

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Université de Ghardaïa**



Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre

Département de biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Présenté par :

 M<sup>lle</sup> DAHOU Doiuna  
 M<sup>lle</sup> MESSAI BELGACEM Nerdjes

**Thème :**

**Etude de la possibilité d'utilisation des eaux usées  
épurées à fins agricoles (Cas de la Wilaya de  
Ghardaïa)**

Évalué le: **15 / 06 /2022**

Devant le jury composés de :

<b>Mr. NEGAIS Hamza</b>	MAA	Univ. Ghardaïa	<b>Encadreur</b>
<b>Mr .AOUADI .Abd hafid</b>	MCB	Univ. Ghardaïa	<b>Président</b>
<b>Mr. MAHMA Hassen</b>	MAB	Univ. Ghardaïa	<b>Examineur 1</b>

Année universitaire : 2021/2022



*Dédicaces*

**A ceux qui étaient la cause de Mon existence**

**A ceux qui leur réjouit Mon sourire et leur vénère Mon succès**

**A ceux qui étaient toujours là pour moi, Et ils continuent à être là**

**A ceux qui sont la lumière de mes yeux, la lueur**

**De mon chemin et, l'éclat de ma réussite**

**A mes chers parents**

**A ma soeurs Noura et mes Frères Abd Elhamid,**

**MohamedAffane, Mehdi et Baloulam, qui ont complété ma vie.**

**A toi Soumia et à toute ta famille, que Dieu te garde pour moi.**

**A mes oncles, à mes tantes et mes cousins.**

**A tout Ma grande famille.**

**A tous ceux qui aiment faire le bien, et aider les gens**

**A tous ceux qui souffrent et espèrent une meilleure vie, que Dieu  
soit avec eux.**

**A toute personne qui va lire cette thèse.**

***Douina***





*Dédicaces*

**A ma raison de vivre, Mon Cher père qui m'a offert l'amour et le soutien moral et physique. A ma source de tendresse qui m'a allaité de son lait et qui a partagé les moments les plus difficiles avec moi, ma chère mere.**

**A mon frère A mes sœurs**

**A tout la famille**

**A tous ceux qui aiment faire le bien, Et aider les gens**

**A tous ceux qui souffrent ET espèrent une meilleure vie, que**

**Dieu soit avec eux.**

**A toute personne qui va lire cette thèse.**

*Nerdjes*

## *Remerciements*

*Avant tout nous tenons à remercier dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudees à notre encadreur Mr NEGAIIS Hamza. Pour nous avoir guidés tout au long de ce travail. Nous le remercions vivement pour sa disponibilité de tous les instants et pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.*

*A members de jery: Mr AOUADI Abd hafid*

*M. MAHMA Hassen*

*Des remerciements s'adressent aux personnes suivantes pour leur Contribution et aide pour la confection de cette publication.*

- *Mr EL HORMA Kh, Et Mr CHOUIREBE M, ET BOUCHAREB B Et Mr KACI MAHFOUD pour les informations qu'ils m'ont communiquées.*

*A tout le personnel de la station d'épuration de Ghardaïa.*

*L'ensemble des enseignants qui nous ont suivis Durant notre cycle d'étude.*

*A ceux qui ont contribué à l'élaboration de cette étude de près ou de loin.*

*Merci à Vous Tous*



## Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Signification :</b>
<b>ADE</b>	<b>Algérienne Des Eaux</b>
<b>BCPL</b>	<b>Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol</b>
<b>CE</b>	<b>Conductivité Electrique</b>
<b>Clost</b>	<b>Clostridium sulfito-réducteurs</b>
<b>Colif.F</b>	<b>Coliformes fécaux</b>
<b>Colif.T</b>	<b>Coliformes totaux</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>Demande biologique en oxygène</b>
<b>DC</b>	<b>Double Concentration</b>
<b>DCO</b>	<b>Demande chimique en oxygène</b>
<b>E.Coli</b>	<b>Escherichia Coli.</b>
<b>EH</b>	<b>Equivalent Habitant</b>
<b>FAO</b>	<b>Food and Agricultural Organisation</b>
<b>GVF</b>	<b>Bouillon Gélose Viande Foie</b>
<b>JORA</b>	<b>Journal Officiel de la République Algérienne</b>
<b>MES</b>	<b>Matières en suspension</b>
<b>MO</b>	<b>Matières Oxydantes</b>
<b>NPP</b>	<b>Nombre le Plus Probable</b>
<b>OMS</b>	<b>Organisation Mondiale de la santé</b>
<b>ONA</b>	<b>Office National de l'Assainissement</b>
<b>SAL</b>	<b>Salinité</b>
<b>SC</b>	<b>Simple Concentration</b>
<b>STEP</b>	<b>Station d'Epuration</b>
<b>Strep .F</b>	<b>Streptocoques fécaux</b>
<b>STREP.T</b>	<b>Streptocoques totaux</b>
<b>TH</b>	<b>Dureté totale</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
N°01	Répartition des quantités des EUT Par zone	19
N°02	Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture en Algérie	21
N°03	Les avantages et les inconvénients de réutilisation des eaux usées épurées	22
N°04	Normes de réutilisation des eaux usées épurées	23
N°05	les daïras et les communes de la vallée du M'Zab	28
N°06	Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année	32
N°07	Variation de la valeur de la température (°C) de l'eau épurée	47
N°08	Variations de valeur pH de l'eau épurée	48
N°09	Variation de la valeur de Sal de l'eau épurée.	49
N°10	Variation de la valeur de le CE de l'eau épurée.	50
N°11	Variations des valeurs de O <sub>2</sub> de l'eau épurée.	52
N°12	Variation des valeurs de la DBO <sub>5</sub> (mg/l) de l'eau épurée	53
N°13	Variations des valeurs de DCO (mg/l) de l'eau épurée	54
N°14	Variations des valeurs de la MES (mg/l) de l'eau épurée.	54
N°15	Les résultats d'analyses bactériologiques avec les eaux usées épurées	59
N°16	Variation de valeur aux coliformes totaux de l'eau épurée	60
N°17	Variation des valeurs aux coliformes fécaux de l'eau épurée	61
N°18	Variation des valeurs aux Streptocoque totaux (N/100ml) de l'eau épurée	62
N°19	Variation des valeurs aux Streptocoque fécaux (N/100ml) de l'eau épurée.	63
N°20	Grille de classification des eaux épurées de la STEP EL-ATEFFE	64



## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
N° 01	Dé grilleur et dessaleur	13
N° 02	Schéma d'une station d'épuration à boues activées	14
N° 03	La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement	17
N° 04	Schémas de réutilisation d'eaux usées municipales, selon le type d'applications	18
N° 05	Schéma des Les principales utilisations des eaux usées épurée	20
N° 06	Situation géographique de la STEP	27
N° 07	localisation de la STEP da la ville de Ghardaïa (kaf – el Douhkne –el Atteuf	28
N° 08	Coupe géologique schématique traitée de la vallée du M'Zab	29
N° 09	Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional	30
N° 10	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN à Ghardaïa	33
N° 11	Climmagramme d'EMBERGER de Ghardaïa	34
N° 12	Rejets finale de eaux usée dans le lit de oued M'Zab	35
N° 13	Spectrophotomètre (DR2800)	39
N° 14	Réactifs	39
N° 15	Réacteur (HACH, LANGH)	39
N° 16	DBO- mètre	39
N° 17	Oxymètre	40
N° 18	Conductimètre	40
N° 19	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	42
N° 20	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	43
N° 21	Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux	44
N° 22	Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs	48
N° 23	Variations des T° dans les eaux usées épurées de la STEP	49
N° 24	Variations des pH dans les eaux usées épurées de la STEP	50
N° 25	Variations de la salinité dans les eaux usées épurées de la STEP	51
N° 26	Variations des CE dans les eaux usées épurées de la STEP	52
N° 27	Variation d'O <sub>2</sub> des eaux épurées dans le temps	53

## Liste des figures

N° 28	Variation journalière de la demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) des EUE dans le temps	54
N° 29	Variations des DCO dans les eaux usées épurées de la STEP	55
N° 30	Variations des MES dans les eaux usées de la STEP	55
N° 31	Variation de NT des eaux épurées dans le temps	56
N° 32	Variation de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> des eaux épurées dans le temps	57
N° 33	Variation de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> des eaux épurées dans le temps	58
N° 34	Variation de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> des eaux épurées dans le temps	59
N° 35	Variation de P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> des eaux épurées dans le temps	60
N° 36	Variations des PT dans les eaux usées de la STEP	61
N° 37	Évolution des coliformes totaux dans les EUE par le temps	62
N° 38	Évolution des Streptocoque fécaux dans EUE par le temps	63
N° 39	Rejet des eaux usée épurées dans le lit de oued M'Zab	66
N° 40	<i>Casuarina</i>	67
N° 41	<i>Eucalyptus globulus</i>	67
N° 42	<i>Dodonaea viscosa</i>	67
N° 43	<i>Elytrigia repens</i> et <i>Amaranthus retroflexus</i>	67
N° 44	<i>Washingtonia robusta</i>	68
N° 45	<i>Nerium Nerium oleander Apocynaceae</i>	68
N° 46	<i>Olivier</i>	68
N° 47	<i>Leucaena leucocephala</i>	68
N° 48	<i>Ficus resuta</i>	68



## Résumé

---

Titre	Page
<b>Résumé</b>	
<b>Introduction générale</b>	<b>02</b>
<b>Partie I : PARTIE BIBLIOGRAPHIE</b>	
<b>Chapitre I : GENERALITES SUR LES EAUX USEES</b>	
<b>Introduction</b>	<b>04</b>
<b>I - 1- Définition des eaux usées</b>	<b>06</b>
<b>I -2 - Origine des eaux usées</b>	<b>06</b>
<b>I -2-1- Eaux usées domestiques</b>	<b>06</b>
<b>I-2-2- Eaux usées pluviales</b>	<b>06</b>
<b>I -2-3- Eaux usées industrielles</b>	<b>06</b>
<b>I-2 -4 - Eaux usées agricoles</b>	<b>07</b>
<b>I -3- Indicateurs des eaux usées</b>	<b>07</b>
<b>I - 3 -1-Indicateurs physico-chimique</b>	<b>07</b>
<b>I-3-1 -1-Température</b>	<b>07</b>
<b>I-3-1 -2-Turbidité</b>	<b>07</b>
<b>I-3-1 -3 - Matières en suspension (MES)</b>	<b>07</b>
<b>I-3-1 -4-Conductivité électrique (CE)</b>	<b>07</b>
<b>I-3-1-5- Potentiel hydrogène (pH)</b>	<b>08</b>
<b>I-3-1- 6- Oxygène dissous</b>	<b>08</b>
<b>I-3 -1 -7- Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	<b>08</b>
<b>I-3 -1 -8 -Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	<b>08</b>
<b>I-3-1-9 - Azote</b>	<b>08</b>
<b>I-3-1-10- Phosphore</b>	<b>08</b>
<b>I-3-1 -11- Métaux lourds</b>	<b>09</b>
<b>I-3 - 2- Caractéristiques organoleptiques</b>	<b>09</b>
<b>I-3-2-1- Couleur</b>	<b>09</b>
<b>I -3-2-2-Odeur</b>	<b>09</b>
<b>I - 3 - 3-Indicateurs biologiques</b>	<b>09</b>
<b>I – 3-3-1-Microorganismes</b>	<b>09</b>
<b>I- 3 -3- 1-1- Bactéries</b>	<b>09</b>
<b>I- 3 -3-1- 2 -Protozoaires</b>	<b>10</b>
<b>I- 3 -3-1-3 - Virus</b>	<b>10</b>

## Résumé

<b>I -3-3-1-4 - Helminthes</b>	<b>10</b>
<b>Conclusion</b>	<b>11</b>
<b>CHAPITRE II : EPURATION DES EAUX USEES</b>	
<b>Introduction</b>	<b>13</b>
<b>II -1- Etapes de traitement</b>	<b>13</b>
<b>II -1-1-Prétraitement</b>	<b>13</b>
<b>II -1-1-1-Dégrillage</b>	<b>13</b>
<b>II -1-1-2- Dessablage</b>	<b>13</b>
<b>II 1-1 -1-3- Dégraissage -Déshuilage</b>	<b>13</b>
<b>II-1-2 -Traitements physico-chimiques (traitements primaires)</b>	<b>14</b>
<b>II -1-3- Traitements biologiques (traitements secondaires)</b>	<b>14</b>
<b>II -1- 4- Traitements tertiaires</b>	<b>15</b>
<b>Conclusion</b>	<b>15</b>
<b>CHAPITRE III : REUTILISATION DES EAUX USEES</b>	
<b>Introduction</b>	<b>17</b>
<b>III-1-Réutilisation des eaux usées dans le monde</b>	<b>17</b>
<b>III -2- Réutilisation des eaux usées en Algérie</b>	<b>18</b>
<b>III-2-1-Situation de l'assainissement en Algérie</b>	<b>18</b>
<b>III-2-2-Répartition par zone des volumes des eaux usées traitée</b>	<b>19</b>
<b>III-3-Usages des eaux usées épurées</b>	<b>20</b>
<b>III-3-1- Utilisations agricoles</b>	<b>20</b>
<b>III-3-2- Utilisations Municipales</b>	<b>22</b>
<b>III-3-3- Utilisations industrielles</b>	<b>22</b>
<b>III- 4- Avantages et les inconvénients de réutilisation des eaux usées épurées</b>	<b>22</b>
<b>III -5-Normes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation des cultures</b>	<b>23</b>
<b>Conclusion</b>	<b>24</b>
<b>Partie II : PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
<b>Chapitre I : MATERIALS d'ETUDES</b>	
<b>Introduction</b>	<b>27</b>
<b>I -1-Présentation de la région d'étude</b>	<b>27</b>
<b>I -1-1-Vallée du M'Zab</b>	<b>28</b>
<b>I – 1-1 -1- Situation géographique</b>	<b>28</b>
<b>I- 1-2 –Géologie</b>	<b>29</b>
<b>I - 1 -3- Aspect hydrologique</b>	<b>29</b>



## Résumé

<b>I -1- 4- Aspect hydrogéologique</b>	<b>29</b>
<b>I- 1- 5- Climat</b>	<b>31</b>
<b>A- Température</b>	<b>31</b>
<b>B- Vents</b>	<b>31</b>
<b>C- Précipitation</b>	<b>31</b>
<b>D- Humidité</b>	<b>31</b>
<b>E- Synthèse des données climatiques</b>	<b>33</b>
<b>E-1- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен</b>	<b>33</b>
<b>I- 1- 6- Climagramme d'Emberger</b>	<b>33</b>
<b>I – 2 - Secteur de l'agriculture</b>	<b>34</b>
<b>I- 3- Caractéristique de la STEP KAF DOKHANE EL- ATTEUF</b>	<b>34</b>
<b>I- 4- Ouvrages du traitement des eaux et des boues</b>	<b>35</b>
<b>I- 5- Sortie des eaux épurées</b>	<b>35</b>
<b>Conclusion</b>	<b>35</b>
<b>Chapitre II : METHODES D'ETUDES</b>	
<b>Introduction</b>	<b>38</b>
<b>II-1-Objectif d'étude</b>	<b>38</b>
<b>II-2- Echantillonnage</b>	<b>38</b>
<b>II-3- Analyses physico-chimiques</b>	<b>38</b>
<b>II- 3-1- Détermination de la demande chimique en oxygène DCO</b>	<b>38</b>
<b>II- 3-2 - Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	<b>39</b>
<b>II - 3-3 - Détermination de l'oxygène dissous(O<sub>2</sub>)</b>	<b>39</b>
<b>II- 3-4- Détermination de la conductivité électrique</b>	<b>40</b>
<b>II- 3- 5- Détermination de(N<sub>T</sub>,N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)</b>	<b>40</b>
<b>II- 4- Analyses bactériologiques</b>	<b>41</b>
<b>II-4-1-Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux</b>	<b>41</b>
<b>II-4-2-Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux</b>	<b>43</b>
<b>II-4-3-Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion</b>	<b>45</b>
<b>Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	
<b>Introduction</b>	<b>47</b>
<b>III -1- Resultants d'analyses physiques</b>	<b>47</b>
<b>III -1-1- Temperature</b>	<b>47</b>

## Résumé

---

<b>III-1-2- Potentiel d'hydrogène (pH)</b>	<b>48</b>
<b>III -1-3-Salinité</b>	<b>49</b>
<b>III -1-4- Conductivité électrique (CE)</b>	<b>50</b>
<b>III-2- Résultats des analyses chimiques</b>	<b>51</b>
<b>III -2-1- Oxygène dissous(O<sub>2</sub>)</b>	<b>51</b>
<b>III - 2-2- Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	<b>52</b>
<b>III -2-3- Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	<b>53</b>
<b>III-2-4- Matière en suspension (MES)</b>	<b>54</b>
<b>III -2-5- Azote total (NT)</b>	<b>55</b>
<b>III-2-6- Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	<b>56</b>
<b>III -2-7- Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>56</b>
<b>III -2-8- Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>57</b>
<b>III -2-9-Phosphore total (PT)</b>	<b>58</b>
<b>III -3- Resultants d'analyses bactériologiques</b>	<b>59</b>
<b>III -3-1 - Clostridium sulfito-réducteurs (Clost</b>	<b>60</b>
<b>III - 3-2- Coliformes totaux (CT)</b>	<b>60</b>
<b>III - 3-3Coliformes fécaux (CF)</b>	<b>61</b>
<b>III - 3-4- Streptocoques totaux (STREP.T)</b>	<b>62</b>
<b>III - 3-5- Streptocoques fécaux (STREP.F</b>	<b>62</b>
<b>III- 4 - Evaluation des résultats obtenue de la STEP d' EL-ATEFFE</b>	<b>63</b>
<b>III – 5- Valorisation des eaux usées épurées de la STEP de Ghardaïa</b>	<b>65</b>
<b>Conclusion générale</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexe</b>	

## Résumé

### Résumé

La ville de Ghardaïa a bénéficié d'une station d'épuration pour le traitement biologique des eaux usées (lacs naturels) afin d'atteindre certains objectifs, notamment pour étudier la possibilité de réutiliser les eaux usées traitées à des fins d'irrigation. Pour cela, nos échantillons ont été soumis à des analyses physiques, chimiques et bactériologiques pendant trois mois (février, mars, avril) de l'année en cours. La qualité de cette eau est évaluée par référence à l'Organisation Mondiale de la Santé et aux normes nationales. Les résultats des analyses sur les eaux usées traitées ont conclu que cette eau est considérée comme  $BOD_5 = 45,33$  mg/l,  $DCO = 130,03$  mg/l, et  $MES = 83,66$  mg/l, et nous en concluons à partir des valeurs que l'eau de la station d'épuration Les eaux usées ont dépassé les critères de rejet OMS et Normes National , Concernant les analyses bactériologiques, les résultats abondent une non-conformité aux normes d'irrigation de l'OMS, et de l'MFS pour les coliformes totaux, coliformes fécaux, et des streptocoques fécaux. Les résultats de ce travail indiquent que la qualité des eaux usées épurées de la STEP de Ghardaïa sont de qualité médiocre » nécessitent des traitements complémentaires, avec la possibilité de réutiliser ces eaux en agriculture (irrigation), mais avec des conditions.

**Mots-clés : Réutilisation, Station d'épuration, Eaux usées épurées, Irrigation, Normes, Ghardaïa.**

### Abstract

The city of Ghardaïa has benefited from a treatment plant for the biological treatment of wastewater (natural lakes) in order to achieve certain objectives, in particular to study the possibility of reusing treated wastewater for irrigation purposes. For this, our samples were subjected to physical, chemical and bacteriological analyzes for three months (February, March, April) of the current year. The quality of this water is assessed by reference to the World Health Organization and national standards. The results of the analyzes on the treated wastewater concluded that this water is considered to be  $BOD_5 = 45.33$  mg/l,  $COD = 130.03$  mg/l, and  $TSS = 83.66$  mg/l, and we conclude from the values that the water from the sewage treatment plant Wastewater has exceeded the WHO and discharge criteria, Regarding bacteriological analyzes, the results show an abundance and a non-compliance with the irrigation standards of the WHO, national standards and the MFS for the total coliforms, fecal coliforms, and fecal streptococci.

The results of analyzes on treated water conclude that these waters are considered as "water of poor quality" require further treatment, with the ability to reuse this water in agriculture (irrigation), but with conditions.

**Keywords : Reuse, Water treatment plant, Treated water, Irrigation, Standards, Ghardaia.**

### المخلص

استفادت مدينة غرداية من محطة معالجة بيولوجية لمياه الصرف الصحي (بحيرات طبيعية) من أجل تحقيق أهداف معينة ، لا سيما دراسة إمكانية إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لأغراض الري. لهذا ، قمنا بالعمل على عيناتنا للتحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمدة ثلاثة أشهر (فبراير ، مارس ، أبريل) من العام الحالي. يتم تقييم جودة هذه المياه بالرجوع إلى منظمة الصحة العالمية والمعايير الوطنية. خلصت نتائج التحليلات على مياه الصرف الصحي المعالجة إلى أن هذه المياه تعتبر  $BOD_5 = 45.33$  مجم / لتر ، و  $COD = 130.03$  مجم / لتر ، و  $TSS = 83.66$  مجم / لتر ، ونستنتج من القيم أن الماء من محطة معالجة مياه الصرف الصحي تجاوزت مياه الصرف الصحي معايير تصريف منظمة الصحة العالمية و المعايير الوطنية ، اما بالنسبة لنتائج التحاليل البكتريولوجية فقد تجاوزت معايير الري الخاصة بالمنظمة للصحة العالمية و المعايير الوطنية في كل من القولونيات الكلية، والقولون البرازي، والمكورات العقدية البرازي

و بالاعتماد على نتائج التحليلات التي أجريت على مياه الصرف الصحي المعالج لمحطة غرداية فاننا نستنتج ان نوعية الماء في هذه المحطة ذات نوعية غير صالحة . ولاستعمالها يجب القيام بمعالجة إضافية ضرورية. اخرى واستغلالها يكون بشروط في المجال الزراعي.

**الكلمات المفتاحية : إعادة الاستخدام ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، مياه الصرف الصحي المعالجة ، الري ، المعايير ، غرداية.**



**INTRODUCTION  
GENERALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel.

Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution **(Zahouani, 2013)**.

En Algérie, les disponibilités en eau sont estimées à 17 milliards de m<sup>3</sup> par an, dont 12 milliards de m<sup>3</sup> dans la région Nord (ressources souterraines 2 milliards de m<sup>3</sup>, ressources superficielles 10 milliards de m<sup>3</sup>) et 5 milliards de m<sup>3</sup> dans le Sud. Sachant que toutes les ressources souterraines du Nord sont mobilisées en plus de 70% des ressources superficielles. **(Zahouani, 2013)**. Le volume annuel d'eaux usées domestiques rejetées est estimé à 800 millions m<sup>3</sup>. Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut pas les négliger **(Metahri, 2012)**.

La protection de l'environnement devient une nécessité, voire une urgence même pour limiter les dégâts causés par les différents types de pollution. Parmi les facteurs les plus polluants, les eaux usées de différentes origines déversées dans la nature, dans les oueds et la mer, ont déjà causées beaucoup de dommages aussi bien humains que naturel.

Consciente de la gravité de la chose, l'Algérie à l'instar des autres pays, a commencé à prendre les dispositions qui s'imposent. Le ministère de l'environnement a été créé, et qui, avec d'autres instances, a établi des plans d'action pour lutter contre ce phénomène.

Pour cela, les stations d'épuration des eaux d'égout, lorsqu'elles sont bien exploitées et entretenues, permettent d'éliminer de nombreuses substances toxiques des eaux usées et de retourner l'eau épurée dans une rivière ou un lac sans causer de dommages aux eaux d'aval. Les stations de traitement peuvent prendre l'eau d'un lac ou d'une rivière et la rendre potable **(Khadraoui et Talb, 2008)**.

La ville de Ghardaïa présente une station d'épuration en fonctionnement, cette station est la première de son genre dans la wilaya de Ghardaïa, actuellement elle est destinée pour épurer les eaux usées domestiques produites par la population de la vallée du M'Zab par un type du traitement du lagunage naturel. Cette station est située à l'aval de la digue d'EL-Atteuf donc de l'ensemble des agglomérations de la vallée. Cette station d'épuration des eaux usées a été conçue pour atteindre l'objectif suivant :



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

Rendre possible la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

Nous connaissons bien que l'irrigation agricole a besoin de beaucoup d'eau surtout dans les régions sahariennes. Actuellement l'irrigation se fait depuis des forages c'est-à-dire consommation importante des eaux souterraines dont leurs utilisations sont préférées pour d'autres besoins, spécialement ceux liés aux activités humaines.

Vue l'importance de la station d'épuration non seulement vis-à-vis de l'environnement, mais également le fait qu'on peut destiner les eaux usées épurées comme une nouvelle ressource d'eau qui peut couvrir les besoins agricoles et minimiser le gaspillage des eaux souterraines dans les zones arides.

C'est dans ce cadre que nous nous sommes intéressés à un cas précis et particulier, qui est le suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées après leur traitement par lagunage naturel, de la station d'épuration de Ghardaïa. Pour cela plusieurs questions qui se posent :

La qualité d'eaux épurées au niveau de la station, est-elle conforme aux normes de rejet et apte pour une utilisation agricole ? Si oui ;

Quelle est la classification de ces eaux épurées dans le domaine de l'irrigation ?

Quelles sont les cultures irriguées avec ces eaux, et quel est le système d'irrigation le plus convenable avec ces eaux ?

Notre travail se comporte deux parties principales : Une première partie bibliographique qui regroupe de trois chapitre sont : le premier chapitre présente la généralités des eaux usées et Le deuxième chapitre passe en revue les divers procédés d'épuration de ces eaux usées, Dans Le troisième chapitre des explications sur la réutilisation des eaux usées épurées pour des fins agricoles en se basant sur les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et le journal officiel Algérien (**Jora 2012**). La deuxième partie expérimentale qui se subdivise en trois chapitres est : par martiales et les méthodes dans la chapitre I, dans ce chapitre un aperçue sur la zone d'étude la ville de Ghardaïa (STEP el ATTEUF (kaf El- dokhane).Et les méthodes utilisant.D'autrechapitre II qui concerne les analyses physico-chimiques et bactériologiques.Et enfin, nous trouvons le dernier chapitre III, qui est présente les résultats et discutée de cette résultats.

Et nous terminerons par une conclusion générale avec quelques recommandations.



**PARTIE I**  
**SYNTHESE**  
**BIBLIOGRAPHIE**



**CHAPITRE I**  
**GENERALITES SUR**  
**LES EAUX USEES**

Les différentes activités humaines utilisent de l'eau. Cette eau, après usage, est polluée. Cette pollution est constituée de matières organiques, de matières minérales et de microorganismes. On appelle alors cette eau une eau usée.

### **I - 1-Définition**

Les eaux usées correspondent aux eaux ayant été utilisées par les individus ou d'autres secteurs (industrie ou agriculture) (**Chocat, 1997**), elles résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines (**Richard, 1996**). Elles sont généralement chargées en matières minérales ou organiques sous forme dissoutes ou en suspension (**Bouzaiani, 2000**).

Les eaux résiduaires, ou eaux usées, sont des eaux chargées de pollution, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (**Frank, 2002**).

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans le réseau d'assainissement dont les propriétés naturelles sont transformées. (**Blefert, 2001**). La plus part des eaux usées sont offensives, d'autres sont pathogènes, elles peuvent être l'origine de graves problèmes de santé publique (**Becis et Belouidaine, 2005**).

### **I - 2- Origines des eaux usées**

#### **I - 2 -1-Eaux usées domestiques**

Elles se composent :

Des eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protéides), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle.

des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle.

des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes (**Frank, 2002**).

#### **I-2 -2- Eaux usées pluviales**

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie, par deux mécanismes :

Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées

La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec de métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile (**Frank, 2002**).

#### **I -2-3- Eaux usées industrielles**

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par des processus industriels

consommateurs d'eau, dont le degré de pollution diffère d'un type d'industrie à un autre **(OUALI, 1999)**.

#### **I-2-4 - Eaux usées agricoles**

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau **(Salem, 1990)**.

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- \* Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- \* Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.
- \* Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole. **(Richard, 1990)**.

#### **I- 3 - Indicateurs des eaux usées**

L'étude de la pollution d'une eau, nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres: qu'on appellera «paramètres de pollution», ils permettent de juger de degré de pollution.L'analyse concernera aussi bien, des paramètres physiques, chimiques que biochimiques et microbiologiques.

##### **I - 3 -1 - Indicateurs physicochimique**

###### **I-3-1 - 1- Température**

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physicochimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamique et cinétique. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude et plus sa concentration limite diminue. Le pH et la conductivité sont également dépendantes de la température de même que les processus de biodégradation carbonée **(Thomas, 1995)**.

###### **I-3-1 -2-Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés: argile limons, grains de silice, matières organiques, etc.

La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux épurées. **(Rodier, 1996)**.

###### **I-3-1 -3 - Matières en suspension (MES)**

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales. Elle peuvent également être des microorganismes vivants **(Gaid, 1984)**.

###### **I-3-1 -4- Conductivité électrique (CE)**

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées **(Thomas,1995)**.



Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (**Gaid, 1984**).

#### **I-3-1-1-5 -Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH est un paramètre important qui influe sur la vie et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau. Cependant, sa valeur peut être à l'origine des ennuis dans les canalisations (corrosion et dépôts calcaires) (**Belkhari, 1999**). Le pH conditionne les réactions chimiques des milieux aqueux ainsi que la prolifération bactérienne. Il peut également être un indice de pollution pour les rejets industriels.

#### **I-3-1-1- 6- Oxygène dissous**

L'oxygène est souvent présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (**Ladjel, 2006**).

#### **I-3 -1 -7- Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies (**Rodier, 1996**). Elle est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en mg d'O<sub>2</sub>/l. (**Tdatara et Henry, 1992**).

#### **I-3 -1 -8 - Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

C'est la quantité d'oxygène que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO<sub>2</sub> les substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique (**Blifert, 2001**).

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (**Taradat et Henry, 1992**).

#### **I- 3 -1-9-Azote**

Aujourd'hui, le cycle naturel de l'azote est perturbé par le développement démographique, industriel, agricole et de l'urbanisation. (**Badaia et Gonder, 2003**).

Il peut se trouver sous forme minéral (ammoniac, nitrites ou nitrates) ou organique. La présence d'azote organique au ammoniacale se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel (**Guerre et Gommelia, 1982**).

#### **I-3-1-10- Le phosphore**

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant. Il est du essentiellement

au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine (**Ladjel et Bouchafer, 2004**).

### **I - 3 -1 - 11- Métaux lourds**

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel sans aucun doute. Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes donc perturbent le processus d'épuration biologique (**Boukhetala et Iddou, 2010**).

### **I-3 - 2- Caractéristiques organoleptiques**

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités... etc.) (**Rodier et al, 2005**).

#### **I-3-2-1-Couleur**

La coloration d'une eau est très souvent synonyme de la présence des composés dissous et corrélativement la présence du soluté induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine de visible (**Baouia et Habbaz, 2006**).

#### **I -3-2-2 Odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (**Rodier et al, 2005**).

### **I - 3 - 3- Indicateurs biologiques**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes (**Baumont et al, 2005**).

#### **I – 3-3- 1- Microorganismes**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales ; cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (**Toze, 1999**).

#### **I - 3 -3-1- 1- Bactéries**

Sous le terme de coliformes, sont regroupées, certaines espèces bactéries appartenant à la famille des Enterobactériacées. " Bacille à Gram négatif, non sporogènes, oxydase négatif, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter

le lactose (et le mannitol avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 C" (**Frank, 2002**).

### **I- 3 -3-1- 2 -Protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries; la plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste; cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées. On peut citer parmi ceux-ci *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Giardia lamblia* (**Baumont et al, 2005**). Les protozoaires pathogènes à plus d'intérêt sont *Giardia intestinales* (anciennement *Giardia lamblia*) et *Cryptosporidium parvum* .

Ces protozoaires sont pathogènes entériques communs et ont été fréquemment détecté dans l'eau qui a été contaminée par des matières fécales (**Toze, 1999**). En outre, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (**Campos, 2008**).

### **I - 3 -3-1- 3 - Virus**

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte .on estime leur concentration dans les eaux usées urbaines de  $10^3$  à  $10^4$  particules/l (**Faby et Brissaud, 1997**).

### **I – 3-3-1- 4 -Helminthes**

Les helminthes sont des vers multicellulaires, leur nombre d'œufs peut être évalué entre 10 et 103 germes/l (**Faby et Brissaud, 1997**). Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel (**Campos, 2008**). Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyures vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*. L'analyse des risques sanitaires liés aux agents pathogènes susceptibles d'être transportés par les eaux usées est le fondement des recommandations proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1989 (**OMS, 1989**).

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés: argile limons, grains de silice, matières organiques, etc.....

La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux épurées (**Rodier, 1996**).

**Conclusion**

Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants provenant de différents usages domestiques, des activités industrielles et agricoles et les eaux de ruissellement.



**CHAPITRE II**  
**EPURATION DES EAUX**  
**USEES**



Par le terme d'épuration des eaux usées, on étend toutes les techniques, qui contribuent à diminuer la teneur en composés indésirables contenus dans les eaux usées par des procédés biologiques, chimiques et/ou mécaniques (**Blifert et Perraud, 2003**).

## II -1- Etapes de traitement

### II -1-1- Prétraitement

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

#### II -1-1- 1- Dégrillage

Le dégrillage premier poste de traitement permet:

- ✓ De protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation (figure,01)
- ✓ De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau et de boues (**Degremont, 2005**).

#### II-1-1- 1-2 - Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion (**Labadi et Moukar, 2010**)(figure,01) .



**Figure 1: Dégrilleur et dessableur (STEP, Février.2022).**

#### II- 1-1 -1-3- Dégraissage – Déshuilage

Le dégraissage et le déshuilage permettent de séparer les huiles et les graisses qui tendent généralement à remonter en surface des eaux usées et d'entraîner sur des déversoirs pour les évacuer (**Bouzaiani, 2000**).

### II -1-1-2 - Traitements physico-chimiques (traitements primaires)

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décan tables.

Cette étape permet d'éliminer 90% des particules et objets en suspension (Moulin et al, 2013; Ademe.2003).

Il reste alors dans l'eau tout ce qui y est dissous: éléments azotés, phosphatés, composés actifs et particules fines (Moulin et al, 2013).

### II -1-1-3 - Traitements biologiques (traitements secondaires)

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela, on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer (Moulin et al, 2013).

#### On différents types de cette traitement

##### Boues activées

On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore (FEPS, 2013).

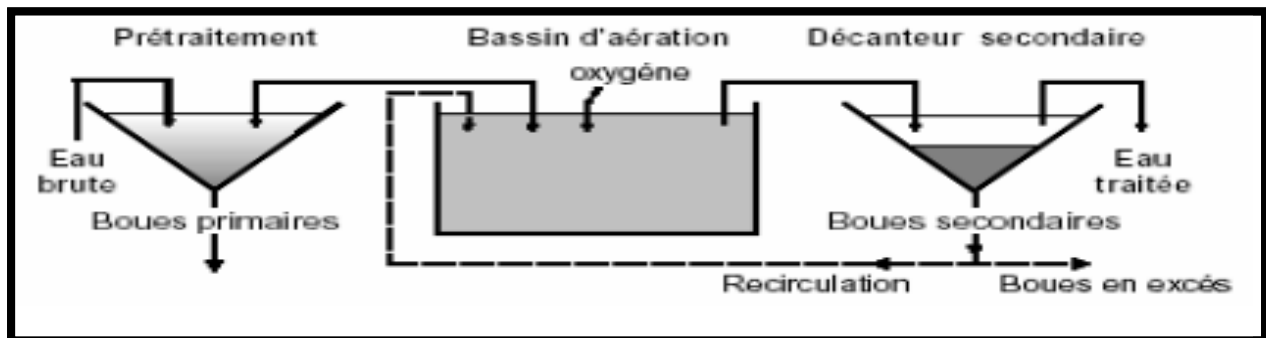


Figure 02: Schéma d'une station d'épuration à boues actives (Bouzaidi, 2020)

##### Les biofiltres et filtres bactériens

On peut également faire percoler l'eau à Travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables . . . (bio filtres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants (Ademe, 2003).

##### Lagunage naturel

Les eaux usées sont stockées dans des plans d'eau peu profonds. L'activité microbienne se fait naturellement: échange avec l'atmosphère, photosynthèse. Des aérateurs peuvent être utilisés pour brasser l'air et optimiser l'activité des bactéries. Ces processus induisent la formation de boues de lagunage au fond des bassins qui sont récupérées (Ademe, 2003).

**II -1-1- 4- Traitements tertiaires**

Les traitements tertiaires regroupent toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (**Oauli, 2001**). Ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable.

Ce sont des traitements complémentaires, dénommés parfois traitements avancés (coagulation physico-chimique, filtration sur sable, chloration, ozonation, traitement par le charbon actif, etc.) (**Edline, 1996**).

On les réalise afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments, des substances nutritives comme le phosphore et l'azote (**FEPS, 2013**).

**Conclusion**

La station d'épuration des eaux usées comporte plusieurs étapes et différents procédés. L'étape primaire est constituée par les prétraitements et la décantation qui permet d'éliminer de l'eau les matières en suspension, et l'étape secondaire qui associe l'épuration biologique et le décanteur secondaire, élimine les matières en solution dans l'eau ; lorsqu'il y a une nécessité un étage tertiaire est ajouté. Tout ces procédés produisent des déchets (boues) qui grâce à la chaîne de traitement des boues seront utilisés ou rejetés .



**CHAPITRE III**  
**REUTILISATION DES**  
**EAUX USEES**

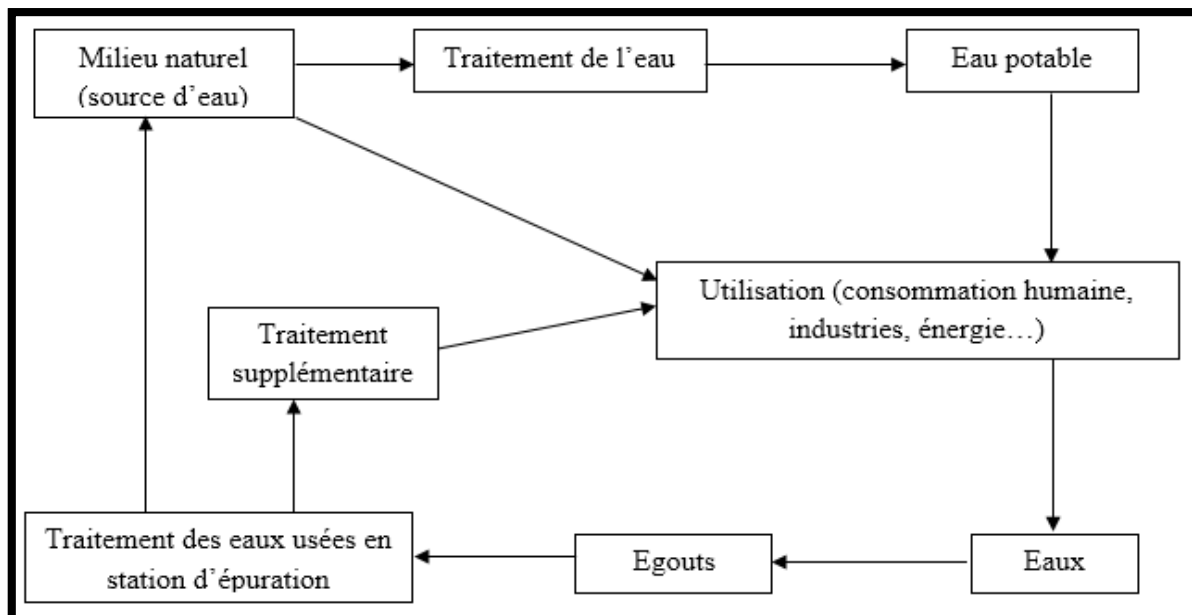
Plus la demande en eau croît, plus les ressources en eau se raréfient alors que simultanément, le volume d'eau rejeté s'accroît.

Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées devient un moyen intéressant pour à la fois satisfaire la demande et protéger la ressource en eau. Le traitement de l'eau usée doit être complète pour adapter la qualité des eaux pour la rendre compatible avec l'usage prévu.

Les eaux usées épurées destinées à l'irrigation doivent avoir un niveau de traitement suffisant car le sol constitue un moyen d'évacuation mais en aucun cas un moyen d'épuration (**Adjeroud, 2016**).

### III-1- Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

La REUE recouvre deux notions complémentaires: le traitement puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Elle propose de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure 3) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire.



**Figure 03:** La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement (**Bouzaidi, 2020**)

Depuis 2000, la REUT a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29% par an, en Europe, aux États-Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre de 1,5-1,7 millions m<sup>3</sup>/jour (Mm<sup>3</sup>/jour) dans plusieurs pays et états, comme par exemple au Mexique, en Chine, en Floride et en Californie (**Lazarova et Brissaud, 2007**).

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2010) rapporte qu'il existe 3300 usines de récupération des eaux dans le monde présentant des degrés variables de traitement pour des applications diverses. La plupart de ces usines se trouvent au Japon (plus de 1800) et aux Etats-Unis (plus de 800), mais l'Australie et l'Union Européenne comptent, respectivement, 450 et 230 projets. La région méditerranéenne et du Moyen-Orient comptent environ 100 sites, l'Amérique latine 50 et l'Afrique Sub-saharienne 20 (FAO, 2010).

La Figure si dessous montre le type d'applications de REUE à Travers le monde.

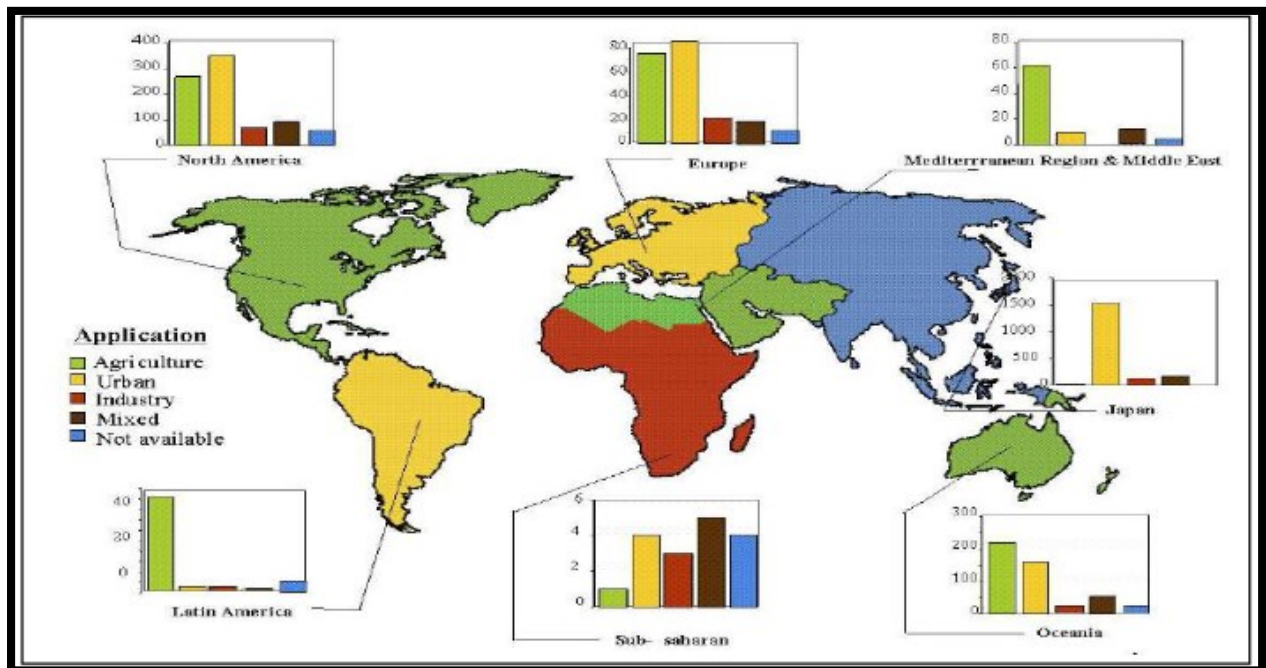


Figure 04: Schémas de réutilisation d'eaux usées municipales, selon le type d'applications (FAO, 2010).

### III-2- Réutilisation des eaux usées en Algérie

#### III-2-1-Situation de l'assainissement en Algérie

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé à près de 1062 millions de m3 et dépassera 1,5 milliards de m3 à l'horizon 2019 Seul 365 millions de m3 est épurées . Donc il faut prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (ONA, 2015).

Le projet d'élaboration de normes algériennes et d'un guide technique pour les bonnes pratiques de la réutilisation des eaux usées pour des fins agricoles est en cours d'approbation par l'Institut Algérien de Normalisation(Laid Bouchalal,2017).

Durant le mois de Février 2018, un volume de 1,5 million de m<sup>3</sup> d'eaux épurées par 17 STEP, ont servi à l'irrigation de 11 062 hectares de superficies agricoles, soit un taux de la RE-USE de 40 % du volume épuré par les 17 STEP concernées et à 9% du volume total épuré par l'ensemble des 146 STEP en exploitation par l'ONA .(ONA, 2018) .

Selon (ONA, 2019), Pour le mois de Janvier 2019 ; la gestion et l'exploitation de 153 stations d'épuration, dont :

- 75 stations à boues activées
- 75 stations de lagunage
- 03 filtres plantés.

La capacité globale installée de ces 153 stations est de 10 359 462 Équivalent-habitants, soit un débit nominal de 1 572 167m<sup>3</sup>/j.

Le volume des eaux usées traitées dépasse 21 millions de mètres-cubes, soit un débit moyen journalier de 681 232 m<sup>3</sup> /j, d'importante quantité d'eau qui peuvent être gérer pour une éventuelle réutilisation surtout à des fin agricole, ce secteur qui a les plus importante besoins en eau.Dans le tableau suivant ; qui démontre clairement d'importantes débits journaliers et mensuels qui peuvent être réutilisées en irrigation dans la majorité des wilayas en Algérie.

**III-2-2-Répartition par zone des volumes des eaux usées épurées**

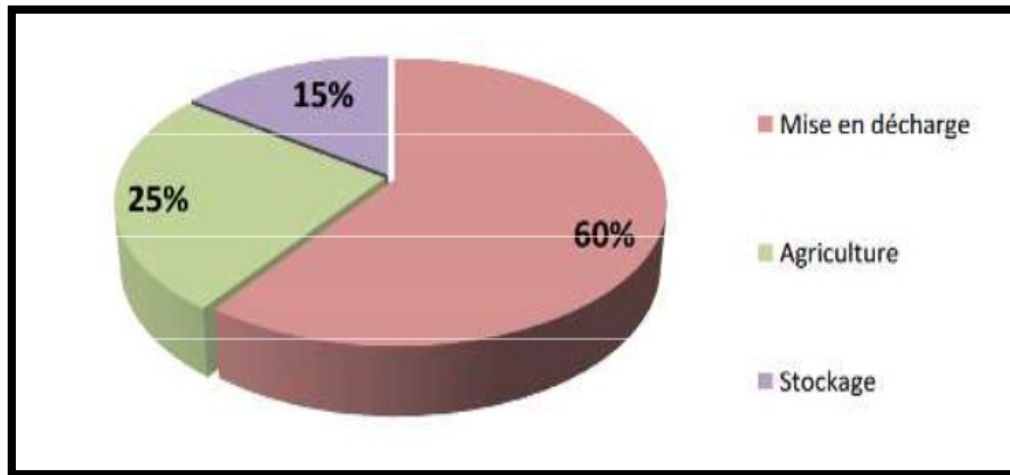
Dans le tableau suivant

**Tableau 01:** Répartition des quantités des EUE Par zone (ONA, 2019)

Zone et DA	Nombre de STEP	Débit nominal des STEP (m <sup>3</sup> /j)	Débit journalier des eaux Brutes (m <sup>3</sup> /j)	Volume mensuel des eaux Brutes (m <sup>3</sup> /mois)	Taux d'utilisation des capacités installées (%)
Oran	44	253 066	172 550	5 349 059	68
Tizi Ouzou	15	110 046	41 681	1 292 108	38
Sétif	11	230 347	55 492	1 720 264	24
Annaba	10	159 370	57 703	1 788 805	36
Chlef	5	58 304	16 203	502 298	28
Constantine	7	140 417	34 633	1 073 627	25
Batna	13	83 320	24 822	769 491	30
Tiaret	5	73 560	46 557	1 443 253	63
Saida	16	95 372	42 179	1 307 540	44
Alger	5	52 500	22 891	709 621	44
Tamanrasset	3	20 700	20 238	627 382	98
Laghouat	8	137 284	57 897	1 794 813	42
Béchar	2	12 200	4 760	147 545	39
D-A El Oued	4	76 799	39 964	1 238 875	52
D-Touggourt	2	9 375	8 167	253 170	87
D-A Ouargla	3	59 507	35 495	1 100 333	60
<b>TOTAL ONA</b>	<b>153</b>	<b>1 572 167</b>	<b>681 232</b>	<b>21 118 183</b>	<b>43</b>

### III-3-Usages des eaux usées épurées

Les eaux usées épurées sont utilisées dans différents usages. Elles sont considérées comme des quantités complémentaires aux eaux conventionnelles. Les principales utilisations des eaux usées épurées sont



**Figure 05:** Schéma des Les principales utilisations des eaux usées épurée (Charabi, 2016).

#### III- 3-1- Utilisations agricoles

En Algérie, l'irrigation par les eaux usées se généralise dans plusieurs régions du pays, par manque d'eau d'irrigation, surtout pendant la saison sèche. Les eaux usées épurées peuvent être réutilisées pour l'arrosage de certains vergers (oliviers, figuiers...) et pour l'arrosage des espaces verts (Bouzaiani, 2000) .

La croissance démographique et économique du développement agricole et la fréquence des périodes de sécheresse ont entraîné une augmentation des besoins en eau et une demande accrue des ressources en eau conventionnelle (Djemil et al, 2018). L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, malgré le potentiel des barrages largement exploité, l'offre n'a toujours pas atteint un taux de satisfaction (Legros, 2017). La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture s'avère comme étant l'une des solutions non conventionnelles susceptibles de résoudre ne serait-ce que partiellement le problème de manque d'eau d'irrigation (Mehaiguen et al., 2018). Est une tendance réussie qui offre les deux avantages : de développer une nouvelle ressource en eau non conventionnelle, et d'utiliser un engrais naturel à faible coût (Abu-Zeid, 1998).

Algérie durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m<sup>3</sup> d'eaux épurées a servi à l'irrigation de 11.045 hectares des terres agricoles, soit un taux de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture REUE de 31 % du volume épuré, a-t-on appris auprès de l'office national de l'assainissement (ONA). Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à



des fins agricoles évoluera d'une manière significative, durant l'année 2020, Sur les 154 stations d'épuration exploitées par l'ONA (STEP) à travers les 44 wilayas, 16 stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture, a expliqué l'ONA.

Aussi, le nombre des stations concernées par la réutilisation sera porté à 20 stations"

**(Annoyume 02, 2022).**

En a par exemple la station d'épuration à boues activées de Boumerdes elle a une capacité 75000 Eq/H, type de culture pépinière d'olivier, oranger et vignes on a aussi la station de lagunage aéré de Ouargla elle a une capacité 260102 Eq/H, type de culture 4000 palmiers dattiers et 100 oliviers, la station d'épuration à boues activées de Guelma elle a une capacité 200000 Eq/H, type de culture les cultures maraichères et les vergers **(Amine et al, 2008).**

La réutilisation des eaux usées en irrigation, en plus de sa première mission, elle permet d'exploiter la matière fertilisante contenue dans les eaux épurées.

**Tableau 02:** Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie **(ONA, 2019).**

Zone/ D.A	Unité	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m³/j)	Volume mensuel épuré (m³)	Volume mensuel réutilisé (m³)	Domaine Agricole (ha)	Type de culture	Utilisateurs (Concessionnaire)
Alger	Boumerdes	Station d'épuration à boues activées de Boumerdes	75 000	15 000	358 060	/	Flici : 49	Pépinière d'oranger et vignes	M. Flici
							Rahmoun : 76		M. Rahmoun
El Oued		Station de lagunage aéré de Kouinine (El Oued)	239 134	44 335	891 596	19 200	15	Arbres (Eucalyptus et kazarina)	ONA
Annaba	Guelma	Station d'épuration à boues activées de Guelma	200 000	32 000	367 815	367 815	Guelma, Boumahra et Bouhegouf : 6 980	Vergers	contribution à l'irrigation du périmètre géré par O.N.I.D
	Souk Ahras	Station d'épuration à boues activées de Souk Ahras	150 000	30 000	11 594	11 594	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte (Apport à Oued Medjerda)
Oran	Tlemcen	Station d'épuration à boues activées de Tlemcen	150 000	30 000	788 451	189 000	Plaine de Hennaya : 912,22	Arboriculture	O.N.I.D
	Mascara	Station d'épuration à boues activées de Mascara	100 000	13 000	242 440	242 440	El-kouaer : 400	Oliviers+ culture céréalière + agrumes	Associations agriculteurs
		Station de lagunage aéré de Ghriiss	48 000	5 800	17 624	17 624	Ghriiss : 420		
		Station de lagunage aéré de Bouhanifia	32 500	3 900	42 213	42 213	475		
		Station de lagunage aéré de Hacine	20 000	3 200	7 311	7 311	390		
		Station de lagunage naturel d'Oued Taria	21 000	2 520	19 106	19 106	196		
		Station de lagunage naturel de Tizi	12 000	1 440	9 046	9 046	200		
		Station de lagunage naturel de Mohammadia Est	15 000	2 280	/	/	El-habra : 175		
		Station de lagunage naturel de Forha	9 400	1 128	7 820	7 820	Ghriiss : 182		
Station de lagunage naturel Khalouia	6 321	949	29 047	29 047	182				
Ain Yémouchent	Station d'épuration à boues activées d'Ain Yémouchent	72 800	10 920	314 492	0	135	Arboriculture		
Saida	Saida	Station d'épuration à boues activées d'Ain El Hadjar	30 000	4 800	100 926	20 000	Oued Meknes : 58	Arboriculture, Céréales	Autorisation DRE
Total des 16 STEP			1 185 155	201 272	3 207 540	982 216	11 045 ha		

**III- 3-2- Utilisations Municipales**

Arrosage des espaces verts, lavage des rues, lutte contre les incendies, l’arrosage des terrains de golf, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes. Les réutilisations d’eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses.

En Algérie, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m<sup>3</sup>/mois d’eau usée épurée de la STEP de Tipaza pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales qui récupèrent 12 m<sup>3</sup>/mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumer dès (**Laid Bouchalala, 2017**).

**III- 3-3-Utilisations industrielles**

Cette réutilisation est importante en raison du recyclage fréquent des eaux, qui est souvent justifié par la réduction des consommations. Mais elle peut aussi concerner les eaux de refroidissement. la réutilisation est plus difficile à Envisage pour des eaux de chaudière qui doivent être fortement déminéralisées et pour les eaux des industries agroalimentaires qui doivent avoir la qualité des eaux potables (**Aviron, 1999**).

**III-4 -Avantages et les inconvénients de réutilisation des eaux usées épurées**

Les inconvénients et les avantages des eaux usées sont indiqué dans le tableau suivant:

**Tableau 3:** Avantages et les inconvénients de réutilisation des eaux usées épurées  
(**Salgot, Huertas, 2006**).

Les avantages	les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration de l’efficacité économique des investissements en matière d’élimination des eaux usées, de réutilisation en irrigation et autres usages.</li> <li>• Conserver les ressources hydriques.</li> <li>• Recharger les nappes.</li> <li>• Utilisation des nutriments des eaux usées (Azote et Phosphore).</li> <li>• Réduction de l’utilisation des fertilisants synthétiques.</li> <li>• Amélioration des propriétés fertilisantes du sol.</li> <li>• Réduction du cout de traitement :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les eaux usées sont produites en continu tout au long de l’année, leur réutilisation en irrigation est limitée à la période de croissance des cultures.</li> <li>• Nuisance potentielle sur les eaux naturelles à cause des pathogènes, métaux lourds, azote, matière organique et autres substances chimiques qui pourraient rendre l’eau non utilisable comme dans les conditions initiales.</li> <li>• Présence de certaines substances dans les eaux usées à des concentrations qui pourraient s’avérer toxiques pour les plantes.</li> <li>• Nuisance potentielle sur la santé humaine</li> </ul>

<p>traitement par le sol lors de l'irrigation (traitement tertiaire non nécessaire).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atténuation de l'impact sur le cycle naturel de l'eau.</li> <li>• Réduction de l'impact du rejet sur l'environnement (exp : eutrophisation).</li> <li>• Economie d'eau claire.</li> <li>• Economie de fertilisants.</li> <li>• Accroissement de rendements.</li> <li>• Protection de l'environnement.</li> </ul>	<p>par la dispersion de germes pathogènes et de substances chimiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation des couts de traitement .</li> <li>• Impact du traitement sur l'environnement par la production de boues.</li> <li>• Certaines substances présentes dans les eaux usées à des concentrations pouvant causer des dommages environnementaux.</li> <li>• Nuisance potentielle sur les matrices environnementales par dispersion de pathogènes et de substances chimiques.</li> </ul>
--	---

**III -5- Les normes de la réutilisation des eaux usées épurées**

Tableau 04: Normes de réutilisation des eaux usées épurées (JORA, 2012).

	<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Concentration maximale admissible</b>
<b>Physiques</b>	<b>pH</b>	-	<b>6.5&lt;pH&lt;8.5</b>
	<b>MES</b>	<b>Mg/l</b>	<b>30</b>
	<b>CE</b>	<b>ds/m</b>	
	<b>Infiltration le SAR</b>	<b>Ds/m</b>	<b>0.2</b>
	<b>=0-3CE</b>		<b>0.3</b>
	<b>3-6</b>		<b>0.5</b>
	<b>6-12</b>		<b>13</b>
	<b>12-20</b>		<b>3</b>
	<b>20-40</b>		
<b>Chimiques</b>	<b>DBO5</b>	<b>Mg/l</b>	<b>30</b>
	<b>DCO</b>	<b>Mg/l</b>	<b>90</b>
	<b>CHLORURE (CT)</b>	<b>Mg/l</b>	<b>10</b>
	<b>AZOTE (NO3-N)</b>	<b>Mg/l</b>	<b>30</b>
	<b>Bicarbonate (HCO3)</b>	<b>Mg/l</b>	<b>8.5</b>
<b>Eléments toxiques (*)</b>	<b>Aluminium</b>	<b>Mg/l</b>	<b>20.0</b>
	<b>Arsenic</b>	<b>Mg/l</b>	<b>2.0</b>
	<b>Béryllium</b>	<b>Mg/l</b>	<b>0.5</b>
	<b>Bore</b>	<b>Mg/l</b>	<b>2.0</b>
	<b>Cadmium</b>	<b>Mg/l</b>	<b>0.05</b>
	<b>Chrome</b>	<b>Mg/l</b>	<b>1.0</b>
	<b>Cobait</b>	<b>Mg/l</b>	<b>5.0</b>
	<b>Cuivre</b>	<b>Mg/l</b>	<b>5.0</b>

**Conclusion**

Les eaux usées épurées sont une ressource de valeur qu'il faudrait exploiter partout où cela est possible, en prenant les mesures nécessaires pour protéger la santé publique. Leur réutilisation représente de nombreux avantages; elle permet de réduire la pollution du milieu naturel et d'accroître la production agricole. Ce devrait être, autant que possible, la méthode préférée d'évacuation des eaux usées et elle devrait être intégrée à la planification de l'exploitation des ressources en eau (**Adjroud, 2016**)

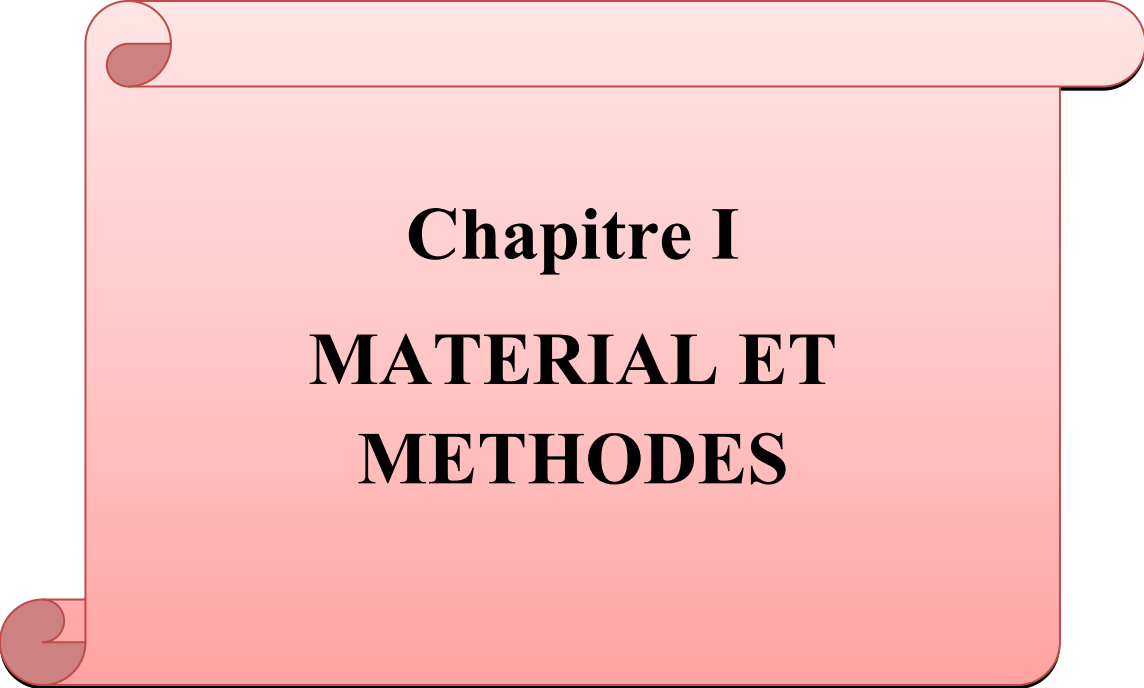
D'après la recherche qu'on a effectuée il est avéré que la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture permet une augmentation très importante des rendements agricoles.

Le risque sanitaire lié à la réutilisation des eaux usées épurées est donc multiple et pour le maîtriser, différentes conditions doivent être conjuguées: Performance de l'outil législatif et sa remise continuelle à jour ; et Évaluation scientifique du risque utilisant les outils les plus performants et les plus efficaces (**Adjroud,2016**).



**Partie II**

**PARTIE EXPERIMENTALE**

A decorative red scroll graphic with a gradient from light to dark red. The scroll is unrolled in the middle, revealing the text. The top and bottom edges are rolled up, and the sides are also slightly rolled. The text is centered on the unrolled portion.

**Chapitre I**  
**MATERIAL ET**  
**METHODES**

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

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

La wilaya de Ghardaïa se situe dans la zone septentrionale du Sahara Algérie. Elle se situe à 600 km au sud d'Alger (Figure 06). Elle est limitée:

Au Nord par les wilayas de Laghouat et Djelfa

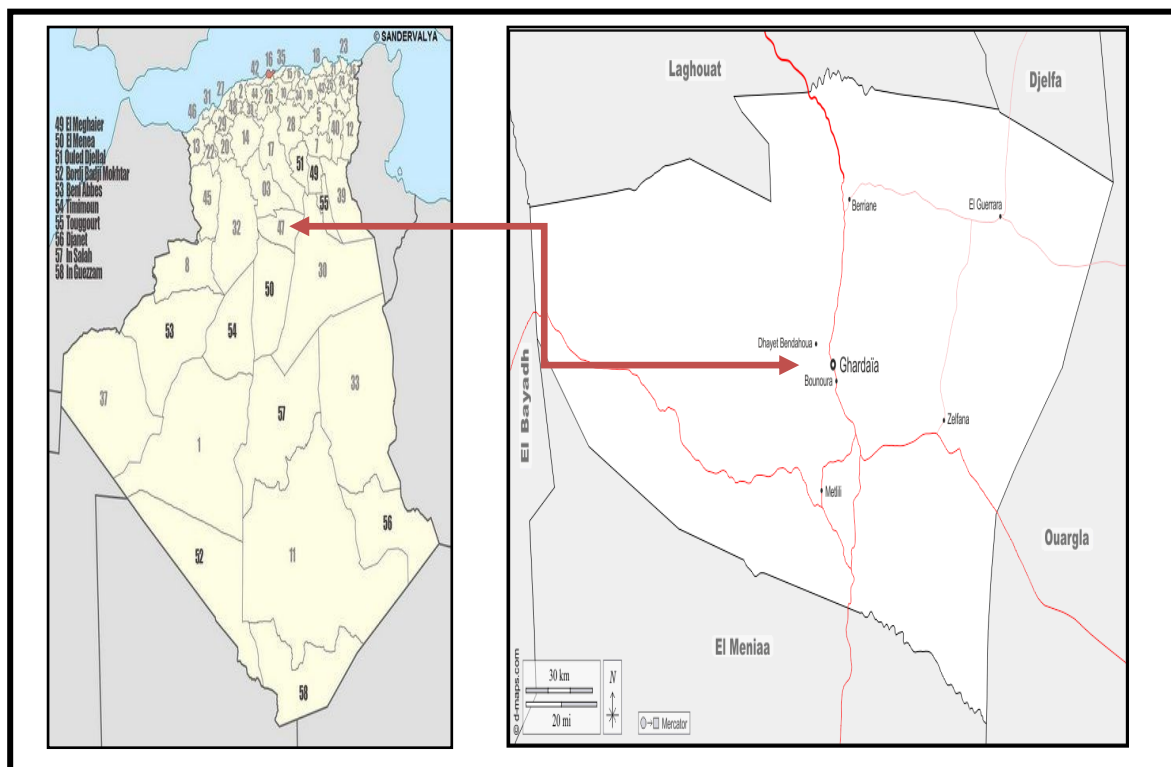
Au Sud par la wilaya de El Meniaa

A l'Est par la wilaya de Ouargla

A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad

- La population de la wilaya est estimée de 405 015 habitants, soit une densité de peuplement de 4,70 habitants au km<sup>2</sup>.

Pour une superficie de 19729 km<sup>2</sup>, la wilaya est constituée de communes 09 regroupée dans 07 daïras.



**Figure 06:** Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa (Annoyume 01, 2022).

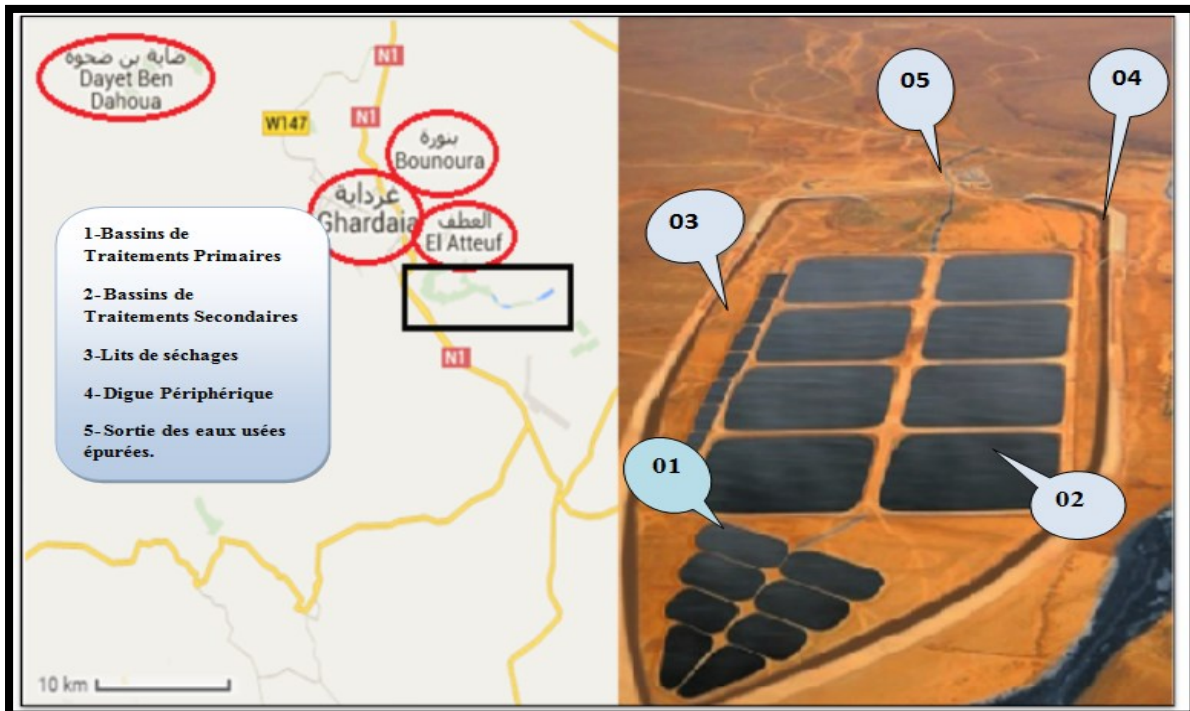
**I -1-1-Vallée du M'Zab**

La vallée du M'Zab à laquelle se rattache notre étude, est la plus importante des zones habitées de la wilaya, elle est située à l'enceinte du bassin versant.

Elle est entaillée dans les massifs calcaires du Turonien. Elle regroupe trois (03) daïras ET quatre (04) communes (Tableau 05).

**Tableau05:** Daïras et les communes de la vallée du M'Zab (DSA de Ghardaïa, 2012).

Daïra(s)	Commune
Ghardaïa (chef-lieu de la wilaya)	Ghardaïa
Bounoura	Bounoura et d'El Atteuf
Daya Ben Dahoua	Daya Ben Dahoua



**Figure 07:** localisation de la STEP de la ville de Ghardaïa (kaf – el Douhne –el atteuf)

**I -1 -2- Situation géographique**

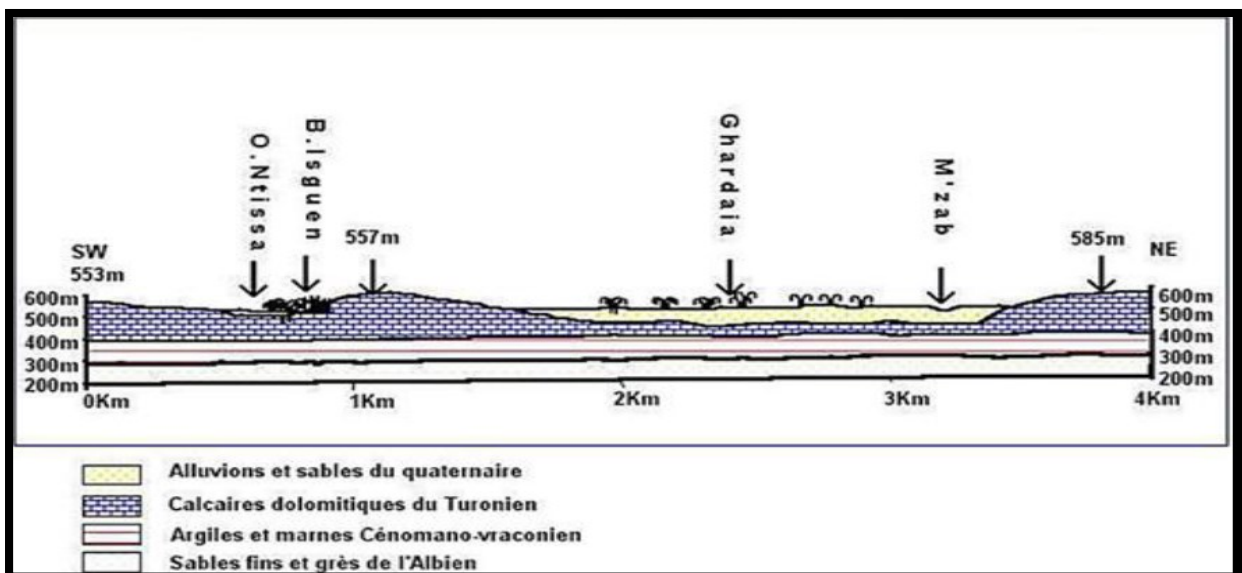
La vallée du M'Zab se situe à 600 km au sud d'Alger, dans la wilaya de Ghardaïa , sur le plateau Hamada au Sahara septentrional . Une longitude de 3° .45 Est, et une latitude de 32° .50 Nord . Les cinq villes qui composent la pentapole du M'Zab (El-Atteuf , Bounoura , Melika , BeniIsguen et Ghardaïa )se situent sur les éminences rocheuses au-dessus de la Chebka (filet = oued du M'Zab) qui irriguent les palmeraies où les villes modernes se développent .



### I-1-3-Géologie

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment " la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par un émiasse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables.

L'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféra -flux (nappes phréatiques) (Figure 08) (ANRH, 2011).



**Figure 08:** Coupe géologique schématique traitée de la vallée du M'Zab (ANRH, 2011)

### I-1-4-Aspect hydrologique

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont: oued Sebseb , oued Metlili , oued M'Zab , oued N'sa et oued Zegrir .

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab , ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est , leur écoulement sont sporadiques , ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région .

### I-1-5-Aspect hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine . Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'Inféra flux

(phréatique) , et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albiennienne (ANRH , 2010) .

\***Les nappes phréatiques**: Elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés à la pluviométrie . La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30 m . Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels , et des tinées essentiellement , pour irriguer les palmeraies des vallées .

La qualité chimique des eaux de la nappe d'oued M'Zab et oued Metlili , est bonne à la consommation à l'amont , mauvaise et impropre à la consommation à l'aval suite à leur contamination par les eaux urbaines .

\***La nappe du Continental Intercalaire (CI)**: Elle représente la principale ressource en eau de la région . L'aquifère est composé de sables , grés et d'argiles sableuses d'âge Albien . Selon la région , elle est captée à une profondeur allant de 80 à 1000 m . Suivant l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI , elle est jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage dans les zones de Zelfana , Guerrara , Hassi l'Fhel et Hassi Gara , exploitée par pompage à des profondeurs variant de 0,5 m à 140 m dans les zones de Ghardaïa , Metlili , Berriane , Sebseb , Mansourah et certaines régions d'El Menia (figure09).

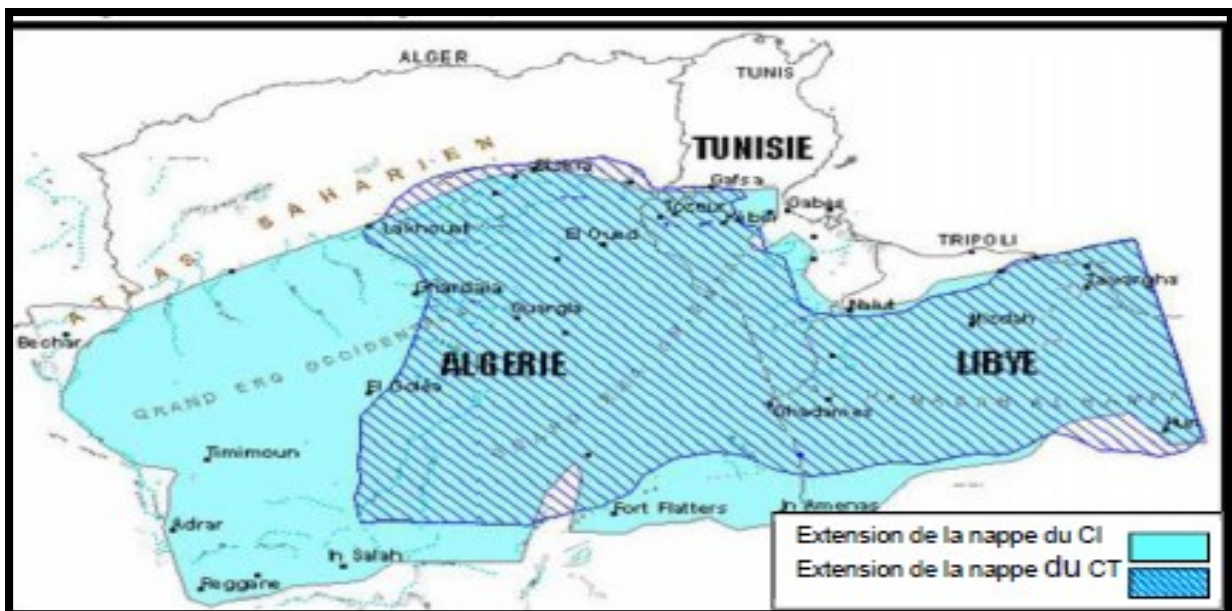


Figure 09: Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)(ANRH, 2010)

**I-1- 4-Climat**

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. Les Données climatiques de la ville de Ghardaïa avec de la histogramme (**Annexes 04**).

**A-Température**

Ce qui caractérise les zones arides en général et Ghardaïa en particulier, suite à une analyse d'une série d'observations statistiques enregistrées au niveau de la Wilaya, sur une période d'observations de 15 ans, a fait ressortir que la température moyenne mensuelle enregistrée, est de 23,2°C ; avec 43,7°C pour le mois le plus chaud (Juillet) et 2,6°C pour le mois le plus froid (Janvier) (tableau 9). Par contre, la zone nord du pays bénéficie d'un climat méditerranéen. En été, les températures sont élevées. Les températures moyennes mensuelles se situent entre 25°C et 11°C.

**B -Vents**

Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux d'hiver sont froids et humides avec une vitesse de 6,5 m/s (Tableau 9). Pour ce qui est du Sirocco dans la zone de Ghardaïa, on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui s'étend du mois de Mai à Septembre (**DPAT, 2012**).

**C- Précipitation**

Ce qui caractérise les zones arides en général et Ghardaïa en particulier, est que Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels. Février (0.21 mm) mois le moins pluvieux, Septembre (22,4 mm) mois le plus pluvieux, le cumul annuel est de 93 mm (Tableau 9). Par contre, la zone nord du pays, possède un climat méditerranéen, les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigés. Cette zone est la plus humide d'Algérie, elle est caractérisée par des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 1000 mm d'eau.

**D- Humidité**

L'air à Ghardaïa est très sec. L'humidité moyenne annuelle est de 33.74 %. Le taux d'humidité varie d'une saison à une autre. le minimum est de 19.88 % pour le mois de juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois. Le maximum d'humidité étant de 48.8 % pour le mois de décembre (Tableau 9).

**Tableau 06:** Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2020 (ONM, 2019; Tutiempo, 2021).

	<b>T.moy(C°)</b>	<b>T max(C°)</b>	<b>T min(C°)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>Hr (%)</b>	<b>Préc (mm)</b>
<b>Janvier</b>	12.51	17.53	5.9	8.45	45.45	5.98
<b>Février</b>	14.16	20.17	8.09	11.23	36.83	0.21
<b>Mars</b>	17.03	22.88	11.1	16.27	38.63	7.83
<b>Avril</b>	21.54	27.35	15.04	15.55	33.43	7.60
<b>Mai</b>	26.57	32.66	19.63	15.19	25.47	3.26
<b>Juin</b>	31.74	37.74	24.74	13.91	22.23	1.73
<b>Juillet</b>	35.35	41.21	28.15	11.61	19.88	0.84
<b>Aout</b>	34.51	40.55	27.51	10.45	21.26	0.29
<b>Septembre</b>	29.11	34.99	23.18	10.76	33.04	16.97
<b>Octobre</b>	22.28	28.8	16.82	9.72	34.91	5.08
<b>Novembre</b>	16.82	22.37	11.72	10.36	44.9	1.87
<b>Décembre</b>	12.89	18.11	7.95	12.91	48.8	1.45
<b>Moyenne</b>	22.87	28.69	16.48	12.20	33.74	53.11*

**T max:** Température maximale

**T min:** Température minimale

**T moy:** Température moyenne

**P:** Précipitation

**H r (%):** Humidité

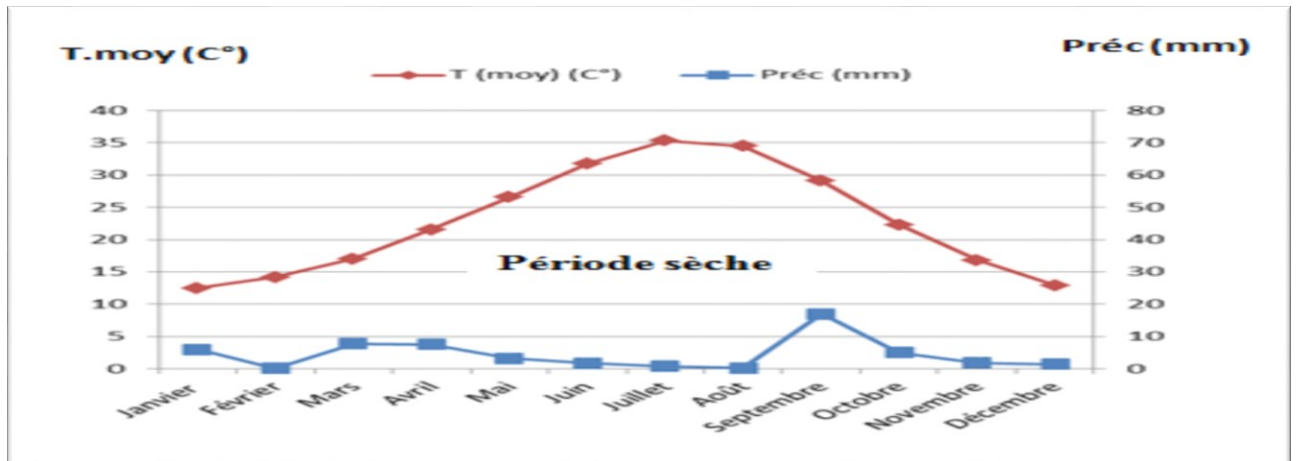
**V:** vents

**Cum\*/moy:** cumul / moyenne.

## E- Synthèse des données climatiques

### E-1- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Il consiste à placer en abscisse les mois de l'année, en ordonnée les températures (à gauche) et les précipitations (à droite) avec l'échelle  $1^{\circ}\text{C} = 2\text{mm}$  de précipitations. Il met en évidence la période de sécheresse au cours de l'année. D'après la figure suivante, la période sèche couvre la quasi-totalité de l'année à Ghardaïa.



**Figure 10:** Diagramme ombrothermique de Gausсен a à Ghardaïa (2009-2020)(ONM, 2019; Tutiempo, 2021).

### I-1-6 - Climagramme d'Emberger

IL permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (Dajoz, 1982).

**Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :**

$$Q3 = 3,43 \times P / M - m$$

Q3: Quotient pluviothermique d'Emberger;

P: Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm ;

M: Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud ;

m: Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Le quotient Q3 de la région d'étude est égal à 6,1 calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période de 13 ans (de 2009 à 2020). Une fois que cette valeur du quotient est portée sur le climagramme d'Emberger, elle situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (figure 11).

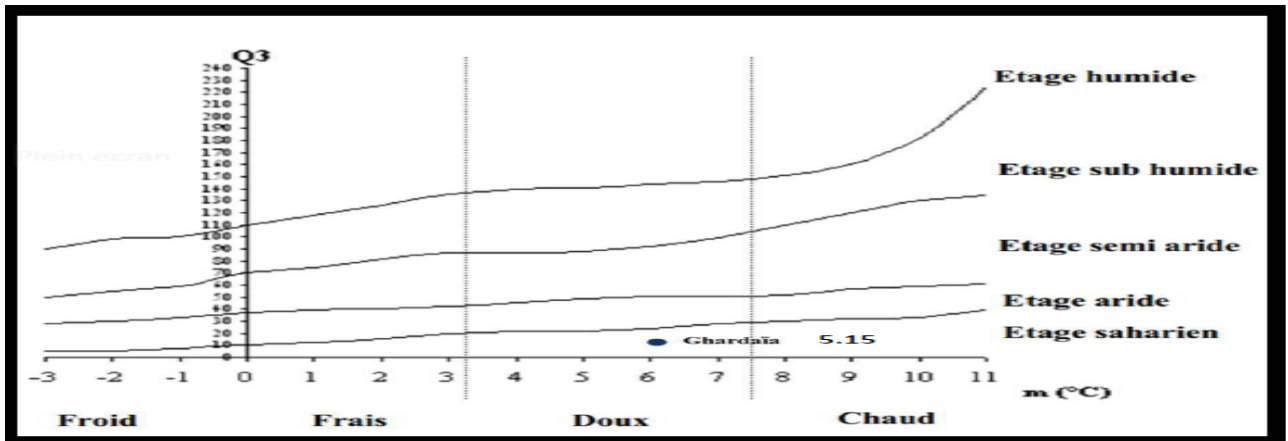


Figure 11: Climmagramme d'Emberger de Ghardaïa.

### I - 2- Secteur de l'agriculture

Dans la Wilaya de Ghardaïa, le secteur agricole est limité, il est à vocation phoénicienne. Sur les 8 466 012 hectares couverts par la superficie de la Wilaya 1 370 911 hectares sont affectés à l'agriculture et la superficie agricole utile (SAU) est évaluée à 32 745 hectares. En raison de faibles précipitations la SAU exploitée se limite aux seules superficies bénéficiant d'une ressource hydrique (forages, puits), le reste est constitué de pacages et parcours avec 1337994 hectares et de terres improductives des exploitations agricoles avec 172 hectares.

\*\* Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation:

- Oasien de l'ancienne palmeraie
- La mise en valeur.

-Le patrimoine phoénicienne de la Wilaya compte 1 224 810 palmiers dont 1 014 295 palmiers productifs pour une production annuelle moyenne de 50 000 tonnes dont 21 000 tonnes de type Deglet Nour. Avec l'extension des surfaces, le secteur de l'agriculture offre de grandes perspectives de développement (DSA de Ghardaïa, 2012).

### I - 3- Caractéristique de la step KAFFE DOKHANE EL- ATTEUF

La station d'épuration de Ghardaïa à 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, correspondant 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 la STEP sont : Ghardaïa ; Bounoura ; El-atteuf, par un réseau d'assainissement de type unitaire (**Annexes 03**).

#### **I- 4 -Ouvrages de traitement des eaux**

**Filière de traitement comprend:**

**Collecteur principal d'amenée:** Composé de deux conduites de 1000 mm de diamètre

- 1) Prétraitement constitué de:** Dessaleur principal et Dégrilleur /Dessaleur localisé à l'intérieur du répartiteur principal du traitement primaire
- 2) Traitement primaire constitué de:** 8 lagunes primaires anaérobies alimentées en parallèle et Ouvrages de sortie avec cloison siphonée permettant de retenir les matières flottantes.
- 3) Traitement secondaire constitué de:** 8 lagunes secondaires alimentées en parallèle, et Ouvrages de sortie avec cloison siphonée permettant de retenir les matières flottantes.
- 4) Déshydratation des boues constitué de:** 10 lits de séchage construits du côté Montage des lagunes secondaires, Avec réseau de drainage permettant de retourner le lixiviation en tête du traitement secondaire.

#### **I- 5- Sortie des eaux usées**

Les eaux épurées sont rejetées directement dans l'Oued sans aucune désinfection ou traitement de stérilisation(figure, 12).



**Figure 12:** Rejet finale de la STEP d'EL-Atteuf.

**Conclusion**

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat typiquement saharien avec l'abondance de deux saisons; l'une chaude et sèche (d'avril à septembre) et l'autre tempérée (d'octobre à mars). Et La population est en pleine évolution, et se concentre beaucoup plus au niveau des sites fortement urbanisés, de par sa situation géographique, la région sera par conséquent sensible à l'activité humaine qui peut générer éventuellement des pollutions résiduelles qui vont affecter l'écosystème et l'environnement .



A red scroll banner with a white border and a drop shadow, featuring a rolled-up edge on the left side. The text is centered within the banner.

**CHAPITRE II**  
**METHODES D'ETUDES**

Afin de déterminer la qualité de l'eau usée épurée, il est nécessaire d'effectuer certaines analyses physico-chimiques et bactériologiques.

### II - 1 - Objectif d'étude

L'objectif de notre travail est d'étudier la possibilité de la réutilisation d'eaux usées épurées. A travers évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des ces eaux issues de la STEP de Ghardaïa, En outre, de démontrer la situation de la wilaya de Ghardaïa vis-à-vis le projet national de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

### II - 2 - Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.)

**(Rodier, 2005).**

Les prélèvements sont réalisés au niveau de la sortie (bassin de finition) au matin (8:30h).

Ces analyses ont été effectuées durant les mois de février à avril, dont les méthodes d'échantillonnage, de conservation et d'analyses sont conformes aux celles décrites par **(Rodier, 2005)**. Pour les analyses des paramètres physico-chimique (pH, T, conductivité, salinité, O<sub>2</sub>dissous, DCO, DBO<sub>5</sub>, MES) et les modes opératoire **(Annexes02)**.




ils ont été réalisés au laboratoire de STEP. Cependant, les analyses bactériologie ont été effectuées au sein de laboratoire de université de Ghardaïa notamment le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, dénombrement des streptocoques totaux et fécaux, et recherche des spores de clostridium sulfite-réducteur et les modes opératoire **(Annexes02)**.

### II - 3- Analyses physico-chimiques

#### II-3-1- Demande chimique en oxygène DCO

Le but de cette analyse est la mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO<sub>5</sub> la potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en milieu acidifié par acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), en présence de sulfate Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenus dans l'eau par excès de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) et de sulfate de mercure (HgSO<sub>4</sub>).

Expression des résultats: La teneur en DCO est donnée en mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2800).

		
<p><b>Figure 13:</b> Spectrophotomètre (DR2800)</p>	<p><b>Figure 14 :</b> Réactifs</p>	<p><b>Figure 15:</b> Réacteur (HACH, LANGH)</p>

**II -3 - 2- Demande biologique en oxygène DBO<sub>5</sub>**

La masse d'oxygène dissous nécessaire aux micro-organismes pour décomposer la matière organique en décomposition est lue en présence d'air pendant cinq (05) jours car ils consomment de l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène , ce qui entraîne une diminution de pression au-dessus de l'échantillon et cette dépression est enregistrée par OXITOP .

La détermination de la DCO est nécessaire pour connaître les volumes à analyser pour la DBO<sub>5</sub> .Volume de l'échantillon d'essai : (DBO<sub>5</sub>) = DCO (mg/l) x 0,80 pour l'eau urbaine.

Expression des résultats :

$$DBO_5(\text{mg/l}) = \text{lecture} \times \text{facteur}$$



**Figure 16:** DBO-mètre

**II- 3 -3 - Détermination de l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)**

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 microbiologiques de décomposition ou

une production d'oxygène, par exemple par les algues. Actuellement la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du l'oxymétrie de poche Oxi340i.



Figure 17: Oxymètres

#### II-3- 4- Détermination de la Conductivité Electrique

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pour sa mesure, nous avons en recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre de poche cond 340 i.

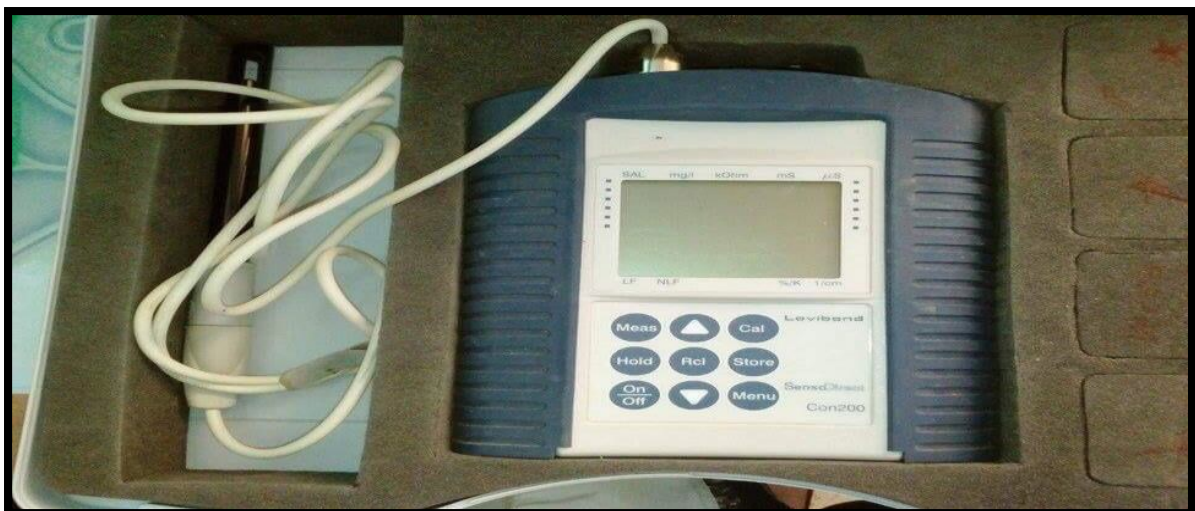


Figure 18: Conductimètre (STEP 2022)

#### II-3 - 5 - Détermination de (NT, N-NH<sup>+</sup><sub>4</sub>, N-NO<sup>-</sup><sub>2</sub>, N- NO<sup>-</sup><sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2800), les modes des analysico-chimiques (Annexes 01).

## II- 4 - Analyses bactériologiques

L'analyse micro biologique des eaux s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement.

L'analyse micro biologique des eaux usées est encore peu pratiquée et sont limités le plus couramment à la recherche des micro- organismes pathogènes ou indicateurs d'un risque sanitaire. Pour la détermination de la qualité générale des eaux et donc des eaux usées l'analyse micro biologique est indispensables complémentaire de l'analyse physico-chimique. Elle apporte en effet une dimension supplémentaire par l'intégration des organismes pour la possibilité de réutilisation des eaux épurées dans le domaine agricole (**Baouia et Habbaz, 2006**).

En fonction de la nature des eaux à analyser et de celle des microorganismes recherchées, les normes des conditions à respecter (volumes de l'échantillon, agent neutralisant, qualité de matériels d'échantillonnage...). l'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contaminer ni modifier l'échantillon. des précautions doivent être prises à trois niveaux:

Le matériel de prélèvement; Le mode de prélèvement; Le transport et la conservation des échantillons (**Frank, 2002**).

Préparation des dilutions

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  $10^{-5}$ .

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

Afin de disposer d'une méthode simple et sensible, seuls les germes témoins de contamination fécale sont recherché(**Annexes 02**).

- ✚ Les coliformes totaux
- ✚ Les coliformes fécaux
- ✚ Les streptocoques totaux Les streptocoques fécaux
- ✚ Les clostridium sulfite-réducteurs

### II -4 -1-Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

#### Coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés de Les coliformes totaux (des organismes en bâtonnets, gram (-), facultativement anaérobies capables de fermenter le lactose à des températures 44°C. Les coliformes fécaux comprennent les espèces d'Escherichia Coli, Salmonella...etc.



La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux sont un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine (Rodier, 2005).

La méthode utilisée pour cette recherche est la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation de tubes en milieux liquides sont les BCPL et les Schubert (fermentation en tubes multiples) cette méthode à donne.

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 (Rodier et al, 2005).

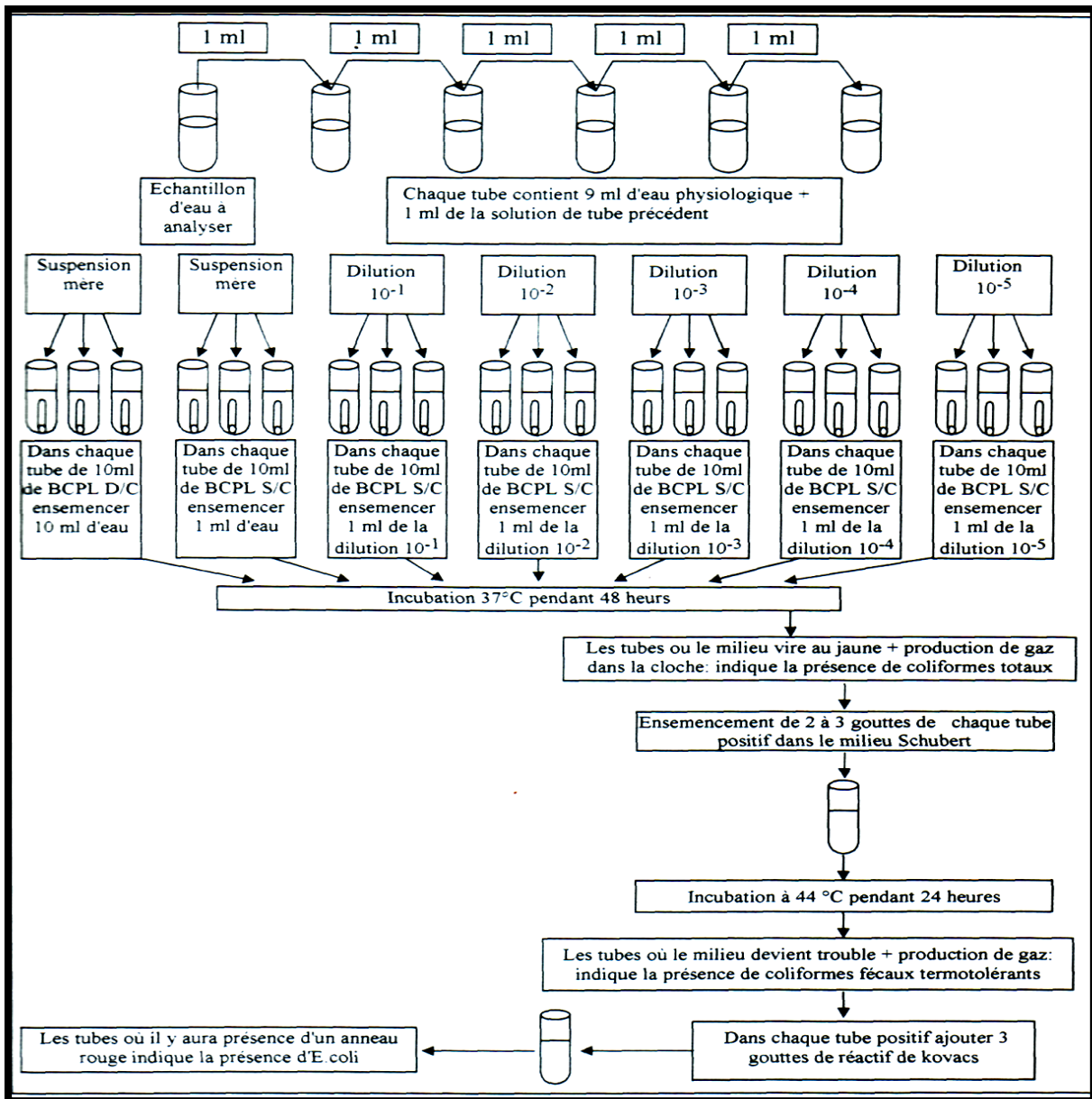


Figure 19: Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (Aouarib et Djerbaoui, 2008).

### II-4-2-Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux

Sont considérées comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales, Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant, y compris dans les milieux salés. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1979). Nous avons utilisé la même méthode que précédente avec des milieux spécifiques sont Rothe et Eva- litsky pour les streptocoques (Rodier *et al*, 2005).

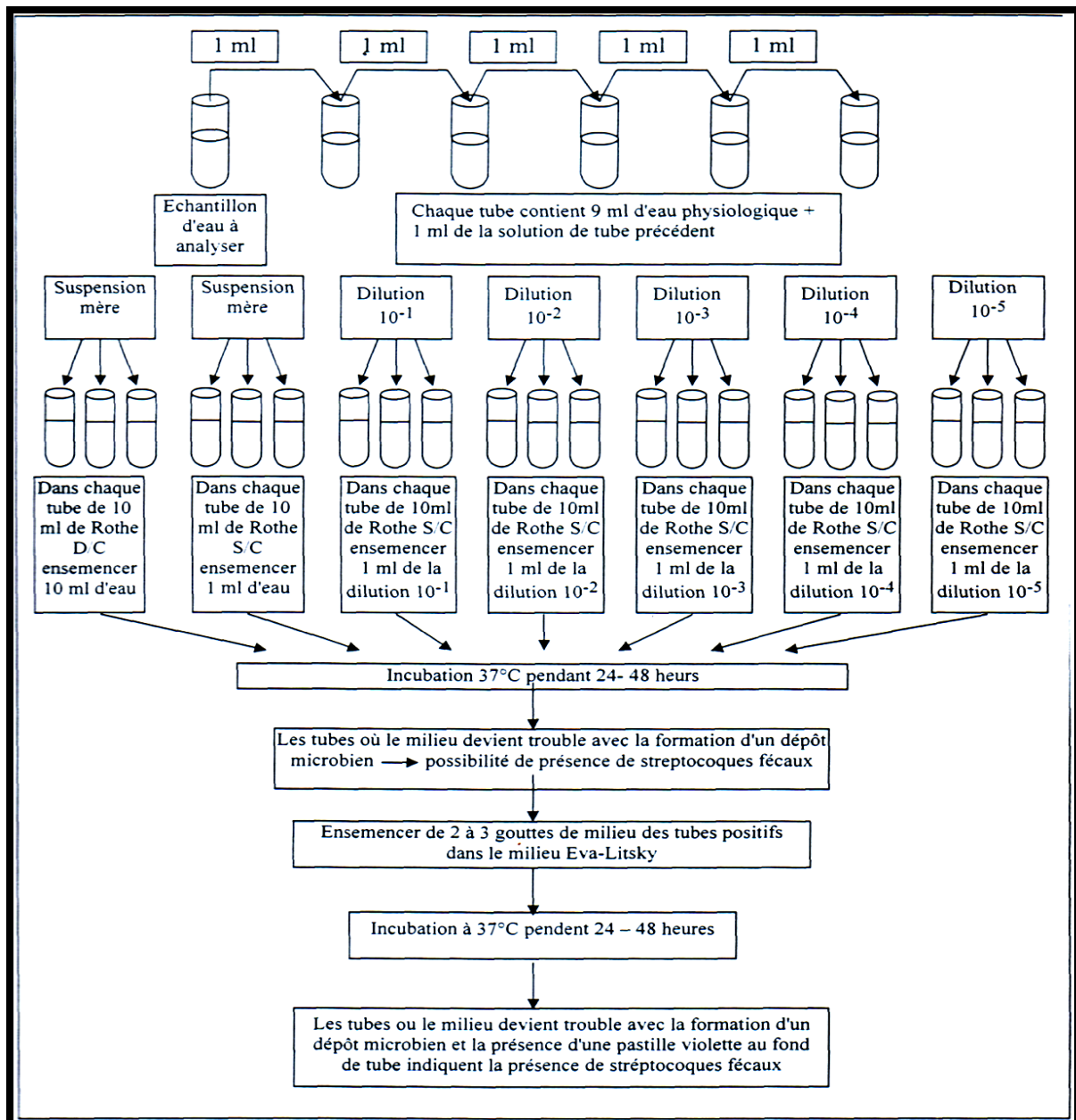


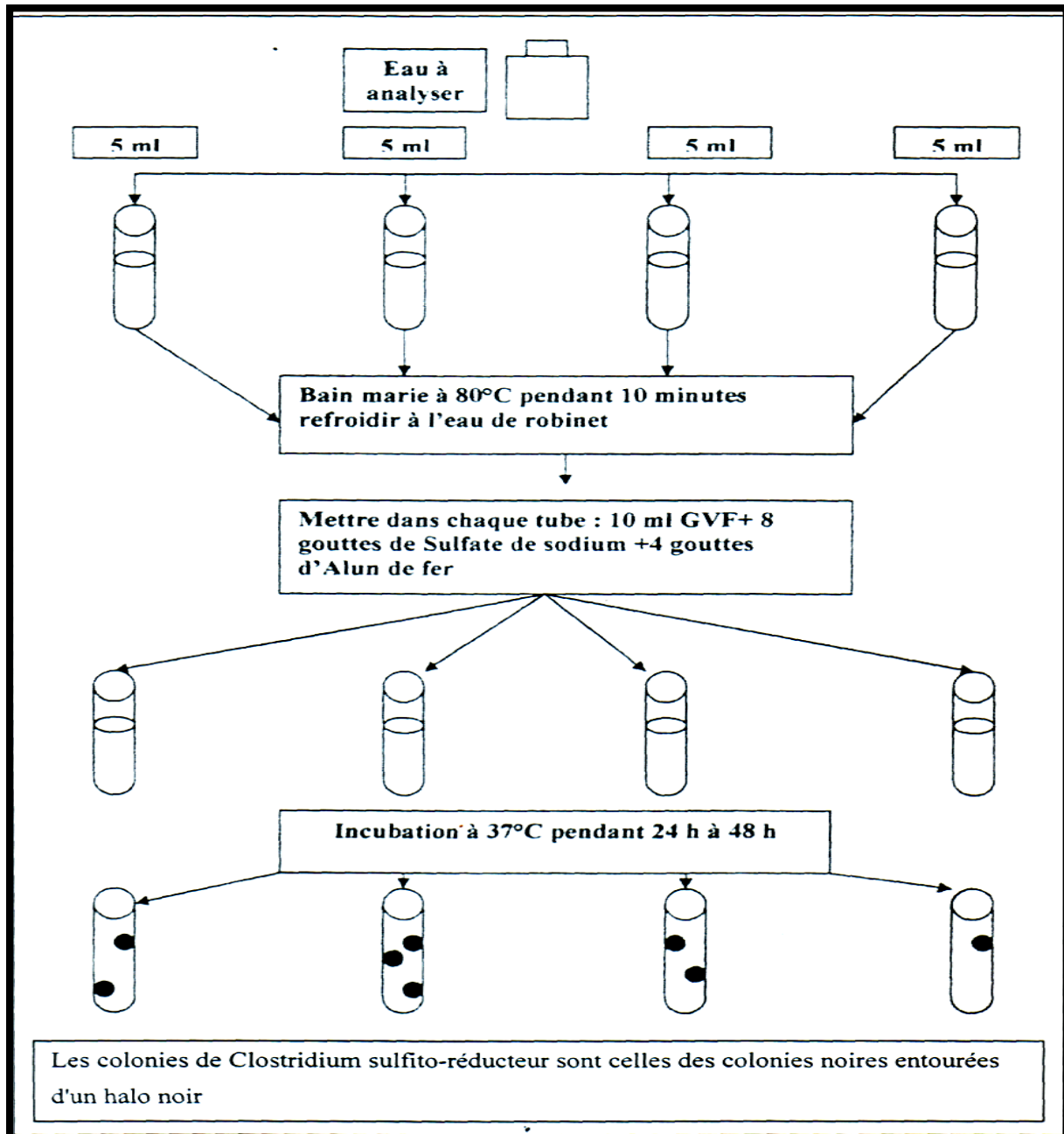
Figure 20: Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux

(Aouarib et Djeraoui, 2008).

### II -4-3-Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs

Les bactéries du genre Clostridium sont des bacilles à Gram positif, anaérobies strictes, mobiles sporulant, catalase négative. La recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs, permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant plus au moins activement les sulfites en sulfures (Atoussi et Attab, 2007).

La méthode utilise dans cette analyse avec la (Annexe02).



**Figure 21:** Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur (Baoui et Habbaz, 2006).



**Conclusion**

Afin d'apparaître la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP d'EL -Atteuf, il est indispensable de procéder à des analyses des paramètres de pollution. Les paramètres bactériologiques sont les plus délicats soit pour leurs prélèvements, pour la conservation des échantillons ou pour leurs analyses. Pour ces raisons, l'analyseur doit être vigilant et prend en considération toutes les conditions de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyses nécessaires. Les paramètres physicochimiques analysés sont: la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, DCO, DBO<sub>5</sub>, les composés azotés et phosphorés.ect....., pour les paramètres bactériologiques, on a recherché les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et totaux ainsi que les clostridium sulfito-réducteurs.



**CHAPITRE III**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

Au cours de ce chapitre, nous présenterons les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées épurées qui ont été réalisées pendant trois mois. Les résultats obtenus seront interprétés et comparés aux normes d'irrigation (**OMS & JORA**) afin de conclure à la possibilité d'irrigation avec cette eau.

### III - Résultats et discussion

#### III - 1- Résultats des analyses physiques

Le suivi de la qualité physico consiste à la détermination des paramètres de pollution tels que (la température, pH, Salinité, CE).

##### III -1-1 - Température

Nous avons constaté que les valeurs quotidiennes de température fluctuent de février à avril, s'échelonnant entre la valeur la plus basse enregistrée en février (13 °C) et la valeur maximale enregistrée en avril (20 °C), affichant une moyenne (16,67 °C). (Tab.07) pour les eaux traitées. Les fluctuations de ce paramètre abiotique sont liées aux conditions climatiques locales et plus précisément à la température de l'air et au phénomène d'évaporation de l'eau (**Zahouani, 2013**).

On note une diminution des valeurs de température de l'eau traitée par rapport aux normes d'irrigation (**OMS et JORA**) (Fig. 22).

Par conséquent, les températures obtenues à la sortie sont inférieures à ces normes.

**Tableau 07** : Les variations de la valeur de température (°C) de l'eau usée épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (OMS&JORA)
T (E. E)	13	20	16,67	30

(E.E) : Eau épurée

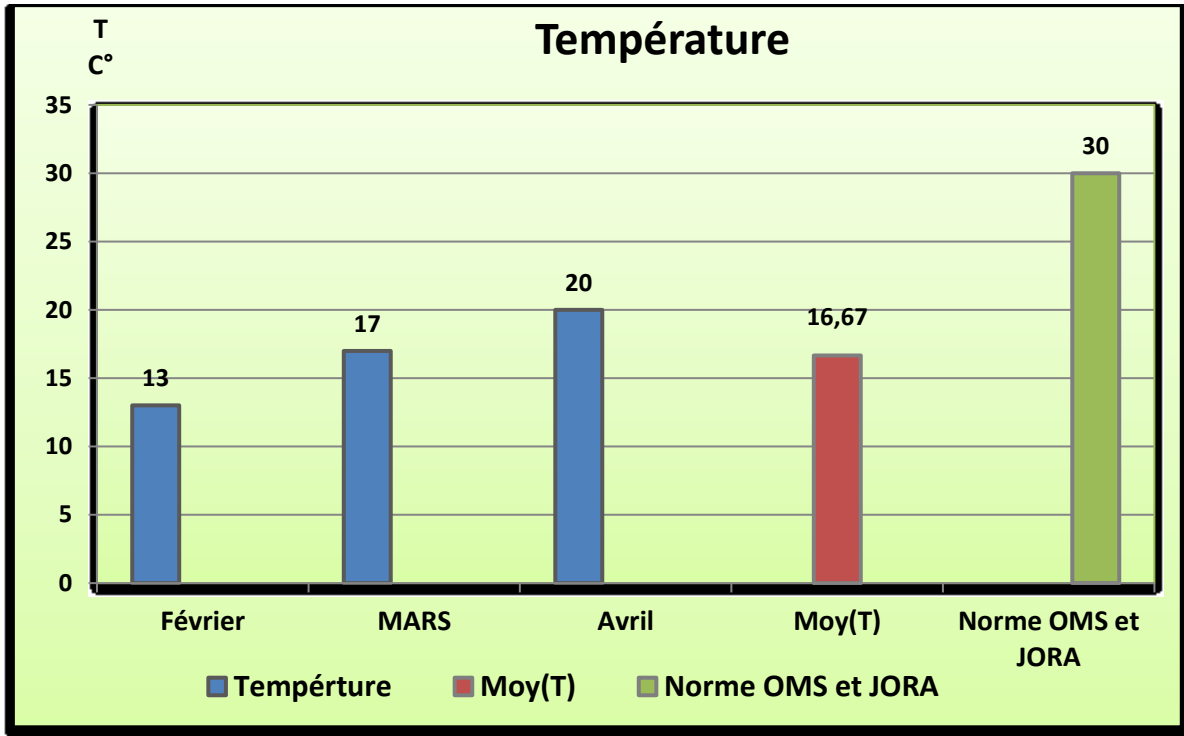


Figure 22: Variations des T° dans les eaux usées épurées de la STEP

III – 1-2- pH

La mesure du pH des eaux usées donne une indication de l'alcalinité ou de l'acidité de cette eau , Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal allant de 6,5 à 7,5. Les valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la sensibilité et la croissance des micro-organismes (Mara, 1980 ; OMS, 1987).

La figure (23) montre les valeurs de pH de la STEP et on note que les valeurs mesurées pour l'eau épurées variaient entre en avril 6,56 et 8,41 en février .avec une valeur moyenne de 7,26 sur la durée totale de l'expérimentation (tab. 08).

Les résultats de pH des eaux épurées montrent que ces valeurs sont caractéristiques des eaux usées épurées répondant aux normes d'irrigation algériennes(Annexes 05).

Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau .Il doit être étroitement surveillé lors de toutes les opérations de traitement (Rodier ,1996).

Tableau 08: variations de valeur pH de l'eau usée épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (OMS & JORA)
pH (E. E)	6,56	8,41	7.26	6,5 ≤ pH ≤ 8,5

(E.E) : Eau épurée

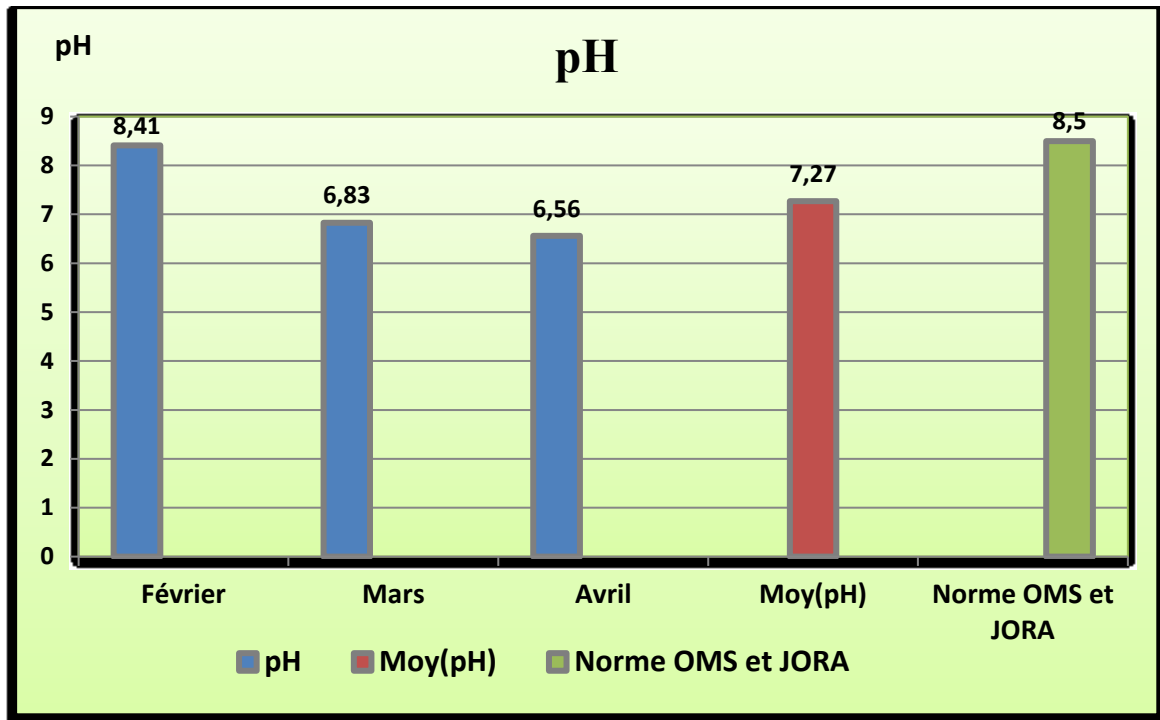


Figure 23: Variations des pH dans les eaux usées épurées de la STEP

#### VI -1-3- Salinité (Sal)

Les valeurs de salinité des eaux épurées ont été relevées durant la période d'étude, où leur fourchette est limitée à un minimum de 1,9 g/l pour le mois de mars et un maximum de 2 g/l pour les mois de février et avril, soit une moyenne de 1,96 g/l (tab. 09).

La figure 24 montre les valeurs de salinité des eaux épurées par rapport aux normes rejets (JORA) "Sal = 3" et norms algériennes, où nous constatons que ces valeurs sont relativement compatibles avec les normes d'irrigation.

Une salinité élevée des eaux usées entraîne une diminution de la productivité des agents polluants (Douadi et Benabdrahmane, 2021).

Tableau 09: variation de la valeur de Sal de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (JORA)
Sal (E. E)	1,9	2	1.96	3

E.E: Eau épurée

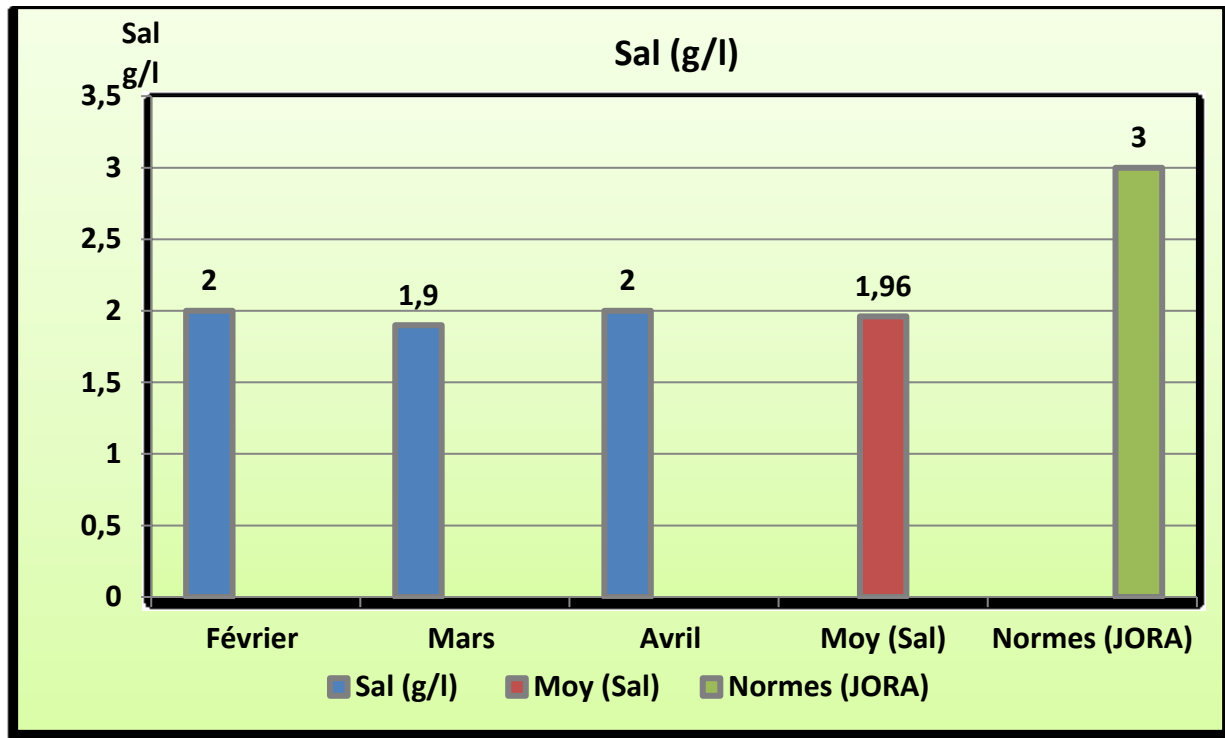


Figure 24: Variations de la salinité dans les eaux usées épurées de la STEP

III- 1-4- Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est l’une des plus importantes paramètres de contrôle de qualité des eaux usées, elle traduit le degré de minéralisation globale d’une eau, et nous renseigne sur le taux de salinité (N’Daiye et al, 2011).

Les résultats présentés en (Fig.25) montrent que les valeurs journalières de la conductivité électrique diffèrent entre elles pour le mois de mars avec une valeur de 2,85 mS/cm et une légère augmentation pour le mois d’avril de 3,24mS/cm Pour une eau épurées, soit à un débit de 3,03 mS/cm (tab.10).

Comparée à la fois à la norme (JORA), elle ne s’écarte pas beaucoup de la valeur de 3 mS/cm (Annexes 05).Par conséquent, nous constatons que ces valeurs dépassent légèrement la norme Cette augmentation de la conductivité est probablement associée au phénomène d’évaporation des eaux usées des lacs en raison des températures saisonnières plus élevées.

Tableau 10: variation de valeur de le CE de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d’irrigation ( *OMS & **JORA )
CE (E. E)	2,85	3, 24	3.03	< 3*

(E.E ):Eau épurée

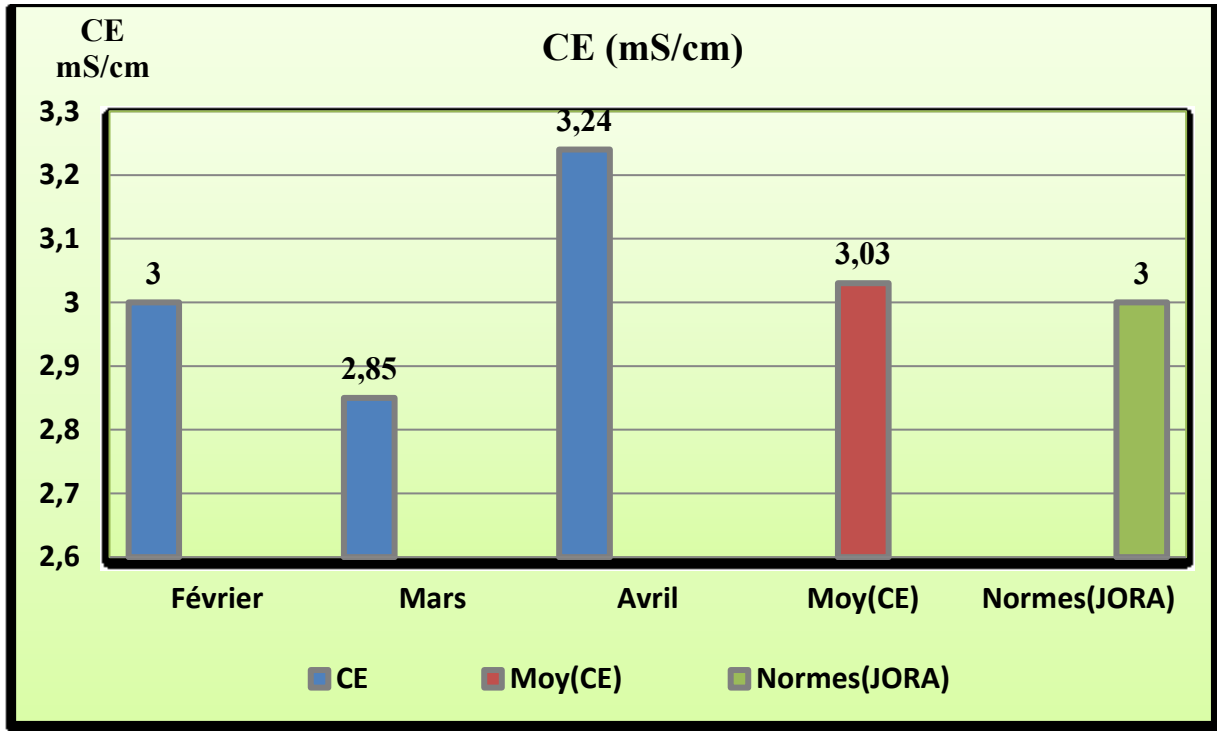


Figure 25: Variations des CE dans les eaux usées épurées de la STEP.

III -2- Résultats des analyses chimiques

Le suivi de la qualité chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution tels que ( L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) , DBO<sub>5</sub> , DCO , MES , L'azote total (NT) , N-NH<sup>+</sup><sub>4</sub> , N-NO<sup>-</sup><sub>3</sub> , N-NO<sup>-</sup><sub>2</sub> , P-PO<sup>-</sup><sub>4</sub> ) .

III -2-1-Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La concentration d'oxygène dissous dans l'eau dépend de plusieurs facteurs, à savo ; La température, la pression atmosphérique, la salinité (Rhallabi, 1990) ou l'intensité de l'activité photosynthétique. En effet, l'oxygène dissous provient soit de l'atmosphère par diffusion, soit de la photosynthèse des autotrophes, notamment des algues.

Selon les résultats obtenus, il a été observé que la teneur en oxygène varie de 3,56 mg/L en février à une valeur maximale de 5,59 mg/L en avril, possiblement due à la photosynthèse des algues. Avec la comparaison avec les critères, on constate une convergence dans les valeurs (Fig.26).

Puisque nous avons une valeur moyenne de 4,36 mg/l (Tab.11), cette valeur est proche des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (O<sub>2</sub> dissous = 5 mg/l), ce qui confirme l'efficacité du traitement

Tableau 11: Variations des valeurs d'O<sub>2</sub> de l'eau usée épurée

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (*OMS & **JORA)
O <sub>2</sub> (E. E)	3,56	5,59	3.43	< 5*

(E.E) : Eau épurée

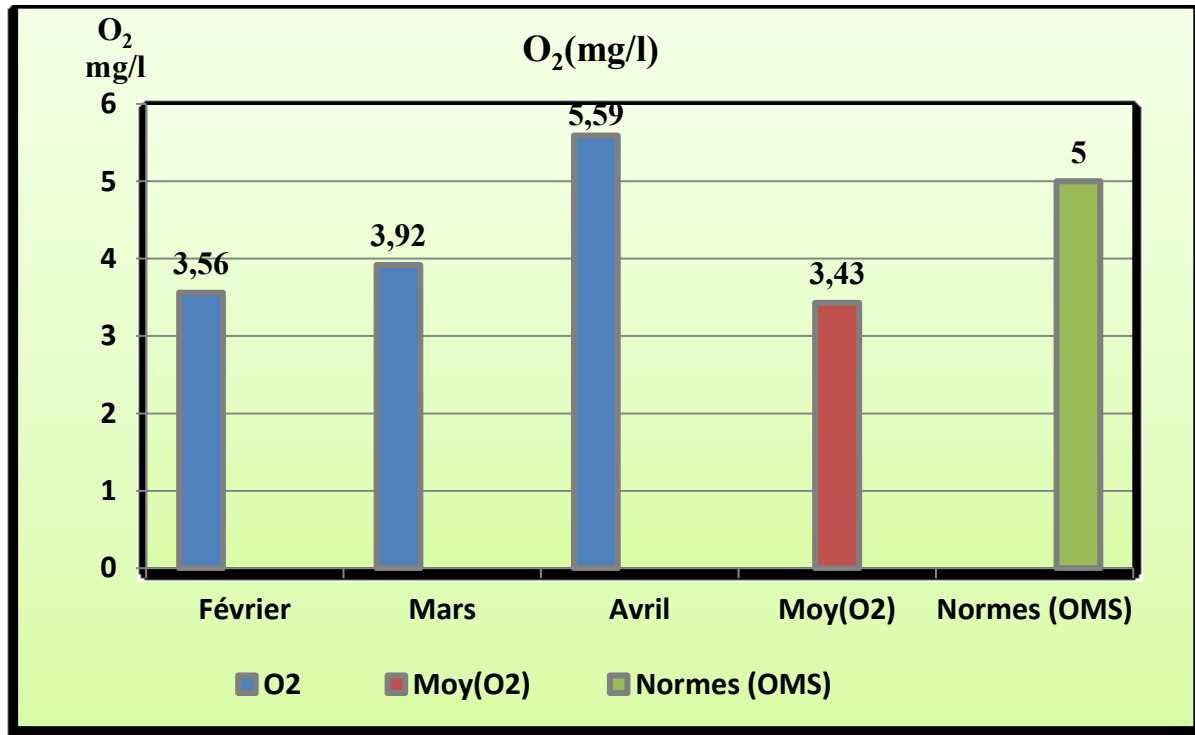


Figure 26: Variation d'O<sub>2</sub> des eaux épurées dans le temps.

### III 2-2- DBO<sub>5</sub>

Ce paramètre évalue indirectement la quantité de matière organique biodégradable. Il constitue le principal critère utilisé dans le contrôle de la contamination des objets recevant une charge organique. S'il est trop élevé, le niveau d'oxygène dissous sera trop faible.

Les résultats obtenus ont montré que cette eau contenait de la DBO<sub>5</sub> avec un minimum de 38 mg/L en février et un maximum de 59 mg/L en mars (Fig. 27), avec une valeur moyenne de 45,33. (Tab.12)

Nous constatons qu'en comparant les résultats obtenus avec les normes, il a dépassé la limite recommandée, C'est à dire que cette valeur est supérieure aux normes de réutilisation des eaux usées épurées (JORA & OMS), et cette différence est liée à la charge en matière organique dégradables, ainsi qu'à sa richesse en microorganismes et à la quantité de matière dissoute oxygène. Par conséquent, un troisième traitement est recommandé pour éviter tout risque.



Tableau 12 : Variation des valeurs de la DBO<sub>5</sub> (mg/l) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (JORA*&OMS**)
DBO <sub>5</sub> (E.E)	38	59	45.33	< 30* & < 10**

E.E : Eau épurée

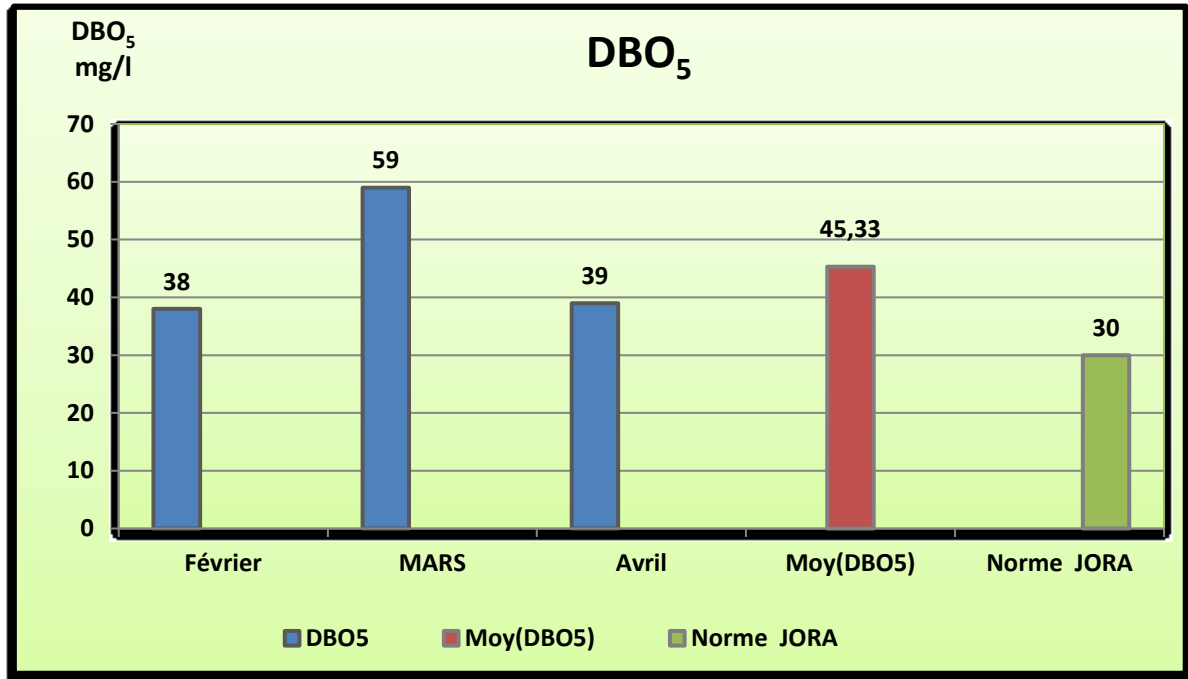


Figure 27: Variation d' DBO<sub>5</sub> des eaux épurées

### III- 2-3- DCO

La demande chimique en oxygène permet une estimation de la concentration en matière organique, sa mesure ne fait pas la différence entre la matière organique biodégradable et non biodégradable (Rodier et al, 2005)

Après les résultats obtenus sur l'eau épurées et après les avoir comparés avec les normes, nous avons trouvé une valeur de 94,10 mg/l en février et cette valeur est fiable selon Normes d'irrigation JORA "90 mg/l", mais elle augmente en mars et avril pour atteindre une valeur maximale de 163 mg/l (Tab.13) Cette augmentation est probablement due à l'augmentation de la matière organique totale par oxydation chimique des particules oxydées encore présentes dans l'eau.

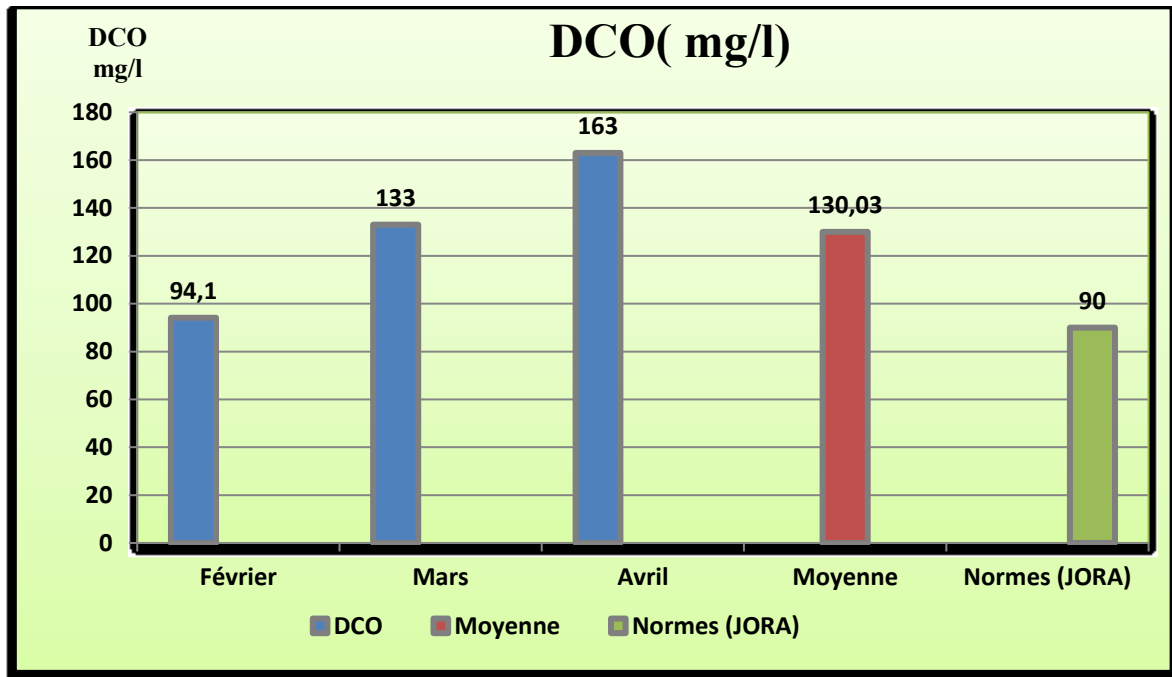
Alors qu'il y a une moyenne d'environ 133,03 .les résultats montrent que les valeurs de ce paramètre sont bien supérieures à celle du Normes d'irrigation JORA.

Cela indique une inefficacité, puisque le traitement n'a pas éliminé la contamination chimique.

**Tableau 13:** Variations des valeurs de DCO (mg/l) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (JORA*)
DCO (E.E)	94.10	163	130.03	90

(E.E) : Eau épurée



**Figure 28:** Variations des DCO dans les eaux usées épurées de la STEP.

**III -2 - 4 - Matière en suspension (MES)**

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.); elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets... etc (Rodier et al, 2005).

Les valeurs de sortie MES varient avec des valeurs fluctuantes puisque nous avons une valeur minimale de 69 mg/L pour février et une valeur maximale de 107mg/L pour mars donnant une valeur moyenne de 83,66 mg/L (Tab. 14). Par rapport aux normes, ils n'ont pas dépassé les valeurs requises (Fig. 29) (Annexes 06).

Ces chiffres sont donc relativement cohérents avec la norme de l'eau d'irrigation (120 mg/l).

**Tableau 14:** Variations des valeurs de la MES (mg/l) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation (JORA*)
MES (E.E)	69	107	83.66	120

(E.E) : Eau épurée

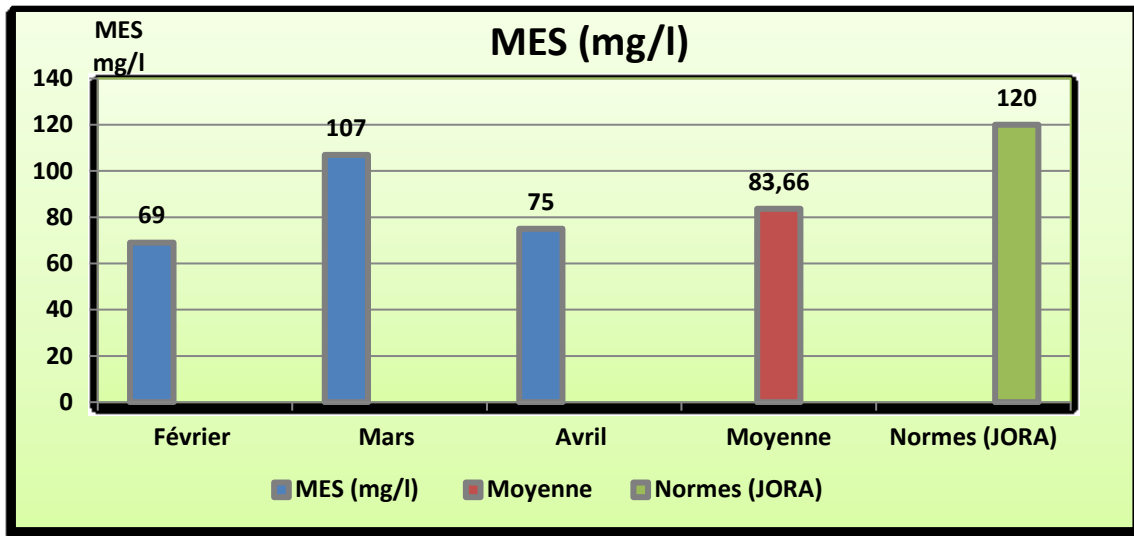


Figure 29: Variations des MES dans les eaux usées épurées de la STEP

III -2- 5- Azote total (NT)

Les résultats obtenus à partir des mesures de la valeur enregistrée de l'eau épurées, où nous avons enregistré la valeur la plus basse pour le mois de février avec une valeur de 15,20 mg/l, puis nous assistons à une augmentation pour atteindre la valeur maximale à partir du 33,52mg/l avril.

Selon les normes, les valeurs enregistrées sont inférieures à la valeur requise (50 mg /l) (Fig. 30). Cette valeur ne répond pas aux critères de rejet selon l'OMS.

Les chiffres suivants montrent une diminution des eaux usées épurées par rapport aux normes, et cette diminution peut s'expliquer par la perte d'une partie de l'azote sous forme d'azote gazeux (N<sub>2</sub>) par le processus de dénitrification en conditions anaérobies.

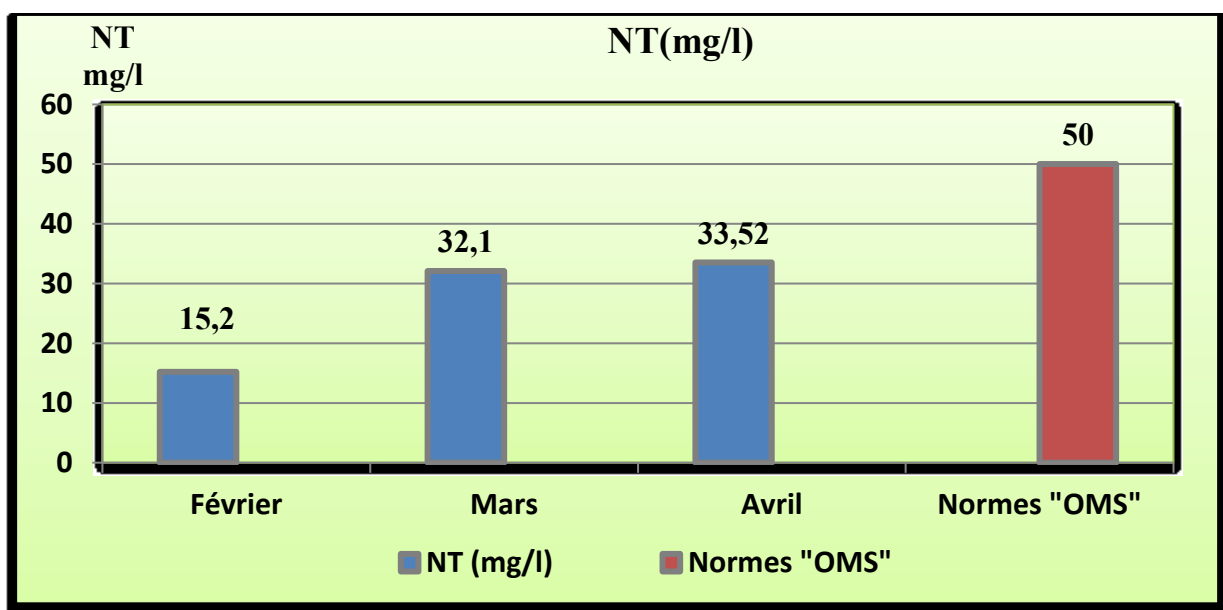


Figure 30: Variation de NT des eaux épurées dans le temps

### III-2- 6- Azote ammoniacal (N-NH<sup>+</sup><sub>4</sub>)

Immédiatement en aval des foyers de pollution. On trouve souvent des teneurs de l'ordre de 0.5 à 3 mg/L tandis que les teneurs en nitrites et en nitrates sont relativement faibles. Plus en aval, les teneurs en azote ammoniacal diminuent et celles des nitrites puis des nitrates augmentent (Rodier, 2005).

Les résultats obtenus ont montré une augmentation de la valeur de L'azote ammoniacal (N-NH<sup>+</sup><sub>4</sub>), atteignant sa valeur maximale en mars 37.10mg/l. Comparé aux normes internationales des eaux d'irrigation selon FAO (NH<sup>+</sup><sub>4</sub><02mg/l) il est très élevé. Avec l'aide des résultats de (Zahouani, 2013), nous voyons que les valeurs sont proches et cela est probable à cause de la transformation continue de la matière organique azotée en azote ammoniacal par un processus d'ammonification, aussi par la transformation de nitrates en ammonium dans des conditions anaérobies (Zahouani, 2013).

Par conséquent, ces valeurs ne correspondent pas aux normes internationales des eaux d'irrigation selon FAO (NH<sup>+</sup><sub>4</sub><02mg/l)

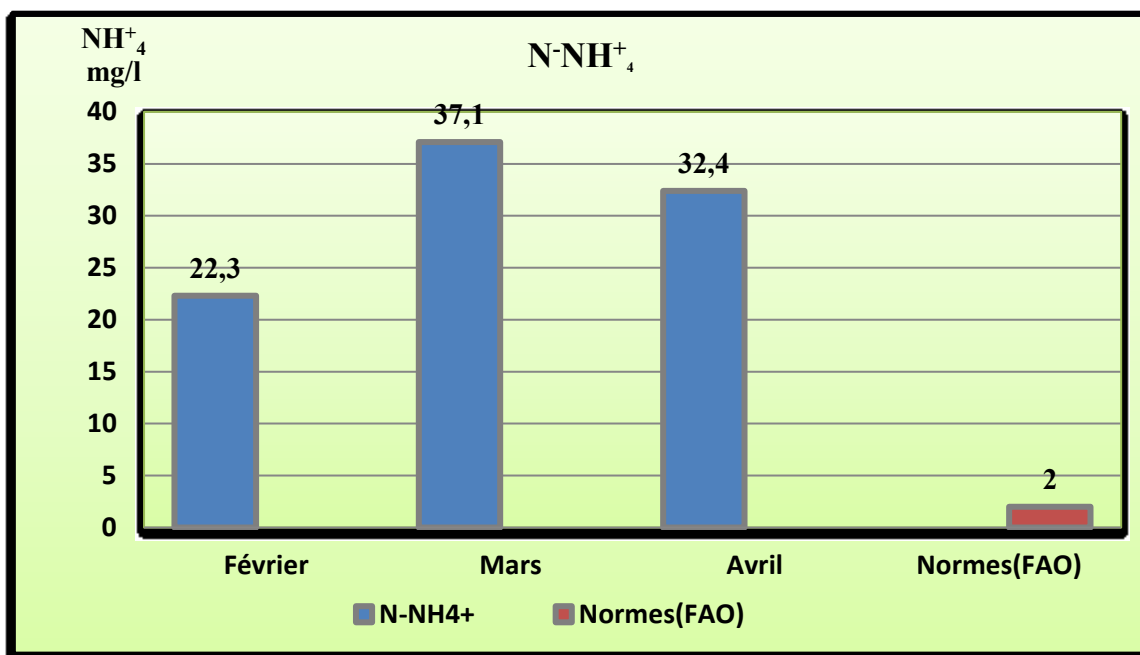


Figure 31: Variation de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux usées épurées

### III-2-7- Nitrites (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Pour l'interprétation des résultats de nitrites, il est nécessaire de tenir en compte les teneurs de nitrates, d'azote ammoniacal et de matière organique. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (Rodier et al, 2005).

Les résultats de l'eau traitée obtenue à partir de nitrite sont très faibles, puisque nous avons enregistré une valeur basse de 0,1mg/l en avril et une valeur maximale de 0,23 mg/l en mars,

En notant le Figure 32 ci-dessous, nous constatons une légère augmentation enregistrée en mars. Cela est dû soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Le nitrite n'est qu'une étape intermédiaire entre l'ammoniac et le nitrate dans le cycle de l'azote, et il est facilement oxydé en nitrate, sa présence dans l'eau est donc rare et en petite quantité. (BenHdid, 2011).

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque où la nitrification n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant à des températures élevées, cette dernière joue un rôle important pour le fonctionnement du système de traitement (Choubart, 2002).

Par rapport aux normes, elle répond aux normes internationales pour l'eau d'irrigation selon OMS ( $\text{NO}_2^- < 01 \text{ mg/L}$ ).

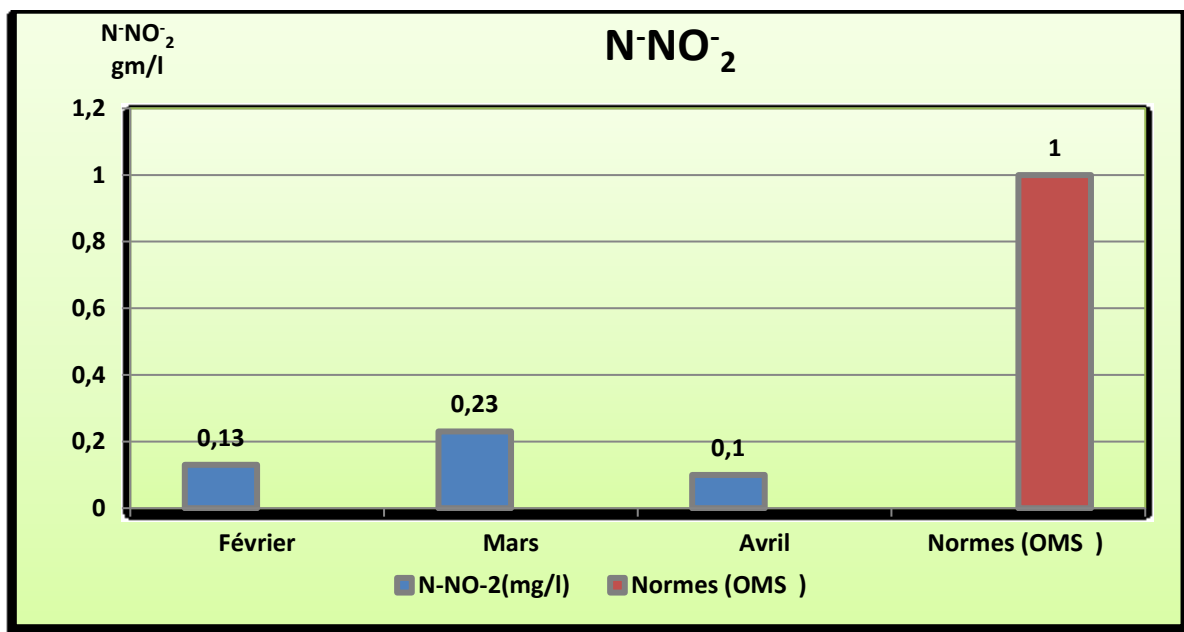


Figure 32: Variation de N- NO<sub>2</sub> des eaux usées épurées

### III-2- 8-Nitrates (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Toutes les formes de l'azote (azote organique, ammoniaque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates, cette réaction appelée nitrification s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau (Ben Hdid, 2011).

A partir des résultats obtenus, nous enregistrons des valeurs oscillent entre (0.35 mg/l en Février - 0.64 mg/l en Mars) pour les eaux épurées. Ces valeurs sont compatibles aux normes internationales des eaux d'irrigation selon OMS ( $\text{NO}_3^- < 50\text{mg/l}$ ).

La figure 33 montrent la variation journalière des concentrations en nitrate au cours de temps.

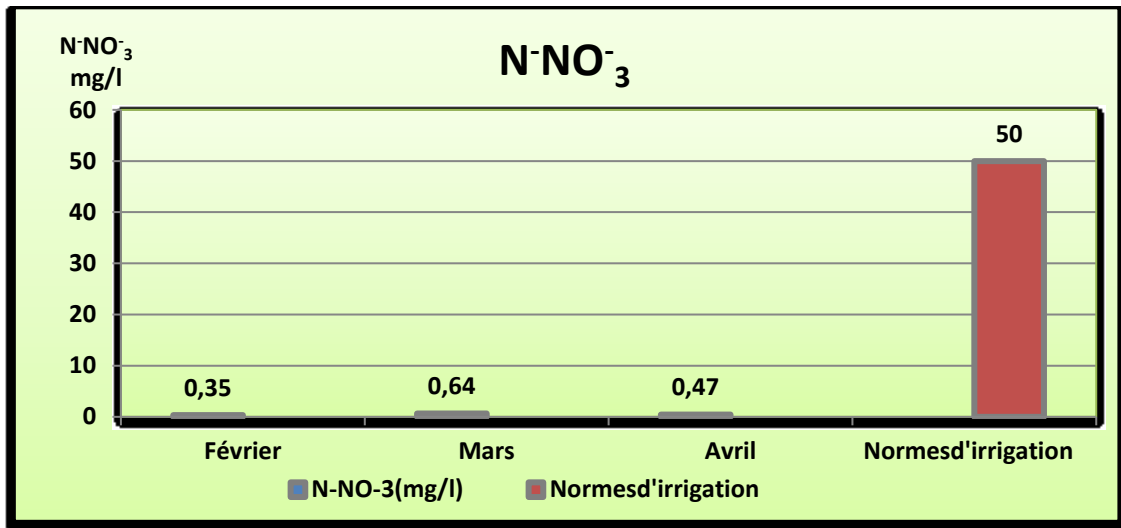


Figure 33: Variation de N-  $\text{NO}_3^-$  des eaux épurées

### III -2-9- Phosphore totale ( $\text{P-PO}_4^-$ )

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique (BenHdid, 2011).

Les résultats ont été enregistrés en mars avec une valeur de (1,13 mg/L), et un mois Février (1,72 mg/L) pour l'eau épurée. Ces niveaux sont bien inférieurs aux seuils fixés par l'Organisation mondiale de la santé (10 mg/L) pour l'eau d'irrigation.

Suite aux chiffres ci-dessous (fig.34), on note une diminution des valeurs de l'eau épurée par rapport aux deux normes.

La diminution de taux de  $\text{P-PO}_4^-$  due à leur assimilation par les algues qui sont développés dans les bassins.

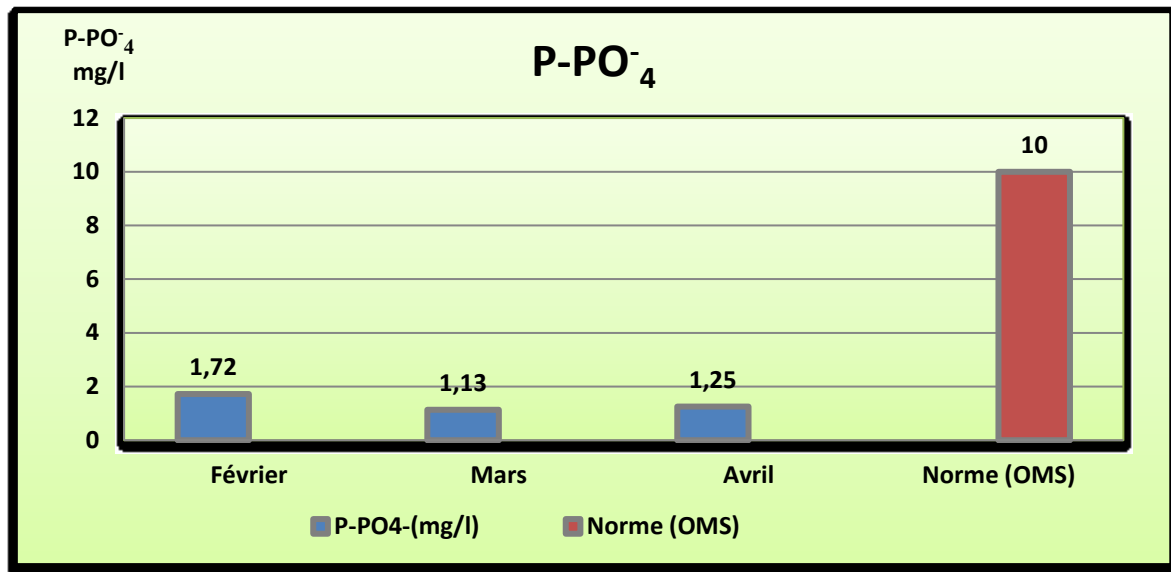


Figure 34 : Variation de P-PO<sub>4</sub> des eaux épurées

III -3- Résultats d'analyses bactériologiques

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux usées épurées à la sortie de la STEP consiste en la recherche et le dénombrement des germes choisis par l’OMS et MFE et JORA (Annexes 05) comme témoins de contamination fécale qui sont les suivants : Les coliformes totaux (CT) ; et les coliformes fécaux (CF) ; Streptocoques fécaux (SF) ; ainsi que Streptocoques totaux(ST) et les Clostridium sulfito-réducteurs.

Le tableau 15 ci-joint représente les résultats de toutes les analyses

Tableau 15: les résultats d'analyses bactériologiques avec les eaux usées épurées (2022)

La date \ Les bactéries	Colif. T (g/10ml)	Colif .F (g/10ml)	Strep.T (g/10ml)	Strep.F (g/10ml)	Clostr (spores)
06-02-2022	1500	00	300	300	06
06-03-2022	160	160	65000	300	13
10-04-2022	300	3000	300	300	12
Normes	<20 000	<50 000	//////////	1000	//////////



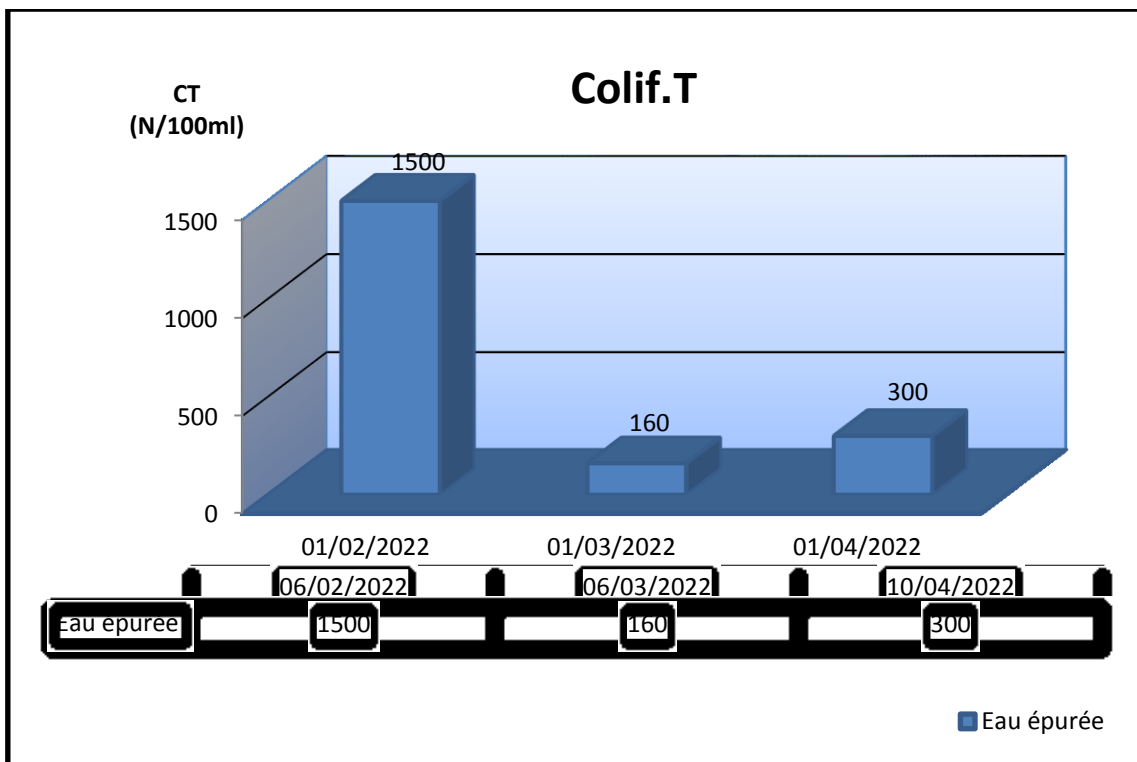
**III-3-1- Clostridium sulfito-réducteurs**

La présence de clostridium sulfito-réducteurs dont le nombre varie de 06 à 13 UFC /100 ml, avec de valeur minummeest 06 spores de la mois d’février et le maxiumumest 13 spores de la mois Mars.

**III-3-2- Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont des bonnes indicatrices de la qualité microbienne des eaux et sont utilisés depuis très longtemps à cause de leurs capacité d’associés indirectement à une pollution d’origine fécale (Archibald, 2000 ; Ceeq, 2000 ; Edberg et al.2000).

Le graphe 35 ci-joint représente les résultats des coliformes totaux :



**Figure 35:** Évolution des coliformes totaux dans les EUE

**Tableau 16:** variation de valeur aux coliformes totaux (N/100ml) de l'eau

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d’irrigation (MFE)
CT (Eau Epurées)	160	1500	653.33	<50 000

**(E.E):** Eau épurée

Selon les résultats obtenus dans la (Fig.35), on observe que les valeurs des CT d’eau traité est Acceptable, varies entre un minimum de 160 germes/100 ml et un maximum de 1500 germes/100 ml, avec une moyenne de 653.33germes/100 ml.

Le nombre de coliformes totaux est conforme pour une réutilisation agricole selon les normes des eaux épurées destinées pour l’irrigation MFE (Ministère Français de l’Environnement) (<50 000 germes/ 100ml).

**III-3-3- Coliformes fécaux**

D’après la (Fig.36), on constate que la concentration en CF des eaux usées épurées est de valeur zéro en Février et mais il augmente pour atteindre un maximum au mois d’avril de valeur 3000 germes/100ml avec une valeur moyenne de 1053.33germes/100ml,

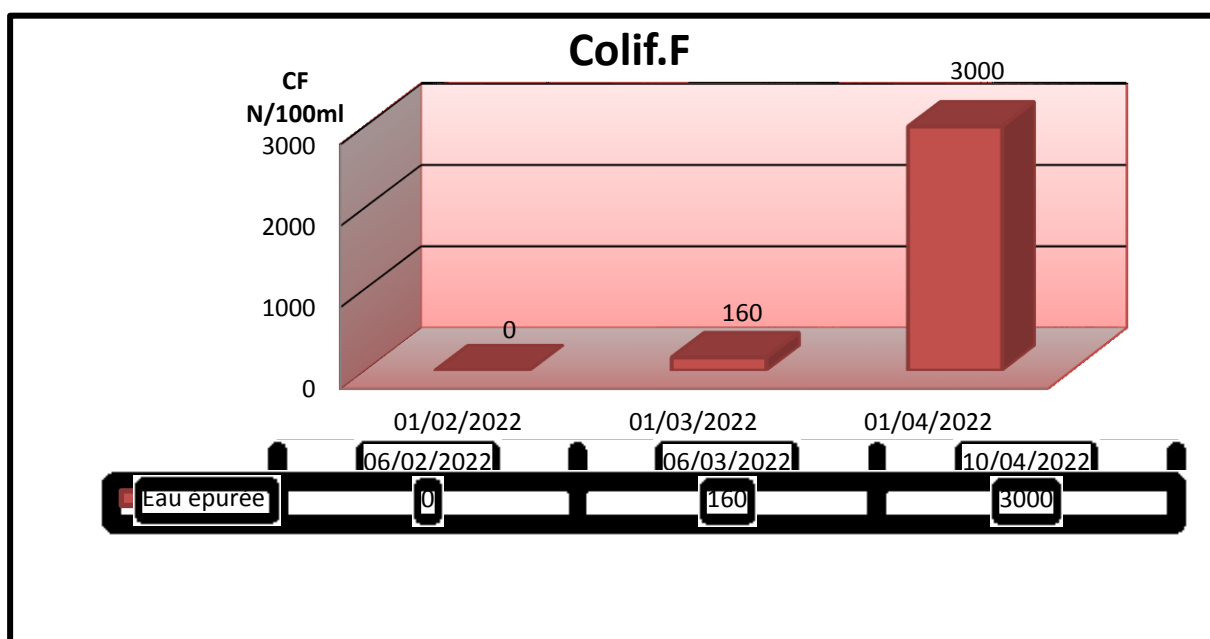
Le mal élimination des coliformes fécaux dans la STEP est dû à plusieurs conditions qui sont plus accentuées en été (Mara, 1980). Par ce que la vitesse d’élimination des bactéries augmenterait avec la température par augmentation de leur activité métabolique (Pearson et al, 1987)

**Tableau 17:** variation des valeurs aux coliformes fécaux (N/100ml) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d’irrigation(MFE)
CF (Eau épurée)	00	30000	10053.33	<20 000

**(E.E): Eau épurée**

On remarque que ces valeurs sont conformes aux normes microbiologiques de rejet des eaux (MFE) (<20 000). Mais reste insuffisant car les valeurs dépassent les normes de JORA autorisée pour une réutilisation agricole(< 1000 germes/100ml) (Annexes 05).



**Figure 36:** Évolution des coliformes fécaux dans EUE

**III-3-4- Streptocoques totaux**

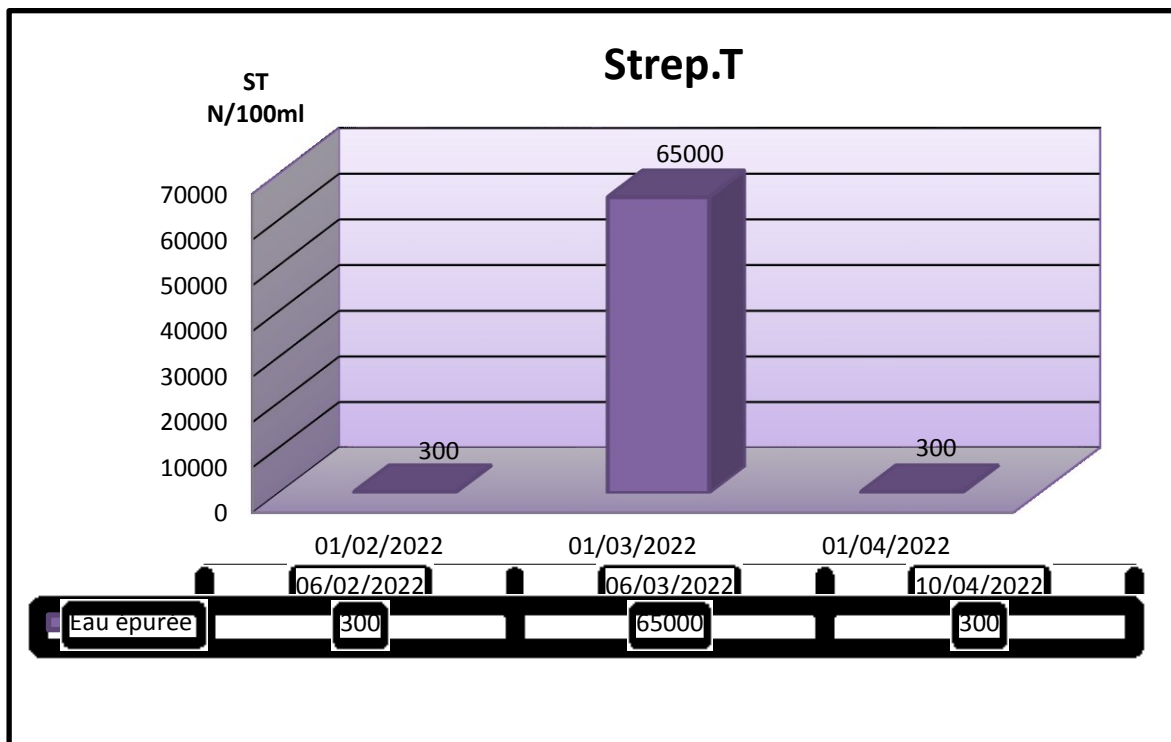
La présence des Streptocoque totaux dont varies entre un valeur minimum de 300 germes/100 ml en moins février, le moin d’avril est un valeur maximum de 65000 germes/100 ml en mars, avec une valeur moyenne de 21866.67 germes /100 ml.

Comme il n'y a pas encore de critères de refus de réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture, cette valeur apparaît très élevée.

**Tableau 18:** variation de valeur aux Streptocoque totaux (N/100ml) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Noemes d'irrigation
Strep. T(Eau épurées )	300	65000	21866.67	///

E.E : Eau épurée



**Figure 37:** Évolution des Streptocoque totaux dans le temps

**III-3-5- Streptocoques fécaux**

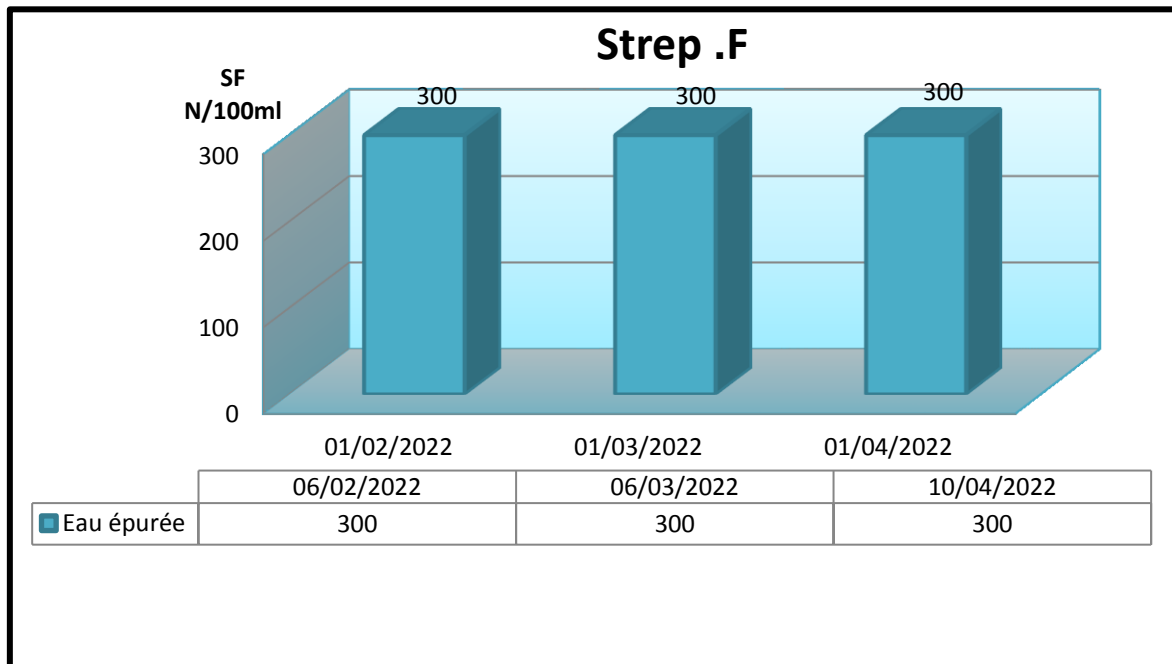
Selon la figure qui montre que nous avons des valeurs égales sur la période d'étude, nous avons enregistré une valeur de 300 germes /100 ml et comparé aux critères de rejet norme ( OMS 1989 ) qui nécessitent <10 000 germes /100 ml .

Ces valeurs sont cohérentes avec les critères de rejet.

**Tableau 19 :** Variation des valeurs aux Streptocoque fécaux (N/100ml) de l'eau épurée.

Valeur	Min	Max	Moy	Normes d'irrigation
Strep . F (Eau épurée)	300	300	300	1000

E.E : Eau épurée



**Figure 38:** Évolution des Streptocoque fécaux dans EUE

La présence de clostridium sulfito-réducteurs dont le nombre varie de 06 à 13 UFC /100 ml, avec des valeurs conforment à la norme AFNOR NFU requise est d'une valeur 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> UFC /100 ml.

Ainsi, la station d'épuration de produit selon les normes bactériologiques, mais seuls les groupes de cultures suivants peuvent être irrigués : légumes consommés uniquement cuits, légumes destinés à la conserve ou non épurées, ou arbres d'ornement.

**VI- 4 - Evaluation des résultats obtenue de la STEP d' EL-ATEFFE**

La qualité de l'eau est évaluée par la qualité physico-chimique et la qualité bactériologique. Elle est calculée à l'aide du système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQE au, 2003), et a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

La définition des classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation est la suivante :

**Classe I :** Eau de très bonne qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes très sensibles ou de tous les sols. Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.

**Classe II:** Eau de bonne qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes sensibles ou de tous les sols. Représentée en vert.

**Classe III :** Eau de mauvaise qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes tolérantes ou des sols alcalins ou neutres. Elle est représentée en jaune.

**Classe IV :** Polluée, Eau permettant l'irrigation des plantes très tolérantes ou des sols alcalins ou neutres. Ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique, elle est représentée en orange.

**Classe V:** Pollution excessive, Eau inapte à l'irrigation. Elle est représentée en rouge.

Les valeurs moyennes obtenues durant cette étude sont réparties en cinq niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) et ont permis de classer les eaux épurées de la STEP d'EL-ATEFFE(**Annexes 06**).

**Tableau 20:** Grille de classification des eaux épurées de la STEP EL-ATEFFE

Paramètres	très bonne	bonne	passable	mauvaise	très mauvaise
Température	<20 (16,67)	20-25	25-27	27-30	>30
PH	6.5-8.5 (7,26)	8-8,5	8,5-9	9-9,5	>9,5
MES	<25	25-26	26-28	28-30	>30 (83,66)
DBO <sub>5</sub>	<3	3-6	6 – 15	15 - 30	>30 (45,33)
DCO	<6	6 - 15	15 - 25	25-40	40-90 (130,03)
Conductivité électrique	<160	160-500	500-1500	1500-3600	>3000 (303000)
Ammonium (NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> )	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	>2 (30,60)
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	<0,03	0.03-0.3 (0,15)	0,3-0,5	0,5-1	>1

Nitrates (NO <sub>3</sub> )	2 (0,49)	2-10	10-25	25-30	30-50
Phosphates total	0,05	0,05-0.1	0,1-0,5	0,5-0,94	>0,94 (1,37)
Coliformes totaux (germe/100ml)	< 50	50 - 500	500 – 5000 (653, 33)	5000 - 50 000	> 50 000
Coliformes fécaux (germe/100ml)	< 20	20-200	200-600	600 - 1000	>1000 (1053, 33)
Streptocoques fécaux (germe/100ml)	<20	20-200	200-600 (300)	600-1000	>1000

D’après cette classification, on remarque que les analyses physico-chimiques des eaux épurées révèlent une conformité de la majorité des paramètres physico-chimiques aux normes de réutilisation en irrigation (Température, PH, Nitrates (NO<sub>3</sub>), nitrites (NO<sub>2</sub>)), sont représentés par la classe I de l’eau de bonne qualité, sauf pour la (conductivité électrique et la DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, phosphate total, Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)) qui ont donnés des résultats d’une eau de qualité très mauvaise. Concernant les paramètres bactériologiques nous avons enregistré des valeurs pour les Coliformes totaux et Streptocoques fécaux sont regroupés dans la Classe III de l’eau de qualité passable et Coliformes fécaux est très élevées regroupés dans la Classe V de l’eau de qualité très mauvaise. D’une manière générale, on peut dire que l’eau épurée issue de la station d’épuration de STEP EL-ATEFFE est d’une très mauvaise qualité inapte à l’irrigation.

### III – 5 -Valorisation des eaux usées épurées de la STEP de Ghardaïa

En parallèle de notre travail expérimental, une enquête a été faite sur la réutilisation de ces eaux dans notre région d’étude auprès les institutions concernées tels : la DSA, l’ONA, la DRE et la direction de l’environnement. D’après eux, la wilaya de Ghardaïa à été désigné comme une station pilote dans le projet national de la valorisation des eaux non conventionnelles à des fins agricoles, dont ce projet est reporté pour l’année 2023(Annexes 09).

En revanche, la STEP a essayé de valoriser ces eaux à petite échelle par l'irrigation de différentes espèces végétales (essences forestières et arbres fruitiers) (figure de 41 à 49) depuis cinq ans. A part l'initiative de la STEP, Il y a pas d'autres qui valorisent cette ressource pour l'irrigation surtout les agriculteurs.



**Figure 39:** Rejet des eaux usées épurées dans le lit de oued M'Zab (STEP, 2022)

Une autre réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministeriel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée, (Annexes 06)

Mais la STEP a attribué un petit espace pour découvrir la concession d'irrigation dans cette eau, qui sont des plantes





Figure 40: *Casuarina*



Figure 41: *Eucalyptus globulus*



Figure 42: *Dodonaea viscosa*



Figure 43: *Elytrigia repens* et *Amaranthus retroflexus*





Figure 44: *Washingtonia robusta*



Figure 45 : *Nerium Nerium oleander*  
*Apocynaceae*



Figure 46: *Olivier*



Figure 47: *Leucaena leucocephala*



Figure 48: *Ficus retusa*

## Conclusion

La station d'épuration de la ville de Ghardaïa dont le traitement se fait par lagunage naturel, à fait l'objet d'une étude, au cours de laquelle, les paramètres physicochimique et

Bactériologique ont été étudiées. Les teneurs moyennes des quelques paramètres analysés répondent aux normes requises, c'est le cas des paramètres suivants : T (°C), pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NT et les paramètres bactériologiques (coliformes totaux et coliformes fécaux) ; donc l'eau épurée peut être classée comme une eau de qualité médiocre de la classe 3 (d'après le MFE)(**Annexes 08**) qui est juste apte à l'irrigation, de ce fait le but de notre étude est réalisé sur le plan qualité de l'eau.



**CONCLUSION  
GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

---

Au terme de cette étude, nous constatons que les eaux usées représentent une ressource d'eau renouvelable qu'il faudra exploiter dans l'agriculture, l'industrie et dans d'autres usages municipaux, donc, constituer sans doute, demain, l'une des solutions incontournables pour notre pays qui souffre énormément du déficit hydrique.

Cette réutilisation ne représente pas seulement une option économique compétitive, mais aussi de nombreux avantages sociaux et environnementaux. Ainsi cette valorisation doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau en élaborant une stratégie nationale de la valorisation des eaux usées.

Les résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent ( $DBO_5=45,33$ ) ( $MES=83,66$ ) ( $CT=653,33$ ) ( $CF=10053,33$ ) que les eaux usées de la station d'épuration de Ghardaïa dont le traitement se fait par lagunage naturel sont des eaux usées épurées d'une qualité médiocre nécessitent un traitement tertiaire pour l'utilisation dans le domaine agricole (l'irrigation) sans aucun risque, un stockage dans des bassins est nécessaire pour mieux affiner ces eaux.

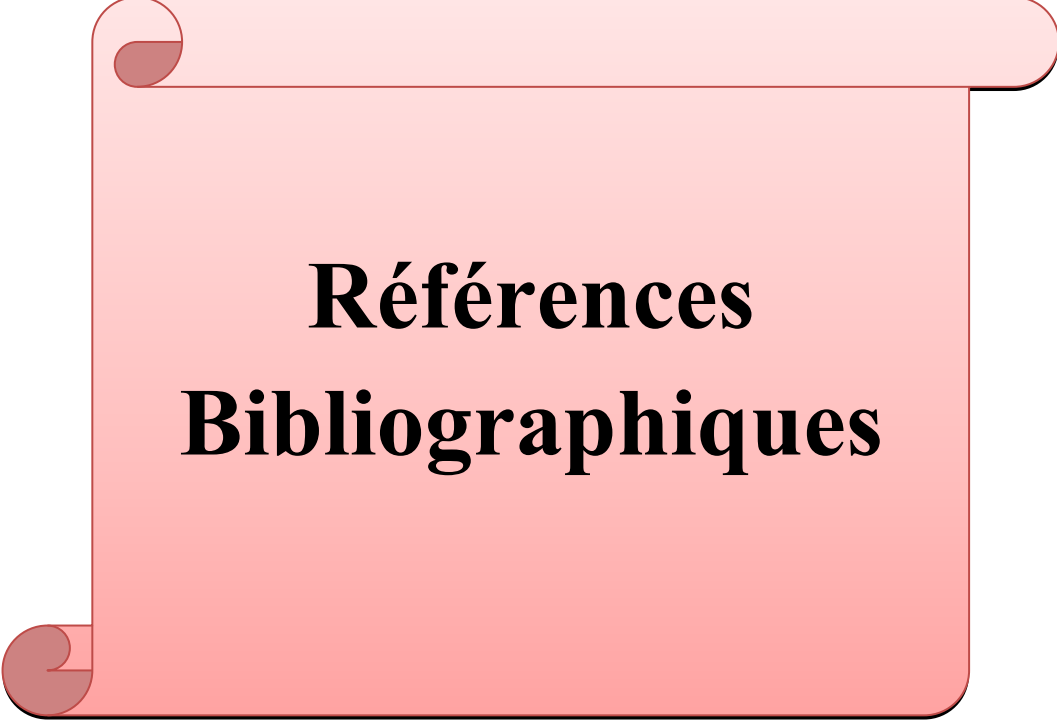
L'enquête effectuée nous a permis de constater qu'il existe réellement des possibilités d'utilisation de l'eau épurée par la STEP de Ghardaïa, sans risque, dans le secteur agricole en améliorant par des traitements complémentaires.

Il faut noter que cette utilisation doit être rendue optimale et pour qu'il en soit ainsi, les conditions suivantes doivent être remplies :

- ❖ il faut adapter les systèmes d'irrigation à la qualité de l'eau employée ;
- ❖ il faut optimiser l'apport d'eau et ajuster la fertilisation aux besoins des cultures.

On a proposé les eaux épurées pour irriguer de la vallée du M'Zab parce qu'elles représentent la culture principale dans cette zone d'étude, d'autre côté la palmeraie est caractérisée par une grande résistance aux eaux de mauvaise qualité. Ainsi on peut utiliser ces eaux pour irriguer les cultures d'agrumes en intercalaire et oliviers comme des brises vents.

On a proposé aussi que l'irrigation se fait par le système goutte à goutte parce que ce système d'irrigation a beaucoup d'avantages surtout dans le côté d'économie d'eau.



**Références  
Bibliographiques**



## Références Bibliographiques

---

- 1- **Abu-Zeid, K. M. (1998)**. Recent trends and developments : reuse of wastewater in agriculture. *Environmental Management and Health*, 9(2), 79-89.
- 2- **ADEME, (2003)**, Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture "organisation et fonctionnement d'une station d'épuration", Dossier: Assainissement et origines des boues, épandage agricole intérêt agronomique des boues d'épuration, épandage agricole des boues d'épuration et santé publique, Législation, Enjeux de l'épandage agricole, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie Comité National des Boues, Paris, France.
- 3- **Adjeroud .Kh, 2016**, Etude physico-chimique et organique des eaux usées de la ville d'Ain Beida, et leur impact sur l'irrigation, Mémoire de fin d'étude, Université Larbi Ben M'hidi-OUM EL BOUAGHI .p9.  
Allemagne, 77p
- 4- **Amine, S. (2008)**. Algérie : sur les 300 stations d'épuration, seules 36 sont fonctionnelles. *Mon journal (DZ)*, Algérie, 2p. <http://archives.tsaalgerie.com/divers>.
- 5- **ANRH, 2010**. Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du continental intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, rapport de l'Agence nationale des ressources hydrauliques, Ouargla, 9p.
- 6- **Archibald F,(2000)**. The presence of coliformbacteria in Canadian pulp and papermill water systems - a cause for concern ? *Water QualityResearch Journal. Canada*, 35(1), 1-22
- 7- **ASANO T,(1998)**, *Wastewater Reclamation and Reuse*, Water Quality Management Library Volume 10, Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA, 1475p.
- 8- **Badia,Gondard, F. 2003**. L'assainissement des eaux usées. Edition techni.cités, 115p
- 9- **Baoui A., Habbaz D., (2006)**. La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux
- 10- **Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Fraconi A. (2005)**, Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de la santé Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 222p.
- 11- **Becis O. et Belouadiane M. 2005**. Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration biologique par boue activée, Haoud Berkaoui-Ouargla. Mém. D.E.S. Microbiologie.Univ d' Ouargla. 3p.
- 12- **Belhadj N et Benchik H ,2020**, Les ferrates : méthode de synthèse et application dans les traitements des eaux usées , Mémoire de Master ,Université de BLIDA1.P 7
- 13- **Benhedid H et Harroz N ,2011** , Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage(Ouargla) ,Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Ecologie

## Références Bibliographiques

---

et Environnement . Univ Ouargla, p9. p51.p52.

- 14- **Bliefert C. et Perraud R., 2003.** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets.
- 15- **Bliefert, C., Perraud, R. (2001).** Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. Edition : De Boeck Supérieur. Bruxelles. 477
- 16- **Bouchaalal Laid,(2017)** Ressources Hydriques: Traitement Et Reutilisation Des Eaux Usées En Algérie Water Resources Treatment And Reuse Of Wastewater In Algeria Article · May 2017
- 17- **Boukhatala Y . et Iddou K. 2010.** Etude de rendement épuratoire de la nouvelle station d'épuration par lagunage de la ville d'Ouargla. Mém.Ing. Hydraulique. hydraulique urbaine. Univ de Ouargla. 27p.
- 18- **Bouzaoui Y , 2020,** Réutilisation des Eaux Usées Epurées en Algérie , Mémoire de Master , l'Université de Guelma ,p21.p 43 p 44 .p 52 .
- 19- **Bouziani M. 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun Oran. 117p
- 20- **Campos C., (2008),** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. Revue Desalination vol. 218, N°1-3, Publisher Elsevier, Amsterdam, PAYS-BAS, pp. 34-42.
- 21- **CEAEQ : Centre D'expertise En Analyse Environnementale De Quebec. (2000).** Recherche et dénombrement des entérocoques ; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale Québec, Gouvernement du Québec.25.
- 22- **Charabi M , 2016** Possibilités de réutilisation des eaux épurées et valorisation des boues de la station d'épuration de BOUMERDES W.BOUMERDES MEMOIRE DE MASTER Univ de BOUMERDES W.BOUMERDES
- 23- **Chocat, B. (1997) :** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed. Techniques et documentations, Paris, p1124
- 24- **DAJOZ R, 1985.** Précis d'écologie. Éd. Dunod, Paris. 505 p.  
d'Argile, 1992, pp 213-215
- 25- **Degremont, 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 2.Ed10ème. 788p.  
des sols ; étude de cas a Pikine (Dakar-Sénégal). Éditions universitaires européennes,
- 26- **Djemil, W., Hannouche, M., & Belksier, M. S. (2018).** Reuse of treated wastewater in agricultur : physicochemical quality and environmental risks. Case of wastewater treatment plant of Baraki and Beni Messous. Algeria. In AIP Conference Proceedings, AIP Publishing LLC, 020011(1) ,1968.  
doctorat, Université Mouloud Mammri, Tizi Ouzou, 148p.

## Références Bibliographiques

---

- 27- Douadi I et Benabdelrahmane Y, 2021**, Situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée du M'Zab -wilaya de Ghardaïa, Mémoire de MASTER ACADEMIQUE. Université de Ghardaïa, p17 .p24.p28 .p29 .p58. p25.p22.
- 28- DPAT, 2012**. Annuaire statistique 2011 ; volume 1, rapport annuel, 91p.ec & Doc., 1124 p Doctorat, Université Mouloud Mammri, Tizi Ouzou, 148p.
- 29- DSA, 2012**. Atlas agriculture, Rapport annuel, Ghardaïa, 14p.  
eaux usées urbaines par lagunage de la ville de Ouargla. Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème Eco et Env. Ecos. Steppique et saharien. Univ. d'Ouargla. 118p.
- 30- Edberg, S. C. L., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000)**. Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied microbiology, 88(1), 106-116.  
Edition de boeck.324p.
- 31- Faby J A. et Brissaud F,1997**. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.
- 32- Faby J.A et Brissaud F. (1998)**, L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 18p.
- 33- Faby J.A et Brissaud F, (1997)**, L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76p.
- 34- FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sûre), (2013)**, Traitement des eaux usées, 11p.  
<http://www.safewater.org/PDFS/resourcesknowthefacts/traitement+eaux+usees.pdf>
- 35- Frank R. 2002**. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p.
- 36- Gaid A, 1993**. Traitement des eaux usées urbaines. Doc, C 5 220, 30p.
- 37- Journal Officiel De La Republique Algerienne, 2012**. ANNEXE, spécifications des eaux
- 38- Khadraoui A, Taleb S, 2008**. Qualité des eaux dans le Sud algérien. Potabilité – Pollution et impact sur le milieu. Edition Khyam : Constantine, 367p.
- 39- Khattabi H., 2002**. Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydro biologiques Pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France). Thèse de doctorat, 173p.
- 40- L abadi K, et Moukar M,2010**. Etude des performances de la station de traitement des
- 41- Ladjel, F. et Bouchefer, S. (2004)**, Exploitation, d'une station d'épuration a boues activées
- 42- Ladjel.F (2006)** . Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02.Centre de formation et métier de l'assainissement . CFMA-Boumerdes .80p



## Références Bibliographiques

---

- 43- Larab S, 2019**, La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture à partir de la station d'épuration (Ain Bouchakif) de la wilaya de Tiaret, Mémoire de Master, Université Mohamed khider – Biskra .p13.p25.p33.p36.
- 44- Mara D. D, (1980)**. Sewage treatment in hot climates. New York : John Wiley ; 168.
- 45- Mehaiguen, M., Touhari, F.,&Rahmouni, A. (2010)**. Direction de l'hydraulique wilaya d'Ain Defla, Etude du système d'épuration des eaux usées des villes de Khemis Miliana et Miliana, wilaya d'Ain Defla.
- 46- Mekhalif F, 2009**, REUTILISATION DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES EPUREES COMME EAU D'APPOINT DANS UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT, Mémoire de Magister, l'Université du 20 Août 1955 SKIKDA. p7 .p9 .p37.
- 47- Metahri M. S., 2012**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux
- 48- Moulin S., Rozen-Rechels D., STANKOVIC M., (2013)**, Traitement des eaux usées, Atelier de l'eau qualité vs quantité 1er semestre 2012/2013, CERES-ERTI, Paris, 12p.
- 49- MRE, 2007**. Étude réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4 : Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E. Office International de l'Eau. Etude financée par le Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau. FNDAE. 8p.
- 50- Ndiaye Mamadou Lamine, 2010**. Impact des eaux usées sur la chimie et la microbiologie Niveau II. Theme. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement),Boumerdes. 90p.
- 51- OMS, Etude parasitologie médicale. (2005)** technique de base pour le laboratoire.
- 52- OMS. (1989)**, L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visées sanitaires. Genève, Série de rapports techniques n° 778. 81p.
- 53- ONA, (2013)**.Office Nationale de l'Assainissement (documents de la STEP).
- 54- ONA, (2019)**.Office Nationale de l'Assainissement .
- 55- ONA, (2021)**. Office Nationale de l'Assainissement(les résultats des paramètres physico-chimiques). Opérationnelles et recommandations pour l'action, Février 2011
- 56- Ouali M, 2001**.Cours de procédés unitaires biologiques et traitements des eaux, Office des Publications Unitaires, Alger.52p.
- 57- Ouali A, 1999**.Précis d'assainissement urbaine.9p
- 58- Pearson, H.W., Mara, D.D., Milis., S.W., &Smallman, D.J. (1987)**. Physico-chemical parametres influencing fecal bacteria sur vival in wast stabilization pond, wat. Sci. Tech., 18(10), 37-46.
- 59- Richard C, (1996)**. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Scientifiques et médicale Elsevier. Paris.

## Références Bibliographiques

---

- 60- RNDE, (2003)**, Réseau National des Données sur l'Eau, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Institut Français de l'Environnement (IFEN), Office International de l'eau (OIE), Agences de l'eau, version 3, 56 p.
- 61- Rodier J, C, Broutin J. P., Chambon P., Champsaur, H. E T Rodi, L., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition. Dunod, Paris. 1383p
- 62- Rodier J.** "analyse de l'eau". Edition Doin. 1996.
- 63- Salem A, (1990)**, Rapport national de l'Algérie ,stratégie de la gestion des eaux dans le bassin méditerranéen, bureau d'étude d'irrigation et de services BEIS Alger,P11-147.
- 64- Salghi R., 2004.** Différents filières de traitement des eaux. Université IBN ZOHR, École nationale des sciences appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22p.
- 65- Seq Eau, (2003).** Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Grille d'évaluation SEQ-EAU version 2. MEDD & agence de l'eau. 40.
- steppique et saharienn. Univ de Ouargla. 29p.
- 66- Tardat- Henry. M,** Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon
- 67- Tfyeche. L, (2014)**Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Ouargla au cours de leur traitement.Univ d'Ouargla.p
- 68- Thomas, O. (1995).** Métrologie des eaux résiduaires. Ed. Cebedoc. Tec. et Doc. Lavoisier, 192 p.
- 69- TOZE, S., (1999)**, PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Wat Res. Vol 33, N°17, Ed Elsevier Science Ltd, Great Britain, pp 3545–3556.
- usées de la ville d'OUARGLA ET caractérisation des eaux de Chott de Ain baida. Mém. Ing. usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.
- Usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.
- usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de
- 70- Zahouani B, 2013,** Gestion des eaux usées épurées en zone aride : cas de la STEP d'EL Atteuf (Ghardaïa), Mémoire de d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach – Alger .p26 .p46.p47. p59.

### Références électroniques

- 71- Anonyme1,** [https://d-maps.com/carte.php?num\\_car=185646&lang=ar](https://d-maps.com/carte.php?num_car=185646&lang=ar) Consulté le (02/062022)
- 72- Anonyme2,** <https://www.okbob.net/article-sites-de -préfectures-en -algerie-69286328.html> Consulté le (02/062022)



# **Annexes**

## Annexes

---

### Annexe (01): Mode opératoire des analyses physico-chimiques

#### 1- Matière en suspension (MES)

##### ✓ Appareillage

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

##### ✓ a -préparation des filtres par l'eau distillée

- Laver le filtre par l'eau distillée-
- Mettre le filtre dans l'étuve à 105c° pendant 02 heures
- Laisser refroidir dans le dessiccateur
- Peser

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

##### ✓ Appareillage

- Conductimètre de poche cond 340i
- Pissette eau déminéralisée
- Solution KCl (03 mol/l) pour calibrage

##### ✓ Procédure

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser
- Lire la conductivité électrique (CE) et la salinité et la température dès stabilisé de celle-ci
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée

#### 3-Détermination de pH

##### ✓ Appareillage

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

##### ✓ Procédure

- Vérifier le calibrage de l'appareillage suivant le procédure ci jointe
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser
- Lire le pH à température stable
- Bien rincer l'électrode après usage et conserver l'électrode toujours dans une solution électrolyte

#### 4 -Détermination de l'oxygène dissous

##### ✓ Matériel nécessaire

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

#### 5 -Demande chimique en oxygène DCO

Pour la mesure de DCO, NT, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>3</sub>, on a utilisé des réactifs de LCK suivante

#### 6- Dilution d'échantillon

Les réactifs qui nous utilisons dans nos analyses physico-chimiques chaque un est utile par une concentration de chlorure déterminée, et puisque notre eau usée a une concentration de chlorure supérieur à celle déterminée; on fait la dilution de l'échantillon.

#### 7-Demande biologique en oxygène DBO5

## Annexes

---

### ✓ **Appareillage**

- Réfrigérateur conservant une température de 20c°
- Un agitateur magnétique
- Bouteilles brunes de 510ml
- OXITOP
- Pastilles hydroxyde de sodium (pour absorber le co2 dégager par les microorganismes)

### ✓ **Procédure**

**8 -Détermination de la DCO** est primordiale pour connaitre les volumes à analyser pour le DBO<sub>5</sub>

Volume de la prise d'essai:(DBO<sub>5</sub>)=DCO (mg/l) × 0.80 pour les eaux urbaines

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

### **9- Détermination d'Azote total "NT"**

#### ✓ **Principe**

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitration. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acides sulfonique et phosphorique avec du diméthylphénol-2.6 en format du nitrophénol.

#### ✓ **Procédure**

Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réaction sèche:-

1.3ml d'échantillon, 1.3ml de solution A (LCK 138A), 1 tablette B (LCK.138/238/338 B) Fermer immédiatement. Ne pas mélanger Chauffer directement pendant 60 minutes à 100c°-

-Refroidir et ajouter 1 Micro Cap C (LCK.138/238/338 C)

Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du Micro Cap C et qu'il n'yait aucune particule restante

- Pipeter lentement dans le test en cuve: 0.5ml d'échantillon désagrégé -

- Pipeter lentement 0.2ml de solution D (LCK.138/238/338D). Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.

- Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

### **10- Dosage d'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

#### ✓ **Principe NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyser et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol

#### ✓ **Procédure**

Est la feuille de protection du dos cap zip détachable

-Pipeter 0.2 ml d'échantillon

-Secouer énergiquement bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer

-Chauffer pendant 15 min à T° = 100 C°

-Laisser refroidir à T° ambiante

#### ✓ **Procédure**

-Pipeter lentement 0.2ml d'échantillon

-Pipeter lentement 1.0 ml de la solution a(LCK310A)

-Mélanger le contenu

-Chauffer pendant 15 à T°100

-Bien nettoyer la cuve et mesurer

### **11-Phosphore totale P-PO<sub>4</sub>**

## Annexes

---

Les ions principe phosphate réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore de molybdène

### ✓ **Procédure**

-Pipeter 0.5 ml d'échantillon.

-Secouer énergiquement-

Chauffer 60 min à T° 100 C°

-Pipeter dans la cuve une fois refroidie : 0.2ml de réactif B (LCK348/349/350 B )

-Visser un dos cap C ( LCK 348/349/350 C ) gris sur la cuve

-Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite

-Attendre 10 minutes et mélanger de nouveau mesurer

### **12 -Détermination de nitrite N-NO<sub>2</sub>**

#### ✓ **Principe**

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.

#### ✓ **Procédure**

-Pipeter 0.2ml d'échantillon en tube de réactif NO<sub>2</sub>

-Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat

-Chauffer le tube pendant 10 minutes à 100c°

-Laisser refroidir à température ambiante

-Mesurer directement la concentration de NO<sub>2</sub> par le spectrophotomètre

### **12-Nitrates N-NO<sub>3</sub>**

#### ✓ **Principe**

Une situation d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6- diméthylphénol pour donner du 04-nitro 2.6-diméthylphénol

## Annexes

---

### **Annexe 02 : Mode opératoire des analyses bactériologiques**

#### **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 sont ensemencés 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 tube de 10ml de bouillon BCPL à simple concentration(S/C) avec 1ml 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

## Annexes

---

✓ 3 tube de 10ml de bouillon Rothe, à simple concentration(S/C) avec 1ml 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 semés 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:  $SO_4 + 4H^+ + 6e \rightarrow S^{-2} + 3H_2O$



## Annexes

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

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		

### 5-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 déduit la concentration des bactéries : (bactéries)=n/valeur de la dilution correspondante au dernier chiffre

## Annexes

---

Tableau N°02: Exemple sur le calcul de l’NPP

La dilution	Concentration des bactéries(ml)	Les résultats	Le nombre caractéristique
10	1	+++	3
10 <sup>-1</sup>	0.1	+++	3
10 <sup>-2</sup>	0.01	++-	2
10 <sup>-3</sup>	0.001	+--	1
10 <sup>-4</sup>	0.0001	---	0

-le nombre caractéristique est : 321

-la valeur de « n » dans la table de mac grady qui correspond au »321 «est 15

-la valeur de la dilution correspondant au dernier chiffre est : 10<sup>3</sup>

On calcule donc la concentration des bactéries :

**(Bactéries)=15/10<sup>-3</sup>=150bacteries /ml.**

## Annexes

Annexes 03 : Données de bases de la STEP (STEP Ghardaïa, 2013).

**Tableau 06:** Données de bases de la STEP (STEP Ghardaïa, 2013).

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

## Annexes

### Annexes 04: Concentration maximales admissibles dans chaque classe de qualité

Paramètres	1-A	1-B	2	3
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C)	$\leq 400$	400 - 750	750 - 1500	1500 - 3000
Température (°C)	$\leq 20$	20 - 22	22 - 25	25 - 30
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,05	6 - 9	5,5 - 9,5
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	$\leq 3$	03 - 05	05 - 10	10 - 25
DCO (mg/l)	$\leq 20$	20 - 50	25 - 40	40 - 80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-		< 44	44 - 100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	$\leq 0,1$	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8
Coliformes (N/100 ml)	$\leq 50$	50 - 5000	5000 - 50000	
E. Coli (N/100 ml)	$\leq 20$	20 - 20 000	2000 - 20000	

Source : MFE (1983), in Messaoud Nacer, 2003

**Classe 1-A :** Eaux considérées comme exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité.

**Classe 1-B :** D'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire à tous les usages.

**Classe 2 :** Il s'agit d'eaux dites de qualité passable : suffisante pour l'irrigation, les usages industriels et la production des eaux potables après traitement poussé. Le poisson y vit

normalement mais sa production peut être aléatoire.

**Classe 3 :** Qualité médiocre : juste apte à l'irrigation, piscicole peut subsister dans ces eaux, mais cela est aléatoire en période de faible débits ou de fortes températures, par exemple.

**Annexes 06:** Normes physico-chimiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989 ; JORA, 2012).et Normes microbiologiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989 et JORA, 2012).

## Annexes

paramètres	Unité	Normes OMS	Norme JORA
Température	°C	<30	<30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5
Conductivité électrique	us/cm	<3000	<3000
MES	mg/l	<30	<30
DCO	mg O <sub>2</sub> /l	<40	<90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<30	<30
Azote total	mg/l	<50	<50
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<50	<30
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<1	Non disponible
Nh <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	<2	Non disponible
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	< 0.94	<02
PT	mg/l	<0.94	Non disponible

**Annexes05:** Normes microbiologiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989 et JORA, 2012).

Paramètres	Unité	Norme OMS	Norme JORA
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	<1000	Non disponible
Coliformes fécaux	nombre de CF/100ml	Non disponible	<1000

**Annexe 06:** Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité des eaux usées épurées).

**Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.**

-----

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 Jomada 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 Jomada 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 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada 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.

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

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

Abdelmalek SELLAL

Le ministre de l'agriculture  
et du développement rural

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	Pamplemonsse, 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, triticale 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.



## Annexes

### Annexes 07 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Cultures irriguées avec des eaux usées épurées.		
haïbane 1433 juillet 2012	<b>JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41</b>	21
<p>Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>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,</p> <p>à le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>à le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1428 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;</p> <p>à le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada 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 relatif ;</p>	<p style="text-align: center;"><b>Arrêtent :</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada 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.</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 style="text-align: center;">                 Le ministre des ressources en eau                      Le ministre de l'agriculture et du développement rural                  Abdelmalek SELLAL    Rachid BENAÏSSA             </p> <p style="text-align: center;">                 Le ministre de la santé,                  de la population et de la réforme hospitalière                  Djamel OULD ABBES             </p>	
ANNEXE		
<b>LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES</b>		
Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures	
Fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.	
Citrus	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.	
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.	
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.	
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.	
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.	
Plantes fourragères	Acacia et atriplex.	
Cultures 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 la contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.		

ANNEXE  
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES  
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

**I. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES**

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 conserve ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures ornementales. 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.

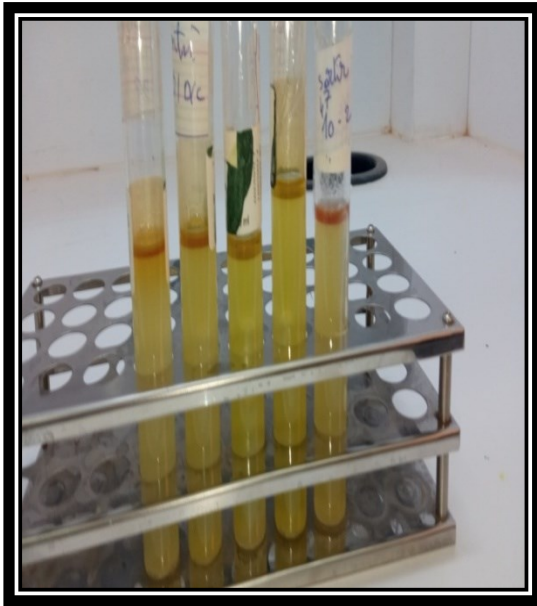
(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(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.

## Annexes

### Annexes 08: Résultats bactériologiques de la prélèvement deuxième

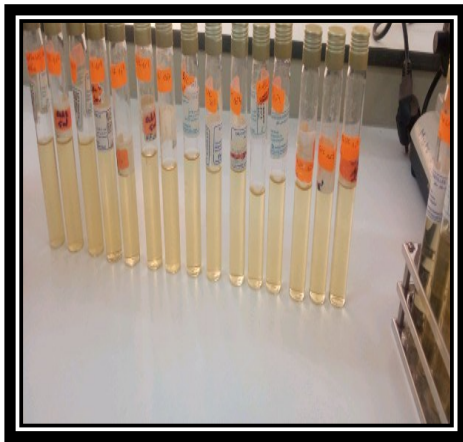
Resultats de prélevment deuxime de la : 06/03/2022



**Figure 50 :** Echérichia -coli



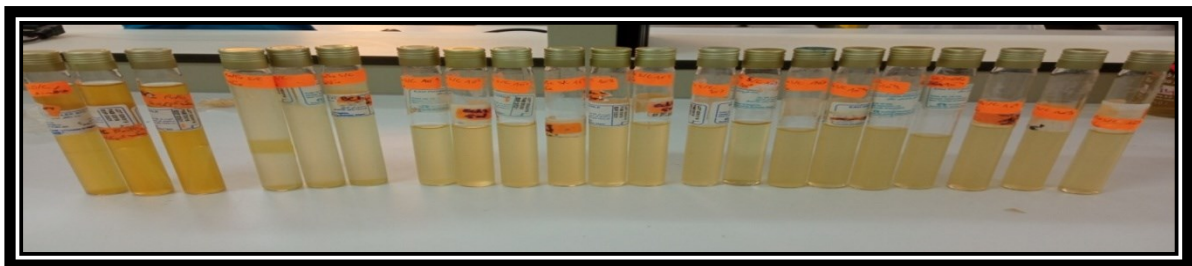
**Figure 51 :**Streptocoques fécaux



**Figure 52 :** Coliformes totaux réducteur



**Figure 53 :** Clostridium sulfito-réducteur



**Figure 54 :** Les coliformes Fécaux

Annexes09: Proposition de nouvelle opératoire pour 2023 (AE et CP)

tableau N°24  
Propositions de nouvelles opérations pour 2023 (AE et CP)

Wilaya de Ghardaïa

libelles des opérations par ordre de priorité pour chaque sous secteur	Nature économique	Sous secteur (à titre indicatif)	localisation	Date de début	Date de fin de projet	A,E	Besoins en CP	Délai de réalisation (en mois)	OBS
Programme 4									
Sous programme									
II - Gestion décentralisée									
Realisation des travaux de pompage des eaux épurées de la Step vers le périmètre de Kaf Eddoukhan			Bounoura, Ghardaia	Jan/24	Dec/25	500 000,00		24	
Realisation de la protection au niveau d'Oued Metlili commune de Metlili			Metlili	janv-23	déc-24	1 300 000,00		24	
Etude d'exécution et réalisation de la station de traitement des eaux usées commune de Metlili			Metlili	janv-24	déc-25	1 900 000,00		24	
Etude de drainage des eaux de surfaces d'Oued M'zab			Bounoura, Ghardaia, El-atteuf	janv-23	juin-23	15 000,00		6	