la vallée du M'Zâb. Elle s'étend sur une superficie d'environ 79 hectares, La STEP se trouve à environ 21 kilomètres au sud-est de Ghardaïa, en aval de la digue d'Al Atteuf.

Ce travail a pour but d'évalué la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées traitées (les rejets) de la station de Kef Doukhan, afin d'examiner la possibilité d'une réutilisation pour des fins agricoles.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées ont montré des différences significatives entre les différentes zones étudiées. La zone 3 présentait des valeurs moyennes de pH plus élevées, indiquant des conditions potentiellement favorables au développement des micro-organismes. Les mesures de conductivité électrique (CE) ont également révélé des différences significatives entre les zones. Les teneurs en oxygène dissous variaient de manière significative entre les zones, ce qui peut avoir un impact sur le traitement biologique de la matière organique. Cependant, les concentrations de matières en suspension et la turbidité ne présentaient pas de différences significatives entre les zones. Les concentrations en nitrates et en ammonium étaient également similaires entre les zones, respectant les normes réglementaires. Enfin, les concentrations en ortho-phosphate ne présentaient pas de variations significatives entre les zones étudiées, respectant également les normes réglementaires.

Pour les analyses bactériologiques l'analyse des résultats des eaux usées a révélé des variations significatives dans les niveaux de germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques totaux et streptocoques fécaux entre les différentes zones étudiées. Les zones présentant les niveaux les plus élevés étaient généralement la zone 1, tandis que la zone 3 avait des niveaux plus bas. Cependant, les tests statistiques n'ont pas montré de différences significatives entre les zones pour la plupart de ces micro-organismes. Les clostridiums sulfite-réducteurs étaient généralement absents, mais présentaient des niveaux plus élevés dans la zone 1. L'analyse en composantes principales a révélé des corrélations significatives entre différentes variables, notamment le pH et la conductivité électrique, les germes totaux et les streptocoques totaux, et les coliformes totaux et la turbidité.

À la fin. La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture présente de nombreux avantages tels que la disponibilité d'une source d'eau supplémentaire pour l'irrigation des cultures et une moindre dépendance aux ressources en eau douce. Cependant, ils doivent être utilisés après assurance qualité, des mesures de manipulation appropriées et le respect des

réglementations sont nécessaires pour garantir la sécurité alimentaire et protéger la santé publique. D'après nos études réalisées au niveau de la STEP d'EL-Atteuf, la tentative de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture dans la région de Ghardaïa nécessite des suivis et des études plus approfondies

A cet effet, des recommandations sont conseillés :

- Additionner au laboratoire de la STEP les analyses bactériologiques et parasitologiques pour contrôler la qualité microbiologique des eaux épurées en cas d'une valorisation
- Une désinfection à l'UV est préconisée.
- Un suivi régulier de la qualité des eaux épurées en faisant des analyses physicochimiques et biologiques particulièrement en période de basses eaux.
- Un traitement tertiaire est indispensable (désinfection) pour une épuration entière des eaux.
- Contrôle qualité des cultures irriguées avec des eaux usées traitées.

## Références Bibliographiques :

**Achour M. (2014).** Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride, cas de la vallée du M'Zab, Mém magister, Université Oran, 143 p

**Ben mazouz Amina et Kheinache Selma. (2021).** Inventaire et analyse des Plantes médicinales dans la région de Ghardaïa (El Guerrara). Mémoire Master. bio.Université Ghardaïa, 31p

**Benhedid Hadjira et Harrouz Nadjet.(2011).**Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla).diplôme ingénieur.Ecosystèmes Steppiques et Sahariens. P 37

**Bouallaoui.M. (2021).** Contribution à la caractérisation de la qualité physicochimique et microbiologique des effluents traités de la station d'épuration (STEP). (Cas da willaya de GHARDAIA).memoire master .bio.eco.université Ghardaia .p 34

**Boukhari Hassiba. (2019).** Etude physico-chimique des eaux usées traitées de la STEP de Draa El Mizan pour des fins de valorisation agricole

**Bouziani M. (2000).** Eau : de l'épuration aux maladies. Éditions Iben-khaldoun pages 60, 61 71, 72, 74, 75,

**Bousmaha Ahmed, IJSRM Volume 08 Issue 07 July 2020 [www.ijssrm.in]**

**Bordet J. (2007).** Bureau d'Audiences Publiques sur l'Environnement (B.A.P.E), 1999

**Daoudi Noura. (2022).** Spécialisé dans l'écologie. Étudiant à 5me master, faculté De biologie. Université de Ghardaia, avec l'aide de l'Arc Gis.

**Djelaila Y. (2008).** Biosystématique des rongeurs de la région d'El Bayadh. Thèse Magister, Inst. nati. Agro. El Harrach, 151 p.

**Djeddi H. (2007).** Vilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences

**Eddabra R. (2011).** Évaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grand Agadir : isolement, caractérisation moléculaire et antibioresistance des espèces du genre vibrio, thèse en co-tutelle, de l'université ibn zohr

faculté des sciences d'Agadir et de l'université de Strasbourg Ecole doctorale science de la vie et de la sante, 146p.

**JORAD. (2012).** Journal officiel de la république Algérienne N°41, spécification des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

**Frioua Salim. (2014).** localisation et localisation et caractérisation des zones sources de pollution des ressources en eau de la ville de Biskra à l'aide de S.I.G

**Haili Salma et Merabti Basma. (2022).** Contribution à l'étude de quelques méthodes d'adaptation des plantes sahariennes (cas de la commune de Metlili et Guerrara). mémoire master. Bio, Eco. Université Ghardaïa. p 9 10

**Hannachi.A et al. (2016).** Essai de valorisation des eaux usées traités en culture Hydroponique

**I.S.O. (1986).** Qualité de l'eau. NA 1848, ISO 6332. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p

**Kadi a. et Korichi B. (1993).** Contribution à l'étude faunistique des Palmeraies de trois régions du M' ZAB (Ghardaia, Metlili, Guerrara). Mém.Ing.Agro., Univ. KASDI MERBAH Ouargla, pp: 1-13.

**Ouali M. (2000).** Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger

**Ovie, S.I. et Adeniji, H.A. (1990).** A simple guide to water quality management in fish ponds

**Ozenda P. (1983).** Flore du Sahara. Ed. Centre nat. Rech. Sci. (C.N.R.S.), Paris, 622 p

**Quezelp. et Santas. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie. Ed. CN RS, Paris, Tome J et II, 1169p

**Maamri.O et Ghoualem.E. (2013).** Utilisation des logs de forages pour la cartographie de la lithologie et la répartition spatiale du complexe terminale à travers la vallée d'Oued Righ .

**Moussaoui et Banhabib.A. (2015).** LA REUTILISATION DES EAUX USEE TRAITEES ET L'AGRICULTURE; Les entreprises familiales comme une alternative de développements

**Rezzag Aicha et Geurbouz Fatima. (2017).** Eaux usées épurées par lagunage naturel de la vallée du M'Zab: Gestion et impacts sur l'environnement (STEP d'El-Atteuf). mémoire master .bio .eco . Université Ghardaia .p 32

**Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau. Ed Dunod, Paris

**Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin J.-P., Champsaud H. & Rodi L. (2005).** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Ed Dunod, Paris, 1350 p

**Rodier J., Legube B. & Merlet N. (2009).** Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod, Paris, 1526 p.

**Roux, M. (1987).** Analyses biologiques de l'eau ; l'office international de l'eau.

**Soda. (2022).** Assimilation Simple Des Données Océaniques, années D'enregistrement 1869/12 à 2010/12. u. maryland (département des sciences Atmosphériques et océaniques), texas a&m university (département d'océanographie).

**Tabet Mouna. (2015).** Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration. Université 8 MAI 1945-GUELMA.

**Tfyeche.L.(2014).** Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement. mémoire master .science technique. Hydraulique.université Ouargla p 25 34.

**Toutain G. (1979).** Elément d'agronomie Saharienne de la recherche au Développement Ed. I.N.R.A. Paris, 296p.

**Valiron F. (1983).** La réutilisation des eaux usées. Paris : Edition du BRGM (Lavoisier) .

**Zergoun Y. (1994).** Bio écologie des orthoptères dans la région de Ghardaïa – Régime alimentaire d'Acrotylus parulies (Herrick-Schaeffer, 1828) (Orthoptères – Acrididae). Thèsedoct. Inst.Natio.Agro. El Harrach. Alger. 110 P.

**Zergoun Y. (1994).** *Peuplements orthoptérologique* à Ghardaïa. Thèse Magister, Inst. nati. Agro. El Harrach, 192 p

# ANNEXES

## ANNEXES

### Annexe 01 :



**Photo 01** : deuxième zone de prélèvement **Photo 02** : première zone de prélèvement



**Photo 03** : le troisième zone de prélèvement

### **Annexe 02 : mode opératoire des analyses physico-chimique**

#### **Détermination du potentiel d'Hydrogène (pH)**

## **1) Matériels et appareils**

Le pH a été déterminé avec un pH-mètre (EIJKELKAMP)

## **2) Mode opératoire**

1- Verser l'échantillon dans un Erlenmeyer de 250 ml

2- Rincer électrode avec de l'eau ultra pure.

3- Allumer le pH mètre.

4- Mettre l'électrode dans l'échantillon

5- Lire la valeur de pH sur l'écran

## **Détermination de la conductivité électrique CE**

### **1) Matériels et appareils**

La conductivité électrique a été mesurée avec un conductimètre YK-2001PH, équipé d'un dispositif de correction de la constante (température) permettant ainsi des lectures directes.

### **2) Mode opératoire**

1) Verser l'échantillon dans un Erlenmeyer de 250 ml.

2) Rincer l'électrode (sonde) avec de l'eau distillée ;

3) Allumer le conductimètre.

4) Lire la conductivité sur l'échelle grade.

## **Détermination de La turbidité :**

### **Mode opératoire :**

1) On met l'appareil sous tension

2) On rince plusieurs fois la cuvette par l'échantillon à analyser ;

3) On remplit par la suite la cuvette par ce dernier et on place la prise d'essai de l'échantillon ;

4) On appuie sur " READ " le résultat en NTU s'affiche.

## **Matière En Suspension (MES) :**

### **1) Matériel :**

- 1) Tubes de 100ml.
- 2) Dessiccateur.
- 3) Une balance (10-3 g).
- 4) L'étuve à 105 °C.
- 5) Papier filtre.
- 6) Capsules en verre

### **2) Mode Opérateur :**

Dans les capsules on met les papiers filtre et mettre dans l'étuve, séchage à 105 °C jusqu'à Poids constant, environ 1heure,

Mettre dans un dessiccateur durant 30 minute, on pèse le creuset (P1).

Filtrer 100 ml de l'échantillon sur des papiers filtres, et mettre ces papiers filtres humides dans l'étuve à 105 °C pendant 1 heure et après cette étape, les poser dans un dessiccateur durant 30 Minute et pesé les capsules (P2).

Expression des résultats. Soit :

P1 : le poids de capsule pleine après dessiccateur.

P2 : le poids de capsule pleine après calcination.

V : le volume de l'eau traitée en ml.

La teneur en mg de MES par litre d'eau est donnée par l'expression

$$\frac{P2 - P1}{V} \times 100$$

## **Dosage de nitrate (NO<sub>3</sub>-)**

### **Préparation des dosages**

- 1) Solution stock de nitrates de potassium (50mg/l d'ions nitrates).
- 2) Dissoudre 0.0815g de nitrate de potassium anhydre dans 990 ml d'eau distillée, ajouter 1ml de
- 3) Chloroforme (conservateur) et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.
- 4) Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.

- 5) Dissoudre progressivement 40g de soude et 6g de tartrate double de sodium et de potassium
- 6) Dans 100 ml d'eau distillée.
- 7) NB : la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau dégage beaucoup de chaleur (réaction Exothermique) et la solution est extrêmement corrosive.
- 8) Solution de salicylate de sodium à 5% (à préparer extemporanément)
- 9) Dissoudre 0.5g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

## **Mode opératoire**

### **Dosage des échantillons**

- Nous avons introduit 10 ml d'eau à analyser dans un récipient de 60 ml (pour des teneurs En nitrate supérieures à 50mg/l, opérer une dilution.
- Nous avons alcalinisé faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
- Nous avons ajouté 1ml de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour La procédure d'étalonnage à partir du point 2.
- Nous avons effectué la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 415nm).
- Nous avons déterminé graphiquement la concentration en nitrate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage

### **Ammonium**

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

#### **Mode opératoire :**

- Dans des fioles de 50 ml mettre 40 ml l'eau à analyser
- Ajouter 4 ml réactif coloré
- Ajouter 4 ml solution dichloroisocyanurate de sodium
- Compléter le reste avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml
- Rester 1h et l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de :  $\text{NH}_4^+$
- Verser les solutions des fioles dans les cuvettes de 10 ml et mettre les dans l'appareil De spectrophotomètre U-V

### **Ortho phosphate**

En milieu acide et présence de molybdate d'ammonium, l'orthophosphate produit un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue pouvant donner lieu à une détermination spectrométrique. On peut hydrolyser certaines formes organiques à pendant l'établissement de la coloration et l'administration des orthophosphates. La mise au point de la coloration d'un catalyseur, le double tartrate d'antimoine et de potassium. Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre (Rodier et al. 2009).

### **Réactifs**

- Acide orthophosphorique ou molybdate.
- Acide ascorbique à 10%.
- Acide ascorbique 10g.
- Eau distillée 100 ml (ADE de Ghardaïa, 2018).

### **Mode opératoire**

- Ajouter 40 ml d'eau distillée témoin dans un ballon de 50 ml ;
  - Ajouter 40 ml d'eau à analyser dans un autre ballon, puis 2 ml d'acide ascorbique ;
  - Ajouter ensuite 2 ml de molybdate ;
  - Ajouter 50 ml d'eau distillée, et fermer le flacon et mélanger (attendre 20 minutes que la couleur bleue apparaisse) ;
  - Il y a des signes de phosphore bleu et verser la solution du flacon dans un bol de 10 ml et placer dans l'unité de spectromètre UV ;
  - Lire à 880 nm et le résultat est exprimé en mg/l directement sur le spectre ;
- L'orthophosphate peut être obtenu par la relation suivante (ADE, 2020).

Annexe (03): Mode opératoire des analyses bactériologiques



Photo 04 :les échantillons

### **1-Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

On utilise la méthode de série de 3 tube ; avec deux phases (présomptive et confirmative)

#### **✓Teste présomptive : Recherche des coliformes totaux**

Elle s'effectue en utilisant le bouillon à l'acide lactose au pourpre de bromocrésol BCPL simple et double concentration ou les coliformes fermentent le lactose et produisent du gaz tous les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement du gaz dans le milieu.

Les tubes sontensemencés comme suite :

- ✓ 3 tube de 10ml de bouillon BCPL, à double concentration (D/C) avec 10ml 'eau à Analyser.
  - ✓ 3 tubes de 10 ml de bouillon BCPL, à simple concentration (S/C) avec 1 ml d'eau à Analyser
  - ✓ 3 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à simple concentration (S/C) avec 1 ml de dilution à 1/10.et ainsi de suite jusqu'à la dilution à 1/10000
  - ✓ Incuber les tubes à 37°C et les examiner après 24 à 48 heures.les tubes présentant un Trouble microbien pendant cette période par le virage du bouillon au jaune et un Dégagement des gaz dans la cloche sont considérés comme positifs ; pouvant contenir Des coliformes totaux.
- ✓Dénombrement**

Le nombre de tubes positifs dans chaque série de dilution est noté se reporte aux tables de NPP pour obtenir le nombre de coliformes totaux présentes dans 100 ml d'eau (**RODIER et al, 2005**).

✓ **Test confirmatif "recherche des coliformes fécaux avec identification d'E-coli"**

A partir de chaque tube de bouillon BCPL positif ensemencer 2 à 3 gouttes dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham. Incuber à 44C° pendant 24 heures.

✓ **Lecture**

Après 24 heures d'incubation les ou une pousse bactérienne est observée, avec un dégagement du gaz dans la cloche Durham indique la présence des coliformes fécaux (**RODIER et al, 2005**).

Dans chaque tube de bouillon de Schubert on ajoute quelques gouttes de réactif de Kovacs s'il ya apparition d'un anneau rouge c'est –à-dire la réaction d'indole positif avec les tubes qui Présentent le gaz dans la cloche, et qui indique la présence d'E. Coli. Le dénombrement se fait par la même méthode précédente (NPP)

**2-Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux**

Nous avons utilisé la même méthode que précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (**Rodier et al. 2005**).

✓ **Test présomptif**

La recherche se fait en bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Rothe) simple et double concentration.

Les tubes sont ensemencés comme suite :

✓ 3 tube de 10ml de bouillon Rothe, à double concentration (D/C) avec 10ml 'eau à Analyser.

✓ 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe, à simple concentration (S/C) avec 1 ml d'eau à Analyser

✓ 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe, à simple concentration (S/C) avec 1 ml de dilution à 1/10.et ainsi de suite jusqu'à la dilution à 1/10000

✓ Incuber les tubes à 37°C et les examiner après 24 à 48 heures.les tubes présentant un Trouble microbien pendant cette période sont présumées contenir au moins des Streptocoques fécaux et sont semis au test confirmatif (**RODIER et al ,2005**).

**Test confirmatif**

Après agitation des tubes positifs, prélever sur chacun d'eux successivement quelques gouttes par pipette et les reporter dans des tubes du milieu d'Eva-Liski à l'éthyle violet et acide de

sodium. Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures. L'apparition d'un trouble microbien la présence de streptocoques fécaux (**RODIER et al, 1996**).

Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés comme ceux d'E. Coli en nombre de germe par 100ml (**RODIER et al, 2005**).

### **3-Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs**

L'isolement de ces bactéries exige nécessairement:

✓  Un chauffage de l'échantillon d'eau, de durée bien défini (10min) et à une température Strictement fixée (80c°), pour détruire les formes végétatives des bactéries;

✓  Une revivification de ces spores, dans un milieu permettant également la mise en Évidence de l'action sulfito-réductrice, il s'agit d'une gélose viande de fois épaisse, peu Perméable à l'air.

✓  Après régénération, apte à la vie en anaérobiose, contenant du sulfite de sodium et D'alun de fer.

✓  L'incubation à 37c°-+1c° pendant 24heures puis prolongée à 48heures.

✓  La présence de Clostridium sulfito-réducteurs est relevée sous forme de colonies en Halo noir, couleur du sulfure de fer résultant de la réduction des sulfites selon la

Réaction suivante:  $SO_4 + 4H^+ + 6e \rightarrow S^{-2} + 3H_2O$

**Tableau 01:** Tableau de MAC GRADY pour le calcul de l'NPP dans les dilutions (03 tubes/dilutions) (**BENHDID, HARROUZ.2011**)

NC	NPP	NC	NPP
000	0	222	3.5
001	0.3	223	4
010	0.3	230	3
011	0.6	231	3.5
020	0.6	232	4
100	0.4	300	2.5
101	0.7	301	4
102	1.1	302	6.5
110	0.7	310	4.5
111	1.1	311	7.5
120	1.1	312	11.5
121	1.5	313	16
130	1.6	320	9.5
200	0.9	321	15
201	1.4	322	20
202	2	323	30
210	1.5	330	25
211	2	331	45
212	3	332	110
220	2	333	140
221	3		

### Le calcul de l’NPP

Pour calculer le nombre le plus probable « NPP » il faut suivre les étapes suivantes : 1-faire des dilutions en série de 10 en 10 avec, soit 3 tubes par dilution soit 5 tubes par dilution

2-après incubation, affecter un chiffre égal au nombre de tubes positif (0-3) ou (0-5)

3-faire des groupes de 3 les chiffres de la suite obtenue, en commençant par la plus faible dilution

4-choisir la plus grand nombre possible.

5-lire la valeur «n » dans la table de mac grady.

6-on déduire la concentration des bactéries : (bactéries)=n/valeur de la dilution

Correspondante au dernier chiffre (**BENHDID, HARROUZ.2011**)

### ANNEXE 03: Résultats des tests de corrélation.

**Tableau 02** : matrice de corrélation.

Variables	stridium(spoiaux(germes.104/germes.103/germes.103/germes.103	E.Coli	pH	CE(mS/cm)	ène dissous(i	MES(mg/l)	urbidité(mg/	Nitrate(mg/l)	monuim(mg-	phosphate(l					
Clostridium(	1	0.2660	0.3009	-0.0920	0.1588	<b>0.6448</b>	0.1358	-0.1770	-0.2864	<b>-0.6144</b>	0.4320	0.3203	-0.0671	-0.2007	0.2302
Germes tota	0.2660	1	0.3577	0.2292	<b>0.6086</b>	<b>0.6740</b>	0.0532	-0.0753	-0.5019	-0.3774	0.1518	0.4293	-0.0213	-0.0106	-0.2618
Colif.T(germ	0.3009	0.3577	1	0.5065	0.2297	0.2009	-0.0425	-0.0388	-0.2836	-0.4750	-0.1048	<b>0.7561</b>	0.0462	-0.0352	-0.0589
Colif.F(germ	-0.0920	0.2292	0.5065	1	0.1493	-0.0004	-0.1420	-0.3612	-0.2513	-0.3378	-0.3565	0.4005	0.1361	-0.0344	-0.0495
Strept.T(ger	0.1588	<b>0.6086</b>	0.2297	0.1493	1	<b>0.6333</b>	0.3718	0.0310	-0.1537	-0.0505	0.2906	0.4224	-0.2688	<b>0.5309</b>	-0.1181
Strept.F(ger	<b>0.6448</b>	<b>0.6740</b>	0.2009	-0.0004	<b>0.6333</b>	1	0.2991	-0.0283	-0.1435	-0.3090	0.2551	0.2010	-0.0833	0.1858	-0.1577
E.Coli	0.1358	0.0532	-0.0425	-0.1420	0.3718	0.2991	1	-0.0872	0.1756	0.2358	0.1783	0.2049	0.2219	0.2109	-0.2077
pH	-0.1770	-0.0753	-0.0388	-0.3612	0.0310	-0.0283	-0.0872	1	<b>0.6941</b>	<b>0.6705</b>	0.0859	-0.0680	0.0983	0.2678	-0.2081
CE(mS/cm)	-0.2864	-0.5019	-0.2836	-0.2513	-0.1537	-0.1435	0.1756	<b>0.6941</b>	1	<b>0.7871</b>	-0.0802	-0.2932	-0.0480	0.2666	-0.0529
Oxygène dis	<b>-0.6144</b>	-0.3774	-0.4750	-0.3378	-0.0505	-0.3090	0.2358	<b>0.6705</b>	<b>0.7871</b>	1	-0.0245	-0.3751	0.0942	0.3280	-0.1770
MES(mg/l)	0.4320	0.1518	-0.1048	-0.3565	0.2906	0.2551	0.1783	0.0859	-0.0802	-0.0245	1	0.2187	-0.3364	0.2714	0.0779
Turbidité(mg	0.3203	0.4293	<b>0.7561</b>	0.4005	0.4224	0.2010	0.2049	-0.0680	-0.2932	-0.3751	0.2187	1	-0.1203	-0.1193	-0.0910
Nitrate(mg/l	-0.0671	-0.0213	0.0462	0.1361	-0.2688	-0.0833	0.2219	0.0983	-0.0480	0.0942	-0.3364	-0.1203	1	-0.0223	<b>-0.5275</b>
Ammonuim(	-0.2007	-0.0106	-0.0352	-0.0344	<b>0.5309</b>	0.1858	0.2109	0.2678	0.2666	0.3280	0.2714	-0.1193	-0.0223	1	-0.2287
Ortho-phosp	0.2302	-0.2618	-0.0589	-0.0495	-0.1181	-0.1577	-0.2077	-0.2081	-0.0529	-0.1770	0.0779	-0.0910	<b>-0.5275</b>	-0.2287	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05.

**Tableau 03 : P-value**

Variables	stridium(spoiaux)	germes.	germes.104/	germes.103/	germes.103/	germes.103	E.Coli	pH	CE(mS/cm)	éne dissous(i	MES(mg/l)	urbidité(mg/	Nitrate(mg/l)	monuim(mg-	phosphate(
Clostridium(	<b>0</b>	0.3379	0.2758	0.7444	0.5718	<b>0.0095</b>	0.6295	0.5279	0.3006	<b>0.0148</b>	0.1078	0.2445	0.8122	0.4733	0.4091
Germes tota	0.3379	<b>0</b>	0.1905	0.4111	<b>0.0161</b>	<b>0.0059</b>	0.8506	0.7896	0.0566	0.1655	0.5891	0.1103	0.9400	0.9702	0.3460
Colif.T(germ	0.2758	0.1905	<b>0</b>	0.0540	0.4103	0.4727	0.8805	0.8907	0.3057	0.0736	0.7102	<b>0.0011</b>	0.8702	0.9009	0.8348
Colif.F(germ	0.7444	0.4111	0.0540	<b>0</b>	0.5954	0.9989	0.6137	0.1859	0.3662	0.2182	0.1922	0.1391	0.6285	0.9033	0.8608
Strept.T(ger	0.5718	<b>0.0161</b>	0.4103	0.5954	<b>0</b>	<b>0.0113</b>	0.1724	0.9127	0.5845	0.8583	0.2934	0.1168	0.3326	<b>0.0417</b>	0.6750
Strept.F(ger	<b>0.0095</b>	<b>0.0059</b>	0.4727	0.9989	<b>0.0113</b>	<b>0</b>	0.2789	0.9204	0.6100	0.2624	0.3589	0.4726	0.7679	0.5074	0.5745
E.Coli	0.6295	0.8506	0.8805	0.6137	0.1724	0.2789	<b>0</b>	0.7573	0.5312	0.3975	0.5250	0.4637	0.4268	0.4507	0.4577
pH	0.5279	0.7896	0.8907	0.1859	0.9127	0.9204	0.7573	<b>0</b>	<b>0.0041</b>	<b>0.0062</b>	0.7610	0.8096	0.7275	0.3345	0.4568
CE(mS/cm)	0.3006	0.0566	0.3057	0.3662	0.5845	0.6100	0.5312	<b>0.0041</b>	<b>0</b>	<b>0.0005</b>	0.7764	0.2889	0.8652	0.3367	0.8516
Oxygène dis	<b>0.0148</b>	0.1655	0.0736	0.2182	0.8583	0.2624	0.3975	<b>0.0062</b>	<b>0.0005</b>	<b>0</b>	0.9309	0.1683	0.7384	0.2327	0.5280
MES(mg/l)	0.1078	0.5891	0.7102	0.1922	0.2934	0.3589	0.5250	0.7610	0.7764	0.9309	<b>0</b>	0.4335	0.2202	0.3278	0.7827
Turbidité(mg	0.2445	0.1103	<b>0.0011</b>	0.1391	0.1168	0.4726	0.4637	0.8096	0.2889	0.1683	0.4335	<b>0</b>	0.6694	0.6718	0.7472
Nitrate(mg/l	0.8122	0.9400	0.8702	0.6285	0.3326	0.7679	0.4268	0.7275	0.8652	0.7384	0.2202	0.6694	<b>0</b>	0.9370	<b>0.0433</b>
Ammonuim(	0.4733	0.9702	0.9009	0.9033	<b>0.0417</b>	0.5074	0.4507	0.3345	0.3367	0.2327	0.3278	0.6718	0.9370	<b>0</b>	0.4122
Ortho-phosp	0.4091	0.3460	0.8348	0.8608	0.6750	0.5745	0.4577	0.4568	0.8516	0.5280	0.7827	0.7472	<b>0.0433</b>	0.4122	<b>0</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

#### ANNEXE 04: Test d'ANOVA.

##### Test d'ANOVA de l'ammonium

```
> AnovaModel.1 <- aov(Ammonuim.mg.l. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.1)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
Zone      2  0.04972  0.02486   0.998  0.397
```

```
Residuals 12  0.29902  0.02492
```

##### Test d'ANOVA de Conductivité électrique

```
> AnovaModel.3 <- aov(CE.mS.cm. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.3)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  0.13029  0.06515   11.25 0.00177 **
Residuals 12  0.06948  0.00579
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

### **Test d'ANOVA de Clostridium**

```
> AnovaModel.4 <- aov(Clostridium.spores. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.4)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  12.13   6.067   4.333 0.0383 *
Residuals 12  16.80   1.400
```

### **Test d'ANOVA des Coliformes fécaux**

```
> AnovaModel.5 <- aov(Colif.F.germes.103.100ml. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.5)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  73.0   36.52   1.012 0.393
Residuals 12 433.2   36.10
```

### **Test d'ANOVA des coliformes totaux**

```
> AnovaModel.6 <- aov(Colif.T.germes.104.100ml. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.6)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  101.1   50.55  2.224 0.151
Residuals 12  272.8   22.73
```

### **Test d'ANOVA d'Escherichia coli**

```
> AnovaModel.7 <- aov(E.Coli ~ Zone, data=Données)
> .myAnova <- summary(AnovaModel.7)
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  0.5333  0.2667  1.143 0.351
Residuals 12  2.8000  0.2333
```

### **Test d'ANOVA des germes totaux**

```
> AnovaModel.8 <- aov(Germes.totaux.germes.106.100ml. ~ Zone, data=Données)
> .myAnova <- summary(AnovaModel.8)
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  216.1  108.07  2.416 0.131
Residuals 12  536.8   44.73
```

### **Test d'ANOVA des matières en suspension**

```
> AnovaModel.9 <- aov(MES.mg.l. ~ Zone, data=Données)
> .myAnova <- summary(AnovaModel.9)
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2    31  15.27  0.056 0.946
Residuals 12  3258  271.53
```

### **Test d'ANOVA de nitrate**

```
> AnovaModel.10 <- aov(Nitrate.mg.l. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.10)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  0.3734  0.1867   1.276  0.314
Residuals 12  1.7561  0.1463
```

### **Test d'ANOVA d'ortho-phosphate**

```
> AnovaModel.11 <- aov(Ortho.phosphate.mg.l. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.11)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  0.136 0.06792   0.229  0.799
Residuals 12  3.565 0.29705
```

### **Test d'ANOVA d'oxygène dissous**

```
> AnovaModel.12 <- aov(Oxygène.dissous.mg.l. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.12)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Zone    2 31.314  15.657  208.9 4.74e-10 ***
Residuals 12  0.899  0.075
```

### **Test d'ANOVA de pH**

```
> AnovaModel.13 <- aov(pH ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.13)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  0.2595  0.12974   7.143 0.00905 **
Residuals 12  0.2180  0.01816
```

### **Test d'ANOVA des streptocoques fécaux**

```
> AnovaModel.14 <- aov(Strept.F.germes.103.100ml. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.14)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2  36.13  18.07   1.102  0.364
Residuals 12 196.80  16.40
```

### **Test d'ANOVA des streptocoques totaux**

```
> AnovaModel.15 <- aov(Strept.T.germes.103.100ml. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.15)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2 110.5  55.27   0.946  0.415
Residuals 12 700.8  58.40
```

### **Test d'ANOVA de turbidité**

```
> AnovaModel.16 <- aov(Turbidité.mg.l. ~ Zone, data=Données)
```

```
> .myAnova <- summary(AnovaModel.16)
```

```
> .myAnova
```

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Zone    2 393.5 196.73   3.039 0.0855 .
```

**ANNEXE 05:** Les normes algériennes de réutilisation des eaux usées traitées (JORA, 2012)

18	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012
<b>MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU</b>		
<p><b>Arrêté interministériel du 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011 portant déclaration d'utilité publique l'opération d'expropriation relative au renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.</b></p>		
<p>Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales, Le ministre des finances, Le ministre des ressources en eau,</p>		
<p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p>		
<p>Vu le décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique notamment son article 10 ;</p>		
<p>Vu l'arrêté n° 1130 du 5 août 2007 du wali de la wilaya de Mila portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;</p>		
<p>Vu l'arrête n° 1566 du 24 septembre 2007 du wali de la wilaya de Constantine portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;</p>		
<p>Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Mila ;</p>		
<p>Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Constantine ;</p>		
<b>Arrêtent :</b>		
<p>Article 1er. — Est déclarée d'utilité publique l'opération d'expropriation relative à la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.</p>		
<p>Art. 2. — La superficie globale des biens à exproprier devant servir d'assiette à la réalisation de ce projet est de 28 266 m<sup>2</sup> répartis comme suit :</p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>— commune de Ain Etine (wilaya de Mila) : 2681 m<sup>2</sup>,</li> <li>— commune de Sidi Khelifa (wilaya de Mila) : 6244 m<sup>2</sup>,</li> <li>— commune de Ibn Ziade (Wilaya de Constantine) : 19341 m<sup>2</sup>.</li> </ul>		
<p>Art. 3. — Le montant global de l'opération d'expropriation est évalué à trois millions de dinars (3.000.000,00 DA).</p>		
<p>Art. 4. — Au titre de la consistance des travaux, la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa comporte les ouvrages suivants :</p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>— réalisation de deux (2) stations de pompage,</li> <li>— pose de conduites sur un linéaire de 5 250 ml.</li> </ul>		
<p>Art. 5. — Le délai maximal imparti pour l'expropriation est fixé à quatre (4) années.</p>		
<p>Art. 6. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>		
<p>Fait à Alger, le 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011.</p>		
<p>Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales Daho OULD KABLIA</p>	<p>Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL</p>	
<p>Pour le ministre des finances</p>		
<p><i>Le secrétaire général</i></p>		
<p>Miloud BOUTEBBA</p>		
<p>-----★-----</p>		
<p><b>Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.</b></p>		
<p>Le ministre des ressources en eau,</p>		
<p>Le ministre de l'agriculture et du développement rural,</p>		
<p>Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,</p>		
<p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p>		
<p>Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;</p>		
<p>Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;</p>		
<b>Arrêtent :</b>		
<p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe.</p>		
<p>Art. 2. — le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>		
<p>Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.</p>		
<p>Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL</p>	<p>Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA</p>	
<p>Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière</p>		
<p>Djamel OULD ABBES</p>		

## 2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0 - 3 CE		0.2
	3 - 6	ds/m	0.3
	6 - 12		0.5
12 - 20	1.3		
20 - 40	3		
Chimiques	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
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	

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

Tableau 04 : la catégorie de culture.

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

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

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

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

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

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

**Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.**

-----  
Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

**Arrêtent :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre  
des ressources en eau

Le ministre de l'agriculture  
et du développement rural

Abdelmalek SELLAL

Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé,  
de la population et de la réforme hospitalière  
Djamel OULD ABBES

ANNEXE

**LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES**

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.