

**Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

Faculté de Mathématique et Sciences de la Matière

Département de Chimie



**Mémoire**

**Pour L'obtention Du Diplôme De Master Acadimique**

**Domaine:** Sciences de Matière

**Filière:** Chimie

**Spécialité:** Chimie Analytique

Présenté par: **AOUADJ** Ikram - **LEMNAOUER** Rym

**Thème**

**ÉVALUATION DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES  
DE LA STATION DE N'GOUSSA(OUARGLA) PAR  
LES PLANTES**

Soutenu publiquement le: 22/09/2020

Devant le jury composé de:

<b>Président</b>	<b>Mr.SERRAOUI</b> Mabrouk	<b>M.C.B</b> Université Kasdi Merbah, Ouargla
<b>Examineur</b>	<b>Mr.BECHKI</b> Mohammed Khaled	<b>M.C.A</b> Ecole supérieure, Ouargla
<b>Encadreur</b>	<b>Mr.LABED</b> Ibrahim	<b>M.C.A</b> Ecole supérieure, Ouargla
<b>Co-encadreur</b>	<b>Mme.CHAUCHE</b> Khaoula	<b>M.C.B</b> Université Kasdi Merbah, Ouargla

**Année universitaire: 2019 – 2020**

# Dédicace

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille, à la personne la plus chère à mon coeur ma mère Wahiba et mon père Fouad, qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A ma grande mère: Mahboba

A mes très chères frères: Adem, Walid et Firas

A ma très chère soeur: Manel

A ma chère tante: Nadjet

A ma meilleur amie: Sara

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous ceux qui portent le nom LEMNAOUER et ALLAOUI

Mon encadreur qui mon soutenu au long de mes travaux (je vous remercie).

Mes camarades de promo chimie analytique 2019/2020

*Lemnaouer Rym*



# Dédicace

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage pour achever ce  
modeste travail que je dédie :

A ma très chère mère Nadira et mon très cher père Ahmed à grâce à leur  
tendres encouragements, leur grands sacrifices et pour tous les conseils et leur  
amour.

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mon chère frère: Abed nour.

A mes belles soeurs: Yasmine, Romaisa et Hadil.

A tous les membres de ma famille Aouadj et Haouach sans aucune  
exceptionneurs.

Mon encadreur, Co-encadreur qui mon soutenu au long de mes travaux  
(Je vous mercies).

A tous mes amies.

A mes camarades de promo chimie analitique 2019/2020.

*Aouadj Ikram*



# Remerciements

Avant tout, Nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordées la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous exprimons notre profond remerciement à Mr.LABED ibrahim d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillées judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous remercions très sincèrement notre co-encadreur de ce travail Madame CHAOUCH khawla pour sa permanente disponibilité, ses conseils pertinents, ses suggestions et critiques qui ont grandement facilité ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. BELFAR Chef de département de Chimie.

Nous tenons également à remercier Mr. MEKHLOFI ismail et Mme Nadia et tous le personnel de la station d'épuration des eaux usées de N'GOUSSA pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.

Mes vifs remerciements vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.



## Résumé

Les eaux usées urbaines contiennent de grandes quantités de polluants provoquant des changements dans l'environnement, donc elles doivent être traitées dans une station d'épuration, avant d'être renvoyées dans le milieu environnemental d'une part pour la préserver des risques de pollution et d'autre part, pour réutiliser cette eau purifiée dans plusieurs domaines, dont l'agriculture et l'industrie.

L'objectif de ce travail est d'évaluer et d'étudier les performances et l'efficacité du traitement et de l'assainissement de station N'goussa qui fonctionne par des plantes (roseaux), le suivi du fonctionnement de la station comprenant l'étude de l'évolution des différents éléments physiochimiques sous la forme d'une série de données pour une année complète de travaux de la station (2019).

Les résultats ont montré que les caractéristiques de l'eau traitée étaient caractérisées par une valeur moyenne de température ( $23,158^{\circ}\text{C}$ ) et les taux de conductivité électrique CE ( $9,98\text{ ms/cm}$ ), pH ( $7,47$ ), oxygène dissous  $\text{O}_{\text{diss}}$  ( $1,85\text{ mg/l}$ ), DCO ( $83,81\text{ mg/l}$ ), nitrite  $\text{NO}_2$  ( $0,624\text{ mg/L}$ ), nitrate  $\text{NO}_3$  ( $7,15\text{ mg/L}$ ),  $\text{PO}_4^{-3}$  ( $1,564\text{ mg/L}$ ),  $\text{NH}_4^{+}$   $28,21\text{ (mg/L)}$ , phosphore total PT ( $3,99\text{ mg/L}$ ) qui il est conforme aux normes algériennes de rejet des eaux usées (pour la plupart des facteurs) à l'exception de la demande biochimique d'oxygène  $\text{DBO}_5$  ( $37,60\text{ mg/l}$ ) et d'azote total NT ( $70,52\text{ mg/l}$ ). L'usine se caractérisait également par une bonne élimination des polluants organiques pour chacun des matières en suspension MES, la demande chimique d'oxygène DCO et la demande biochimique d'oxygène  $\text{DBO}_5$ , car l'efficacité de l'élimination de ces déterminants était de ( $57,63\%$ ), ( $73,75\%$ ) et ( $76,40\%$ ) respectivement, alors que la station n'était pas efficace pour éliminer l'orto phosphore  $\text{PO}_4^{-3}$  ( $47,76\%$ ), l'ammonium  $\text{NH}_4^{+}$  ( $42,81\%$ ) et les contaminants phosphoreux et azotés.

A travers les résultats obtenus, on constate l'efficacité de cette station, qui a prouvé qu'elle peut être généralisée dans les villages et les zones rurales de densité moyenne, malgré la présence de certains problèmes techniques qui provoquent certaines concentrations, car il s'avère que ce système est économique pour traiter les eaux usées en utilisant un faible coût sans consommer d'énergie et de produits chimiques. Par conséquent, il peut être utilisé comme une alternative écologique tout en résolvant les problèmes qui entravent bien le travail de l'usine grâce aux solutions proposées.

**Mots clés:** les eaux usées - évaluation - les plantes (roseaux) - efficacité - station N'GOUSSA - traitement des eaux usées.

## ملخص

تحتوي مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية على كميات كبيرة من الملوثات المتسببة في تغيرات المحيط البيئي ، لذا يجب أن تعالج في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، قبل أن تعاد الى الوسط البيئي من جهة للمحافظة عليه من مخاطر التلوث ومن جهة أخرى ،لإعادة استخدام هذه المياه المطهرة في عدة مجالات ومن بينها مجال الزراعة والصناعة.

الهدف من هذا العمل هو تقييم ودراسة اداء وفعالية العلاج لمياه تطهير الصرف الصحي لمحطة أنقوسة التي تعمل بواسطة النباتات (القصب) حيث أن مراقبة سير المحطة يتضمن دراسة التغيرات لمختلف العناصر الفيزيوكيميائية على شكل سلسلة من البيانات لمدة عام كامل من عمل المحطة (2019). وبينت النتائج أن خصائص المياه المعالجة إتصفت بمعدلات درجة حرارة T (23.158م) وتوصيل كهربائي CE ( ) 9.98ملي سيمنز/سم)، درجة الحمضية pH (7.47) ، الأوكسجين المنحل  $O_{diss}$  ( 1.85 ملغم/لتر) ، الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO (83.81 ملغم/لتر) ، النتريت  $NO_2$  ( 0.624 ملغم/لتر) ، النترات  $NO_3$  ( 7.15 ملغم/لتر) ،أورتو فسفور  $PO_4^{3-}$  (1.564 ملغم/لتر) ، الأمونيوم  $NH_4^+$  (28.21 ملغم/لتر) و الفوسفور الكلي PT ( 3.99 ملغم/لتر) التي تتوافق مع المعايير الجزائرية لتصريف مياه الصرف (لمعظم العوامل) بإستثناء الطلب البيوكيميائي للأوكسجين  $DBO_5$  ( 37.60 ملغم/لتر) و الأزوت الكلي NT ( 70.52 ملغم/لتر). كما إمتازت المحطة بإزالة جيدة للملوثات العضوية لكل من المواد العالقة MES ، الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO و الطلب البيوكيميائي للأوكسجين  $DBO_5$ . إذ بلغت كفاءة إزالة هذه المحددات ( 57.63%) و(73.75%) و(76.40%) على التوالي. في حين لم تكن المحطة كفوة في إزالة أورتو فسفور  $PO_4^{3-}$  (47.76%)، الأمونيوم  $NH_4^+$  (42.81%) والملوثات الفوسفورية والأزوتية .

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها، يمكننا الحكم على مدى فعالية هذه المحطة ،التي أثبتت أنه يمكن تعميمها في القرى والأرياف متوسطة الكثافة السكانية وذلك رغم وجود بعض المشاكل التقنية التي تتسبب في ارتفاع بعض التراكييز، إذ يتبين أن هذا النظام إقتصادي لمعالجة مياه الصرف الصحي بإستغلال منخفض التكلفة دون إستهلاك للطاقة والمواد الكيميائية ، لذا يمكن استخدامه كبديل صديق للبيئة مع معالجة المشاكل التي تعيق عمل المحطة بشكل جيد من خلال الحلول المقترحة .

**الكلمات المفتاحية:** مياه الصرف الصحي - تقييم - نباتات (القصب) - كفاءة - محطة أنقوسة - معالجة مياه الصرف الصحي .

## Summary

Urban wastewater contains large quantities of pollutants causing changes in the environment, so it must be treated in a wastewater treatment plant before being returned to the environment on the one hand to protect it from the risks of pollution, and on the other hand, to reuse this purified water in several fields, including agriculture and industry. The objective of this work is to evaluate and study the efficiency and effectiveness of the treatment of wastewater from the N'GOUSSA station fed by plants (reeds) where the monitoring of the progress of the station includes the study of the evolutions of the different physiochemical elements in the form of a series of data for a complete year of work of the station (2019).

The results showed that the characteristics of the treated water were characterized by an average temperature value (23.158 ° C) and rates of electrical conductivity EC (9.98 ms / cm), pH (7.47), dissolved oxygen  $O_{diss}$  (1.85 mg / l), DCO (83.81 mg / l), nitrite  $NO_2$  (0.624 mg / L), nitrate  $NO_3$  (7.15 mg / L),  $PO_4^{-3}$  (1.564 mg / L),  $NH_4^+$  (28.21 mg / L), PT (3.99 mg / L) which it complies with Algerian standards for wastewater discharge (for most factors) except for the biochemical demand of oxygen  $DBO_5$  (37.60 mg / l) and total nitrogen NT (70.52 mg / l). The plant was also characterized by good removal of organic pollutants for each of the suspended solids MES, chemical oxygen demand DCO and biochemical oxygen demand  $DBO_5$ , because the removal efficiency of these determinants was (57.63%), (73.75%) and (76.40%) respectively, while the station was not effective in removing ortho Phosphorus  $PO_4^{-3}$  (47.76%), ammonium  $NH_4^+$  (42.81%) and phosphorous and nitrogenous pollutants.

Through the results obtained, we can see the effectiveness of this station, which has proved that it can be generalized in villages and rural areas of average density, despite the presence of certain technical problems which causes a rise in some concentrations, as it turns out that this system is economical to treat wastewater using low cost without consuming energy and chemicals, it can be used as an ecological alternative while tackling the problems which hinder the work of the factory thanks to the proposed solutions.

**Keywords:** wastewater - evaluation - plants (reeds) - efficiency - N'GOUSSA station - wastewater treatment.



# Liste des tableaux



## Liste des Tableaux

---

<b>N°</b>	<b>TABLEAU</b>	<b>PAGE</b>
<b>Chapitre I</b>		
<b>01</b>	Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971).	<b>14</b>
<b>02</b>	Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur (Journal officiel de la république Algérienne, 2006).	<b>15</b>
<b>Chapitre III Méthode et matériel</b>		
<b>03</b>	Volume d'échantillon d'après la DCO.	<b>39</b>
<b>Chapitre IV Résultats et discussion</b>		
<b>04</b>	Caractéristiques des eaux usées brutes (EB) entrant dans la station de N'GOUSSA.	<b>49</b>
<b>05</b>	Le coefficient de biodégradabilité des eaux usées brutes de cette étude dans l'année 2019.	<b>52</b>



# Liste des figures

## Liste des Figures

N°	FIGURES	PAGE
<b>Chapitre I</b>		
<b>01</b>	Les eaux usées	<b>08</b>
<b>Chapitre II Traitement des eaux usés</b>		
<b>02</b>	Les étapes du pré-traitement.	<b>17</b>
<b>Chapitre III Méthode et materiel</b>		
<b>03</b>	Photos de quelques plantes macrophytes	<b>23</b>
<b>04</b>	Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement vertical	<b>25</b>
<b>05</b>	Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal	<b>26</b>
<b>06</b>	Carte géographique Ouargla	<b>28</b>
<b>07</b>	Carte géographique de N'goussa	<b>30</b>
<b>08</b>	Schéma général de la station d'épuration N'goussa	<b>32</b>
<b>Chapitre IV Résultats et discussion</b>		
<b>09</b>	Variations mensuelles des valeurs de la température au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>54</b>
<b>10</b>	Variations mensuelles des valeurs du pH au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>55</b>
<b>11</b>	Variations mensuelles des valeurs de la conductivité électrique (CE) au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>56</b>
<b>12</b>	Variations mensuelles des valeurs du O <sub>2</sub> dissous au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>57</b>
<b>13</b>	Variations mensuelles des valeurs de la salinité au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>58</b>
<b>14</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du MES au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de la MES moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>59</b>
<b>15</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du DBO <sub>5</sub> des eaux usée en entrée et sortie au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de la DBO <sub>5</sub> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>61</b>

## Liste des Figures

<b>16</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du DCO des eaux usée en entrée et sortie au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de la DCO moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>63</b>
<b>17</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NO <sub>3</sub> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de la N-NO <sub>3</sub> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>65</b>
<b>18</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NO <sub>2</sub> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de la N-NO <sub>2</sub> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>67</b>
<b>19</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>69</b>
<b>20</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>71</b>
<b>21</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du NT au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de NT moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>73</b>
<b>22</b>	<b>a-</b> Variations mensuelles des valeurs moyennes du PT au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla, <b>b-</b> Rendements mensuelles de PT moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.	<b>75</b>



# Liste des photos

## Liste des photos

---

<b>N°</b>	<b>PHOTO</b>	<b>PAGE</b>
<b>Chapitre III Méthode et materiel</b>		
<b>01</b>	STEP N'GOUSSA (Source: Google earth)	<b>31</b>
<b>02</b>	Station de pompage	<b>33</b>
<b>03</b>	Répartiteur	<b>33</b>
<b>04</b>	filtre planté de roseaux	<b>34</b>
<b>05</b>	Regard de rassemble l'eau traitée	<b>34</b>
<b>06</b>	Phragmites communis Trinius (STEP N'GOUSSA).	<b>35</b>
<b>07</b>	Spectrophotomètre	<b>37</b>
<b>08</b>	Réactifs DCO	<b>37</b>
<b>09</b>	Réacture DCO	<b>38</b>
<b>10</b>	Protocole de DBO <sub>5</sub>	<b>40</b>
<b>11</b>	DBO <sub>5</sub> mètre	<b>40</b>
<b>12</b>	Dispositif de filtration sous vide	<b>42</b>
<b>13</b>	Etuve	<b>42</b>
<b>14</b>	Balance	<b>42</b>
<b>15</b>	Le dessiccateur	<b>43</b>
<b>16</b>	Capsule plié	<b>43</b>
<b>17</b>	Conductimètre	<b>44</b>
<b>18</b>	pH-mètre	<b>45</b>
<b>19</b>	Oxymètre	<b>46</b>



# Listes Abriviations

## Liste des Abréviation

---

<b>Abréviations</b>	<b>Signification</b>
<b>%</b>	Pour cent
<b>Cd</b>	Cadmium
<b>CE</b>	Conductivité Electrique
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demande biochimique en oxygène en 5 jours
<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène
<b>EB</b>	Eau brute
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Eau
<b>Hab</b>	Habitant
<b>J</b>	Joule
<b>JORA</b>	Journal officiel de la république algérienne
<b>K</b>	Degré de biodégradabilité de la matière organique
<b>L</b>	Litre
<b>M</b>	Mètre
<b>m<sup>2</sup></b>	Mètre au carré
<b>m<sup>3</sup></b>	Mètre au cube
<b>Max</b>	Maximum
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>Mg</b>	Milligramme
<b>Min</b>	Minimum



## Liste des Abréviation

---

<b>ML</b>	Métaux lourds
<b>MO</b>	Matières organiques
<b>NH<sub>3</sub></b>	Molécule d'ammoniac
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Azote ammoniac
<b>N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Azote nitreux ou azote des nitrites
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	Azote nitrique ou azote des nitrates
<b>NT</b>	Azote totale
<b>O.N.M</b>	Office National de Météorologie
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxygène dissous
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la santé
<b>ONA</b>	Office National de l'Assainissement
<b>Pb</b>	Plomb
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	Phosphate-phosphore
<b>PT</b>	Phosphore totale
<b>R</b>	Rendement épuratoire des polluants
<b>Sal</b>	Salinité
<b>STEP</b>	Station d'Épuration
<b>T</b>	Température
<b>Zn</b>	Zinc



# Sommaire

## Sommaire

Dédicace.....	I
Remerciments .....	III
Résumé.....	IV
ملخص.....	V
Summary .....	VI
Liste des tableaux.....	V
Liste des figures .....	VII
Liste des photos.....	X
Listes Abriviations .....	XII
Sommaire.....	XVI
Introduction.....	1
<b>Chapitre I Partie 1 : les polluants des eaux usées et les méthodes de traitement</b>	
I-1-1-Qu'est-ce que la pollution des eaux ? .....	4
I-1-2-Les différentes origines de la pollution des eaux:.....	4
I-1-2-1-Pollution d'origine domestique:.....	4
I-1-2-2-Pollution d'origine industrielle:.....	4
I-1-2-3-Pollution d'origine agricole:.....	5
I-1-2-4-Pollution d'origine naturelle:.....	5
I-1-2-5-Pollution par les eaux pluviales:.....	6
I-1-3-Principaux types de pollution des eaux:.....	6
I-1-3-1-La pollution physique:.....	6
I-1-3-1-1-La pollution thermique:.....	6
I-1-3-1-2-La pollution radioactive:.....	6
I-1-3-2-La pollution chimique:.....	6
I-1-3-3-La pollution microbiologique:.....	6
I-1-4-La nature de produits polluants et leurs origines:.....	7
<b>Chapitre I Partie 2: généralité sur les eaux usées</b>	
I-2-1-Qu'est-ce que les eaux usées ?.....	8
I-2-2-Caractéristiques des eaux usées :.....	8
I-2-2-1-Paramètres physiques:.....	9
I-2-2-1-1-La température:.....	9

# Sommaire

---

I-2-2-1-2-La matière en suspension (MES): .....	9
I-2-2-2-Paramètres organoleptiques:.....	9
I-2-2-2-1-La turbidité:.....	9
I-2-2-2-2-La couleur: .....	9
I-2-2-3-Paramètres chimiques :.....	10
I-2-2-3-1-Le potentiel hydrogène (pH):.....	10
I-2-2-3-2-La conductivité:.....	10
I-2-2-3-3-L'oxygène dissous:.....	10
I-2-2-3-4-La demande chimique en Oxygène (DCO) :.....	10
I-2-2-3-5-La demande biochimique en Oxygène (DBO) :.....	10
I-2-2-3-6-L'azote :.....	11
I-2-2-3-7-Les nitrates:.....	11
I-2-2-3-8-L'azote ammoniacal:.....	11
I-2-2-3-9-Le phosphore:.....	11
I-2-2-3-10-Le sulfate:.....	11
I-2-2-4-Paramètres bactériologiques:.....	12
<b>I-2-3-Les différents types des eaux usées: .....</b>	<b>12</b>
I-2-3-1-Les eaux usées domestiques:.....	12
I-2-3-2-Les eaux usées industrielles:.....	12
I-2-3-3-Les eaux usées pluviales: .....	12
I-2-3-4-Les eaux usées urbaines: .....	13
I-2-3-5-Les eaux usées d'irrigation:.....	13
<b>I-2-4-Les normes de rejet les eaux usées:.....</b>	<b>13</b>
I-2-4-1-Normes internationaux:.....	13
I-2-4-2-Les normes Algériennes de rejet :.....	14

## Chapitre II :Traitement des eaux usées

<b>II-1-Les grandes étapes de traitement: .....</b>	<b>16</b>
II-1-1-Le prétraitement:.....	16
II-1-1-1-Le dégrillage: .....	16
II-1-1-2-Le dessablage:.....	16
II-1-1-3-Le déshuilage/dégraissage:.....	16
<b>II-1-2-Le traitement primaire:.....</b>	<b>17</b>
<b>II-1-3-Le traitement secondaire biologique: .....</b>	<b>17</b>
II-1-3-1-Traitement secondaire anaérobie:.....	18
II-1-3-2-Traitement secondaire aérobie:.....	18

# Sommaire

---

II-1-3-2-1-Technologie de traitement par des cultures fixé: .....	18
II-1-3-2-2-Technologie de traitement par des cultures libre:.....	19
<b>II-1-4-Le traitement complémentaires (ou tertiaires):.....</b>	<b>21</b>
<b>Chapitre III :Méthode et materiel</b>	
<b>III-1-Le fonctionnement du filtrage des eaux usées par les plantes .....</b>	<b>22</b>
III-1-1-La phytoépuration:.....	22
III-1-2-Le principe:.....	22
III-1-3-Types des plantes utilisées:.....	22
III-1-4-Le Phragmites australis (roseau):.....	23
III-1-5-Le rôle de roseaux:.....	24
III-1-6-Les types de filtres plantés de roseaux:.....	24
III-1-6-1-Les filtres plantés à écoulement vertical: .....	24
III-1-6-2-Les filtres plantés à écoulement horizontal: .....	26
III-1-6-3-Les systèmes hybrides:.....	27
<b>III-2-Présentation: .....</b>	<b>27</b>
III-2-1-Présentation de la région d'étude: .....	27
III-2-1-1-Caractéristiques climatiques de la région de Ouargla (2019): .....	28
III-2-2-Présentation de la zone d'étude:.....	29
III-2-3-Présentation de la station (STEP N'goussa): .....	30
<b>III-3-Les étapes de fonctionnement de la station: .....</b>	<b>32</b>
III-3-1-Station de pompage:.....	32
III-3-2-Répartiteur: .....	33
III-3-3-Les bassins: .....	33
<b>III-4-Fiche descriptives de l'espèce utilisée:.....</b>	<b>35</b>
III-4-1-Caractéristique et identifications:.....	35
III-4-2-Description:.....	35
<b>III-5-Echantillonnage d'eau:.....</b>	<b>36</b>
<b>III-6-Période de prélèvement:.....</b>	<b>36</b>
<b>III-7-Analyses physico-chimique: .....</b>	<b>36</b>
III-7-1-Mesure de la DCO:.....	36
III-7-1-1-But d'analyse:.....	36
III-7-1-2-Principe:.....	36
III-7-1-3-Appareillage et les réactifs:.....	37
III-7-1-4-Mode opératoire: .....	37

# Sommaire

---

<b>III-7-2-Mesure de la DBO<sub>5</sub>:</b> .....	38
<b>III-7-2-1-Principe :</b> .....	38
<b>III-7-2-2-Appareillage:</b> .....	39
<b>III-7-2-3-Mode opératoire :</b> .....	39
<b>III-7-3-Matières en suspension (MES):</b> .....	40
<b>III-7-3-1-But d'analyse :</b> .....	40
<b>III-7-3-2-Principe :</b> .....	40
<b>III-7-3-3-Appareillage:</b> .....	40
<b>III-7-4-Mesure de la conductivité électrique (CE), salinité (Sal), et la température T:</b> .....	43
<b>III-7-4-2-Appareillage:</b> .....	43
<b>III-7-4-3-Mode opératoire :</b> .....	43
<b>III-7-5-Mesure le pH:</b> .....	44
<b>III-7-5-1-But d'analyse :</b> .....	44
<b>III-7-5-2-Appareillage:</b> .....	44
<b>III-7-5-3-Mode opératoire :</b> .....	44
<b>III-7-6-Mesure l'oxygène dissous :</b> .....	45
<b>III-7-6-1-Principe :</b> .....	45
<b>III-7-6-2-Matériel nécessaire:</b> .....	45
<b>III-7-7-Mesure de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):</b> .....	46
<b>III-7-8-Mesure de nitrite (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):</b> .....	46
<b>III-7-9-Mesure de nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):</b> .....	47
<b>III-7-10-Phosphore total (PT):</b> .....	47
<b>III-7-11-Ortho Phosphate (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>):</b> .....	48

## Chapitre IV : Résultats et discussion

<b>IV-1-Caractérisation des eaux brutes de l'entrée de STEP N'GOUSSA:.....</b>	<b>49</b>
<b>IV-2-Le coefficient de biodégradabilité des effluents K:.....</b>	<b>52</b>
<b>IV-3-Détermination des paramètres physico-chimique:.....</b>	<b>53</b>
<b>IV-3-1-Variation de la température :</b> .....	53
<b>IV-3-2-Variation du pH:</b> .....	54
<b>IV-3-3-Variation de la conductivité électrique CE:</b> .....	55
<b>IV-3-4-Variation de l'oxygène dissous:</b> .....	56
<b>IV-3-5-Variation de salinité :</b> .....	57
<b>IV-4-Détermination des pollutions organiques:.....</b>	<b>58</b>
<b>IV-4-1-Variation de la matière en suspension MES:</b> .....	58

## Sommaire

---

IV-4-2-Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ):.....	60
IV-4-3-Variation de la demande chimique en oxygène (DCO):.....	62
IV-4-4-Variation d'azote nitrique ou azote des nitrates (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ):.....	64
IV-4-5-Variation d'azote nitreux ou azote des nitrites (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ):.....	66
IV-4-6-Variation d'azote ammoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ):.....	68
IV-4-7-Variation de phosphate-phosphore (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ):.....	70
IV-4-8-Variation d'azote total (NT): .....	72
IV-4-9-Variation du phosphore total (PT):.....	74
<b>Conclusion .....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXE</b>	
<b>ANNEXE 01.....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXE 02.....</b>	<b>88</b>
<b>ANNEXE 03.....</b>	<b>89</b>

# Introduction



## Introduction

---

« L'eau est au monde ce que le sang est à notre corps » disait Léonard de Vinci. Qu'elle soit superficielle ou souterraine, l'eau est l'élément de base de notre vie et le facteur limitant par excellence [1].

Le monde contient beaucoup d'eau, Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde). Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité. Pour cela, on a recours au traitement des eaux usées par ce que la décharge directe des eaux usées dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant le milieu accepteur en égouts [2].

Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Donc, il faut épurer et retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. L'épuration consiste à éliminer les plus gros débris organiques ou minéraux, retirer les MES de densité différente de l'eau tels que les grains de sables et les particules minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore....etc.). Elle se fait dans des stations d'épuration.

Des différentes technologies ont été développées afin de procéder au traitement des eaux contaminées et l'obtention d'une eau moins polluée éliminant ou diminuant ainsi les risques nuisibles à l'environnement. De nos jours, la croissance continue des coûts d'investissement et d'exploitation des techniques traditionnelles ainsi que les difficultés qui les accompagnent, ont montré que ces derniers ont atteint leurs limites et elles deviennent de plus en plus controversées. Pour ces raisons, l'humanité a développé d'autres approches diverses à travers des procédés admissibles techniquement et économiquement. Parmi ces approches nous citons les techniques d'épuration se basant sur les végétaux aquatiques (macrophytes), d'où l'intérêt grandissant réservé à ces derniers à cause de leur utilisation dans l'épuration des eaux usées. Les systèmes de traitement des eaux usées utilisant des plantes ont apparu depuis plus d'un siècle. Les premières expériences ont vu le jour en Allemagne à travers les travaux du professeur biologiste Kate SEIDEL [3].

Ce type de procédé est devenu plus populaire au début des années 1980 alors que les spécialistes de différents pays essayaient de développer d'autres procédés mieux adaptés aux

## Introduction

---

petites municipalités et aux industries isolées en utilisant généralement l'écoulement gravitaire des eaux qui ne nécessite pas un apport supplémentaire en énergie. Sur l'aspect financier, cette technologie, relativement peu onéreuse, se positionne parmi les moins chères sur le marché et elle est d'un rendement économique amélioré grâce à l'utilisation de la biomasse végétale comme alternative crédible pour le traitement des eaux usées.

L'objectif de notre projet de fin d'études, consiste à évaluer les performances et l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées de N'GOUSSA (Ouargla - Sud Algérie) en comparant plusieurs paramètres physiques et chimiques suivants: la température (T), le potentiel d'hydrogène (pH), l'oxygène dissous ( $O_2$ ), les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène ( $DBO_5$ ), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières azotées et les matières phosphorée, selon les normes locales et internationales.

Pour l'étude de ce travail, nous avons jugés de le subdiviser en deux parties:

- ✓ Une partie bibliographique.
- ✓ Une partie expérimentale.

La partie bibliographique comporte deux chapitres :

- ▶ Dans ce premier chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les eaux usées et la pollution des eaux.
- ▶ Le deuxième chapitre décrit les procédés d'épuration des eaux usées.

La partie expérimentale comprend deux chapitres :

- ▶ Au troisième chapitre, nous avons donné une présentation et une description de la station d'épuration de N'GOUSSA de la ville de Ouargla et présenté les matériels et les méthodes analytiques utilisés dans le cadre de ce travail.
- ▶ Le chapitre quatre donne les résultats expérimentaux trouvés ainsi que leurs interprétations pour déterminer l'efficacité et le rendement épuratoire de notre station.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale et des recommandations.

# Chapitre I

# Partie 1:

Les polluants des eaux usées  
et  
les méthodes de traitement

L'eau est indispensable à la vie. Pour les besoins de l'homme et de l'environnement, l'eau doit être de bonne qualité. Si la qualité de l'eau est altérée, c'est tout un équilibre qui est menacé.

### **I-1-1-Qu'est-ce que la pollution des eaux ?**

La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à le détruire est considérée comme de la pollution. La pollution peut dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même, comme lorsque l'eau coule par des sols qui a un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau [4].

**Quelles sont les principales sources de pollution de l'eau? Quels sont les différents types de pollution?**

### **I-1-2-Les différentes origines de la pollution des eaux:**

L'eau est une ressource indispensable aux activités humaines et pour tout organisme vivant.L'origine des substances polluantes est diverse. Ainsi, on distingue les pollutions d'origine domestique, industrielle, issues des phénomènes naturels, la pollution par les eaux pluviales et la pollution par les substances associées au traitement des eaux.

#### **I-1-2-1-Pollution d'origine domestique:**

La pollution domestique est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (tâches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette, etc.).

Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines- urines et fèces (eaux vannes) et d'eau de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain), azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux [5].

#### **I-1-2-2-Pollution d'origine industrielle:**

Les résidences privées ne sont pas les seuls bâtiments qui ont besoin d'eau: entreprises et usines en ont besoin aussi pour leur activité. Provenant des usines, les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel. Selon l'activité industrielle, nous allons donc retrouver des pollutions aussi diverses que:

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...).
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie).
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactive) [5].

### I-1-2-3-Pollution d'origine agricole:

L'agriculture, l'élevage sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterrains.

Au début des années 1960, les agriculteurs ont eu recours à l'agriculture intensive, avec pour conséquence la pollution des eaux des sols par de fortes concentrations en azote, phosphore, pesticides et microorganismes.

- ❖ **Les pesticides:** Les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre leurs ennemis afin d'augmenter les rendements. Ce qui conduit à la contamination des eaux des nappes par des substances toxiques (pesticides).
- ❖ **Les matières organiques:** les déjections animales, issues de l'élevage, contiennent des matières organiques, matières azotées et phosphore pouvant poser des problèmes de pollution des eaux superficielles et souterraines dans les zones d'élevage intensif.
- ❖ **Le phosphore:** L'usage de phosphore dans l'agriculture, lié à l'utilisation d'engrais, contribue ainsi à la pollution des eaux superficielles. Par exemple, la principale source de phosphore en France n'est pas l'agriculture, mais les eaux usées domestiques et l'industrie.
- ❖ **Les nitrates:** la contamination de l'eau par les nitrates est 66% d'origine agricole et seulement 12% est d'origine industrielle [6].

### I-1-2-4-Pollution d'origine naturelle:

Cette pollution est due a des substances contaminent l'eau présentes naturellement dans l'environnement, leurs origine est des roches qui environnants ces eaux, soit les eaux de surfaces ou souterraines. Ces substances sont inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmiu [3].

**I-1-2-5-Pollution par les eaux pluviales:**

Les eaux pluviales résultent du ruissellement sur des surfaces imperméabilisées (toitures, trottoirs) de l'eau de pluie. Celle-ci, déjà chargée de micropolluants atmosphériques à son arrivée sur ces surfaces [5].

La pollution de l'air influence sur la qualité de l'eau des pluies, les fumées industrielle, les poussières et les résidus d'échappement des véhicule peuvent contaminée l'eau pluviales [3].

**I-1-3-Principaux types de pollution des eaux:****I-1-3-1-La pollution physique:**

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), on peut la répartir en deux classes: thermique et radioactive.

**I-1-3-1-1-La pollution thermique:**

Provoquée par l'accroissement excessive de la température de l'eau par suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industrielles spécialement les centrales énergétiques [1].

**I-1-3-1-2-La pollution radioactive:**

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs) [7].

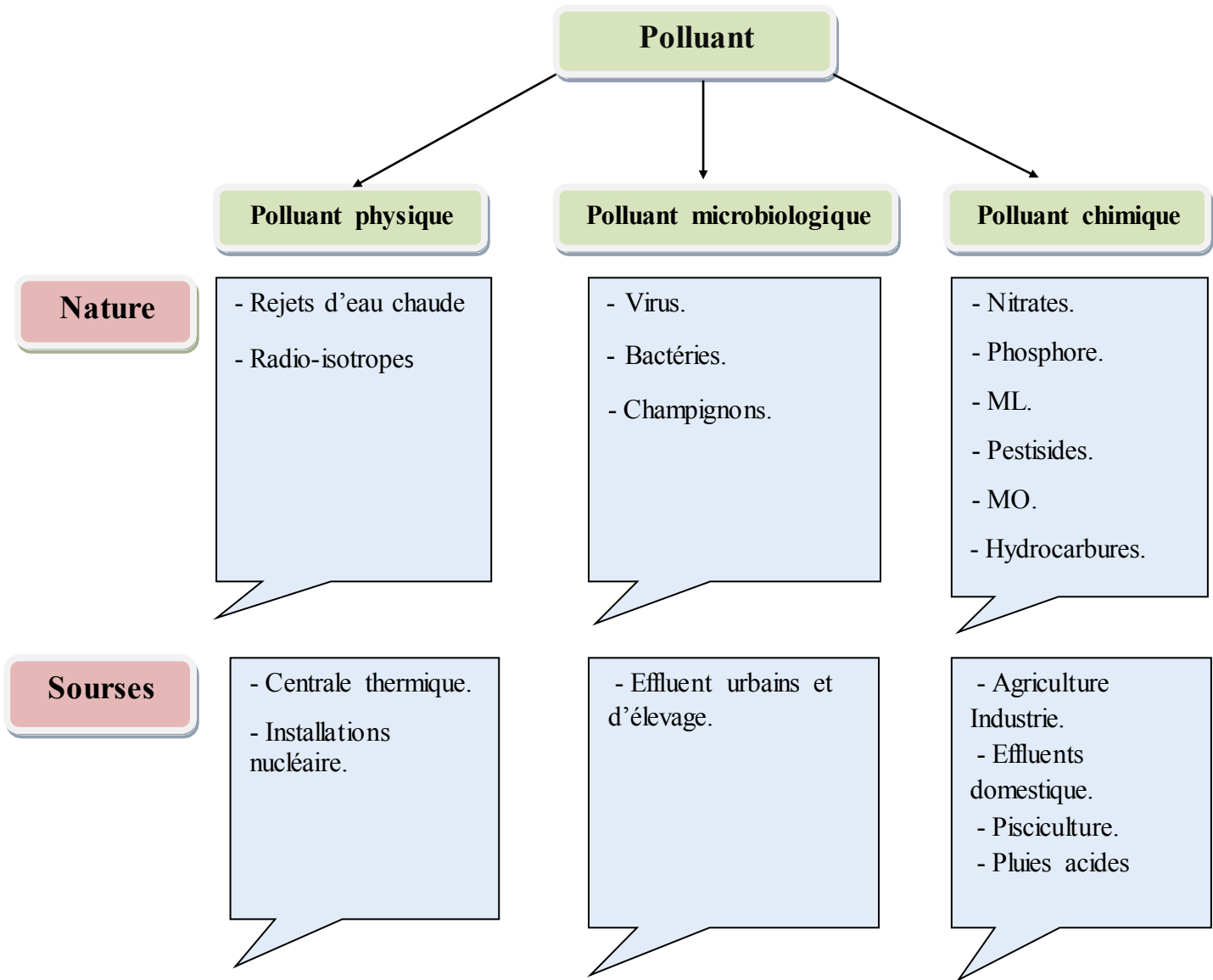
**I-1-3-2-La pollution chimique:**

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd...), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides [8].

**I-1-3-3-La pollution microbiologique:**

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux; l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine [7].

**I-1-4-La nature de produits polluants et leurs origines:**



**La nature des produits polluants et leurs origines [9].**



# Partie 2:

## Généralité sur les eaux usées

Ce partie a pour principal de donner une idée sur les eaux résiduaires urbaines et les origines des eaux usées, leurs caractéristiques, ainsi que les différentes techniques utilisées pour leur épuration.

### **I-2-1-Qu'est-ce que les eaux usées ?**

Selon REJSK (2002), les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels [10].

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines» [11].



**Figure (01): Les eaux usées.**

### **I-2-2-Caractéristiques des eaux usées :**

Les eaux usées sont principalement composées d'eau et d'autres matériaux qui ne représentent qu'une petite partie des eaux usées, mais peuvent être présents en quantités suffisantes pour mettre en danger la santé publique et l'environnement, donc avant de rejeter les eaux usées dans le milieu naturel, il faut définir des paramètres pour avoir des renseignements sur la composition et les caractéristiques qualitatives et quantitatives des eaux usées et de leurs impacts sur le milieu récepteur.

## **I-2-2-1-Paramètres physiques:**

### **I-2-2-1-1-La température:**

IL est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc... [12].

### **I-2-2-1-2-La matière en suspension (MES):**

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 $\mu$ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0.5 m/s [10].

## **I-2-2-2-Paramètres organoleptiques:**

### **I-2-2-2-1-La turbidité:**

Selon REJSEK (2002), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables:

- Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [13].

### **I-2-2-2-2-La couleur:**

Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires [13].

### I-2-2-3-Paramètres chimiques :

#### I-2-2-3-1-Le potentiel hydrogène (pH): [13]

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en  $H_3O^+$  (noté  $H^+$  pour simplifier). De manière à faciliter cette expression; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion  $H^+$ :

$$pH = \log 1/ [H^+]$$

#### I-2-2-3-2-La conductivité:

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations [10].

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$ . L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$$1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m} [12].$$

#### I-2-2-3-3-L'oxygène Dissous:

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg /l [13].

#### I-2-2-3-4-La Demande chimique en Oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelque soit leur origine organique ou minérale. La DCO est la concentration, exprimée en mg/l [13].

#### I-2-2-3-5-La demande biochimique en Oxygène (DBO) :

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration [12].

Selon REJSEK (2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours ( $DBO_5$ ) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

#### I-2-2-3-6-L'azote :

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniacque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total [12].

#### I-2-2-3-7-Les nitrates:

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterraines [10].

#### I-2-2-3-8-L'azote ammoniacal:

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniac qui correspond aux formes ionisées ( $NH_4^+$ ) et non ionisées ( $NH_3$ ) de cette forme d'azote. L'ammoniac constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac ( $NH_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée ( $NH_4^+$ ). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes:  $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4 OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$  [13].

#### I-2-2-3-9-Le phosphore:

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. La teneur en phosphates peut être exprimée en mg/l de  $PO_4$  ou de  $P_2O_5$ .

$$1 \text{ mg/L } PO_4 = 0,747 \text{ mg/l } P_2O_5 = 0,326 \text{ mg/l } P \quad [12].$$

#### I-2-2-3-10-Le sulfate:

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/l) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé [10].

#### **I-2-2-4-Paramètres bactériologiques:**

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène [12].

Quelques bactéries les plus rencontrées : les coliformes, les entérocoques, les bactéries sulfito-réductrices.

#### **I-2-3-Les différents types des eaux usées:**

##### **I-2-3-1-Les eaux usées domestiques:**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, des établissements et services résidentiels, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères, ces eaux usées comprennent les eaux ménagères, et des eaux de toilettes (eaux des vannes). Les eaux ménagères contiennent des matières en suspensions (terre, sable, déchets, Végétaux et animaux, matières grasses plus ou moins émulsionnées, fibres diverses) et des matières dissout (sels minéraux et substances organiques déverses) [14].

##### **I-2-3-2-Les eaux usées industrielles:**

Elles sont très différents des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Tous effluents ou rejets industrielles obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels [15].

Elles contiennent des matières organiques et minérales et éventuellement des matières toxiques qui peuvent entraîner un déséquilibre écologique des milieux récepteurs et nécessitent un traitement spécial selon la nature de polluant et des composés des eaux usées de la part des industrielles avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte [16].

##### **I-2-3-3-Les eaux usées pluviales:**

Les eaux issues du ruissellement qui sont rejetées après la pluie, la neige fondue. La composition des eaux de pluies météoriques est très variable d'une zone géographique à l'autre car elle dépend fortement des émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère.

**I-2-3-4-Les eaux usées urbaines:**

Elles comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques de la terre, des limons, des boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants, hydrocarbures, pesticides, détergents, etc [17].

**I-2-3-5-Les eaux usées d'irrigation:**

L'utilisation massive des engrais chimique en agriculture peut donner lieu à une pollution des nappes souterraines par suite de l'entraînement dans le sol des constituants les plus habituellement contenus dans les engrais tels que les nitrates, et le potassium. Aussi, la pollution des eaux par les pesticides, en particulier par les herbicides consécutifs au ruissellement et au lessivage des terres cultivées environnantes, peut ralentir ou même inhiber le développement de la microflore [18].

**I-2-4-Les normes de rejet les eaux usées:****I-2-4-1-Normes internationaux:**

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret loi [19].

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées sont indiquées sur le tableau suivant:

**Tableau 01:** Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971).

Paramètres	Bonne ou très Bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise
O <sub>2</sub> dissous mg/l	> 5	≥3	≥1	<1
O <sub>2</sub> dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO <sub>5</sub> mg/l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg/l	≤25	≤40	80	>80
NO <sub>3</sub> mg/l	≤25	≤50	80	>80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	≤0.5	≤2	8	>8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg/l	≤2	≤3	10	>10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg/l	≤70	-	>70	-
Phosphore total mg/l	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
PH	≥6.5 et ≤8.5	-	<6.5 ou > 8.5	-

#### I-2-4-2-Les normes Algériennes de rejet :

Les eaux usées doivent impérativement obier à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre tout type de pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration ou elles subissent plusieurs phases de traitement en fonction du flux de leur charge polluante et de la sensibilité du milieu aquatique récepteur [20].

Les valeurs guides sont consignées dans le tableau (02):



**Tableau 02:** Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur  
(Journal officiel de la république Algérienne, 2006).

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
PH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/ l
DBO <sub>5</sub>	35	mg/ l
DCO	120	mg/ l
Azote kjeldahl	30	mg/ l
Phosphates	02	mg/ l
Phosphore total	10	mg/ l
Cyanures	0,1	mg/ l
Aluminium	03	mg/ l
Cadmium	0,2	mg/ l
Fer	03	mg/ l
Manganèse	01	mg/ l
Mercure total	0,01	mg/ l
Nickel total	0,5	mg/ l
Plomb total	0,5	mg/ l
Cuivre total	0,5	mg/ l
Zinc total	03	mg/ l
Huiles et Grasses	20	mg/ l
Hydrocarbures totaux	10	mg/ l
Indice phenols	0,3	mg/ l
Fluor et composés	15	mg/ l
Etain total	02	mg/ l
Composés organiques chlorés	05	mg/ l

# **Chapitre II**

## **Traitement des eaux usées**

**II-1-Les grandes étapes de traitement:****II-1-1-Le prétraitement:**

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible (de taille comprise entre 0,1 et 50 mm) de gêner le fonctionnement des ouvrages [21].

**Comment?****II-1-1-1-Le dégrillage:**

Retient les solides de taille importante. Il y en a deux, un grossier pour les objets volumineux et un autre plus fin (environ 10 à 20 mm). Les déchets, appelés « refus de dégrillage » sont soit incinérés, soit envoyés en décharge [22].

**II-1-1-2-Le dessablage:**

Permet d'éliminer des solides fins grâce à leur poids sans prendre encore le temps d'une décantation. On fait passer l'eau dans un canal à une vitesse modérée pour que le sable et les graviers tombent au fond. Ceux-ci peuvent être réutilisés ou mis en décharge selon la qualité du lavage auquel ils seront soumis [22].

**II-1-1-3-Le déshuilage/dégraissage:**

Consiste à enlever les matières flottantes en surface. L'injection de bulles aide à séparer les matières grasses de l'eau. On parle de déshuilage pour une séparation liquide – liquide et de dégraissage pour une séparation solide – liquide. Les matières ainsi recueillies seront incinérées ou mises en décharge, elles auraient nuit au traitement biologique [22].

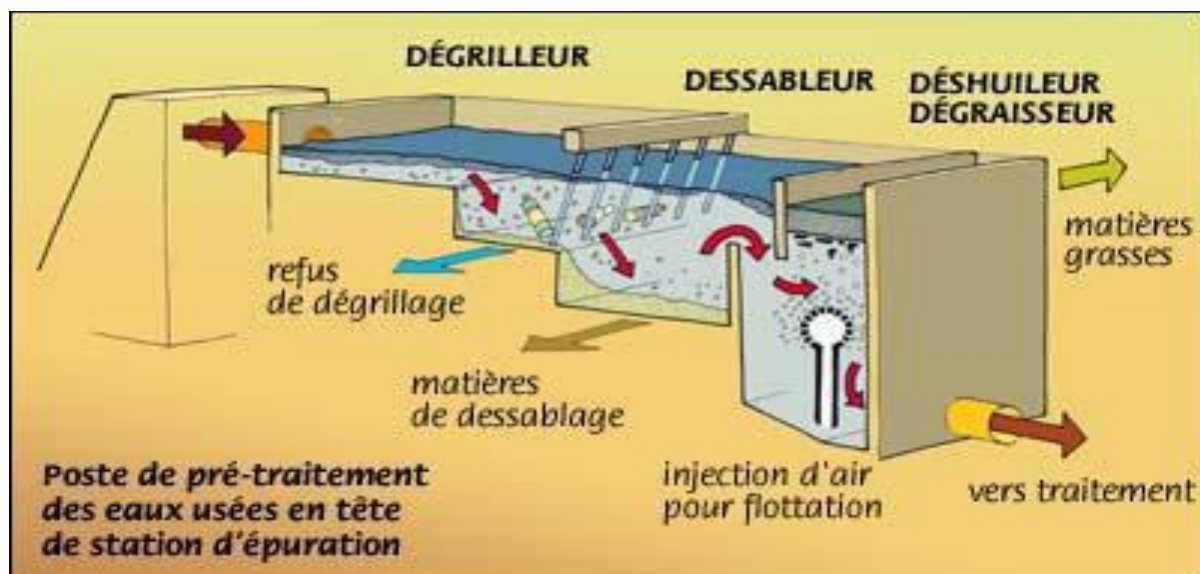


Figure (02): Les étapes du pré-traitement [22].

### II-1-2-Le traitement primaire:

Consiste en une décantation procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. A pour bute d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau par la gravité. L'ajout de substances chimiques favorise la formation de flocons de matières qui tombent au fond du bassin pour former les boues primaires [22].

### II-1-3-Le traitement secondaire biologique:

L'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries [13].

Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale ( $\text{NH}_3$ , ...) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO d'une part (aérobie), et à réduire d'autre part les molécules comportant de l'oxygène :  $\text{NO}_3$  (anoxie),  $\text{SO}_4$  et  $\text{CO}_2$  (anaérobie). Ils vont permettre ainsi d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des MES [21].

**II-1-3-1-Traitement secondaire anaérobie:**

La digestion anaérobie a été découverte il y a plus de trois siècles. C'est en 1630 que des scientifiques ont pour la première fois constaté qu'un gaz inflammable pouvait se dégager d'une matière organique en décomposition [23].

Le traitement anaérobie utilise dans certains effluents industriels très chargés en pollution organique. Les conditions anaérobies sont caractérisées par l'absence d'oxygène. Dans la gestion des boues de vidange, la dégradation anaérobie se produit à chaque fois que l'oxygène est épuisé, ce qui a lieu dans les lagunes anaérobies, les bassins facultatifs, les fosses septiques et les bassins de décantation. La fermentation anaérobie peut être utilisée pour traiter les boues de vidange. Les digesteurs anaérobies sont une solution intéressante pour la stabilisation des boues de vidange, le biogaz qu'ils génèrent pouvant être utilisé pour produire de l'énergie. Selon Arthur et al. (2011), ce gaz est principalement composé de méthane (55 à 75 %) et de dioxyde de carbone (30 à 45%) [24].

**II-1-3-2-Traitement secondaire aérobie:**

Le terme « aérobie » désigne les milieux pourvus d'oxygène et les organismes ayant besoin d'oxygène pour respirer. Les microorganismes sont qualifiés de « strictement aérobies » lorsque leur croissance exige obligatoirement de l'oxygène et « facultativement aérobies » s'ils peuvent survivre dans des conditions anaérobies. Les procédés de traitement aérobie couramment utilisés pour le traitement des eaux usées sont les boues activées, les réacteurs séquentiels (« SBR » en anglais), les lits bactériens et les bassins de lagunage dits « facultatifs » ou « de maturation » [24].

**II-1-3-2-1-Technologie de traitement par des cultures fixées:**

Les cultures fixes, où les bactéries sont fixées sur un support, par exemple les disques biologiques, les filtres à sable ou les lits bactériens. Dans les lits bactériens, les pores de la pouzzolane servent de refuges aux bactéries épuratrices. Il y a aussi des cultures fixées sur des supports fins, par exemple les filtres à sable biologiques [22].

**✚ Lit bactérien:**

L'eau est préalablement décantée, passe dans un dégrillage puis est introduite dans un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux

micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique qui assimile la pollution. La dispersion de l'eau à traiter en surface du lit est réalisée par un dispositif tournant en contre-réaction des jets d'eau. Une aération naturelle est réalisée grâce à des ouïes d'aération. Le film biologique se décroche au fur et à mesure que l'eau percole. En sortie du lit bactérien se trouve un mélange d'eau traitée et de biofilm. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle [25].

#### **Disque biologique:**

Une biomasse est fixée sur des disques tournant autour d'un axe horizontal et baigne en partie dans l'eau à traiter, de manière à se trouver alternativement en contact avec l'eau et l'oxygène de l'air. Un film bactérien se forme sur les disques. Lorsque ce film devient trop épais il se détache et est entraîné vers un décanteur où il forme des boues qui sont en partie recyclées vers l'amont du traitement. Le dimensionnement (nombre de disques, capacité des cuves...) est effectué par le constructeur. Les données à fournir sont: la charge hydraulique, la charge biologique, la température extérieure, la température de l'effluent, la nature du prétraitement s'il existe, la qualité de l'effluent désirée à la sortie [25].

#### **II-1-3-2-2-Technologie de traitement par des cultures libre:**

Où les bactéries évoluent librement dans l'eau, par exemple les boues activées ou le lagunage [22].

#### **Les boues activées :**

Le principe des boues activées est que les effluents prétraités séjournent dans un bassin aéré artificiellement appelé aussi bassin d'aération contenant une certaine biomasse bactérienne. Les bactéries absorbent les matières organiques et forment des floes appelés «boues activées». Ces boues sont décantées dans un décanteur secondaire ou clarificateur. Une partie des boues est réinjectée en amont, dans les bassins d'aération, pour renforcer les processus bactériologiques (renouvellement de la flore bactérienne). L'excès de boue est collecté, puis traité (incinération) ou recyclé en agriculture [20].

#### **Les techniques de lagunage:**

Le choix s'opère selon les conditions de l'effluent et les moyens mis en oeuvre. Il existe différents types de lagunes:

**✓ Lagunage aéré:**

Les lagunages « aérobies », parfois appelées lagunes de maturation, sont aérées et l'eau y circule artificiellement, l'air favorisant la dégradation des déchets. Les algues et les plantes se nourrissent des éléments dissous par les bactéries et se développent par photosynthèse. Les particules solides tombent et sont digérées au fond de la lagune. Leur profondeur est le plus souvent assez faible et inférieure à 1,5 m de façon à permettre à la lumière de favoriser la photosynthèse et l'épuration. Les bassins aérobies peuvent être mis en série ou divisés en deux parties, la dernière réalisant une aération très faible ou nulle pour permettre la sédimentation des déchets [26].

**✓ Lagunage naturel:**

Un lagunage naturel est un procédé de traitement biologique des eaux usées se faisant dans des bassins où est maintenue une tranche d'eau de 0,8 à 1,5 m. Les microphytes, qui sont des algues, les petits animaux (protozoaires, rotifères, crustacés) et les bactéries, en présence d'oxygène, vont transformer les charges polluantes et stabiliser les boues. Les bactéries anaérobies jouent le même rôle dans les sédiments. On distingue quatre grands groupes de micro-algues représentant plus de 100 000 espèces:

- Les algues bleues ou, cyanophycées, sont des organismes procaryotes, c'est à dire sans noyau défini, elles sont riches en un pigment bleuté: la phycocyanine.
- Les algues vertes ou, chlorophycées, sont comme les groupes qui vont suivre des eucaryotes. Ces algues sont caractérisées par la présence d'un pigment vert: la chlorophylle.
- Les algues brunes ou, phaeophycées, révèlent un excès de caroténoïdes donnant cet aspect brun à jaune d'or.
- Enfin, les algues rouges ou, rhodophycées présentent, pour elles, un excès de phycoérythrine [19].

**✓ La lagunage macrophyte:**

Dans ce système, l'eau est apparente: 30-40 cm d'eau au-dessus d'un substrat composé le plus souvent de graviers ou de sable dans lequel sont repiqués les végétaux aquatiques. Ce système nécessite une superficie suffisamment grande: 10-12 m<sup>2</sup> par usager. Les eaux usées

séjourner simplement dans une série de bassins à ciel ouvert peuplés de végétaux aquatiques. Le roseau (ou phragmite) et autres plantes vigoureuses ont été largement utilisés à cet effet sous le nom de «macrophyte ». Ces dernières consomment les composés polluants dissous dans l'eau – azote et phosphore – qui constituent pour eux des éléments nutritifs. Par ailleurs elles servent de supports à de nombreux organismes microscopiques – algues et bactéries – qui font le gros du travail. Les végétaux fixent les colonies de bactéries sur la base de leurs tiges et leurs rhizomes (tiges souterraines), ce qui améliore les performances des organismes épurateurs. Par ailleurs, ils absorbent par leurs racines une partie (10 % environ) des sels minéraux – nitrates et phosphates – issus de la décomposition de la matière organique présente dans les eaux usées [10].

### **II-1-4-Le traitement complémentaires (ou tertiaires):**

Pour obtenir une épuration plus poussée, notamment lorsque la sensibilité de milieu récepteur l'exige (zone de baignade, vie piscicole, prise d'eau potable en aval de la station...). On ajoute des traitements complémentaires aux traitements de base lorsque les eaux usées doivent être rejetées dans des écosystèmes fragile. Parmi ces traitements supplémentaires, la désinfection permet d'éliminer les microorganismes pathogènes par l'ajout de chlore ou d'ozone ou par l'action de rayons ultraviolets. La déphosphatation, quant à elle, permet de précipiter les phosphates en excès dans l'eau en y ajoutant de la chaux ou du chlorure de fer. Finalement, une filtration sur un lit de sable et de charbon activé permet d'éliminer divers contaminants chimiques [27].



# **Chapitre III**

## **Méthode et matériel**

**III-1-Le fonctionnement du filtrage des eaux usées par les plantes:**

Dans la nature, les zones humides jouent un rôle important dans l'assainissement naturel des eaux des lacs, ruisseaux et rivières parmi d'autres. C'est de ce processus naturel qu'a été inspirée la phytoépuration, un système dans lequel les plantes filtrent les eaux usées. Une alternative intéressante par rapport aux stations d'épuration et aux systèmes d'assainissements autonomes. Ce qu'il faut comprendre dans le fonctionnement du filtrage des eaux usées par les plantes [28].

**III-1-1-La phytoépuration:**

Un système naturel et efficace, la phytoépuration, autrement appelée lagunage, utilise les bactéries présentes dans les racines des plantes pour épurer l'eau. Les eaux usées sont ainsi acheminées vers le filtre planté qui est composé de plantes végétales soigneusement sélectionnées pour leur capacité d'absorption des polluants contenus dans l'eau, d'un bassin artificiel et de substrat. Tous ces éléments réunis vont développer naturellement les micro-organismes indispensables pour filtrer les eaux usées par les plantes [28].

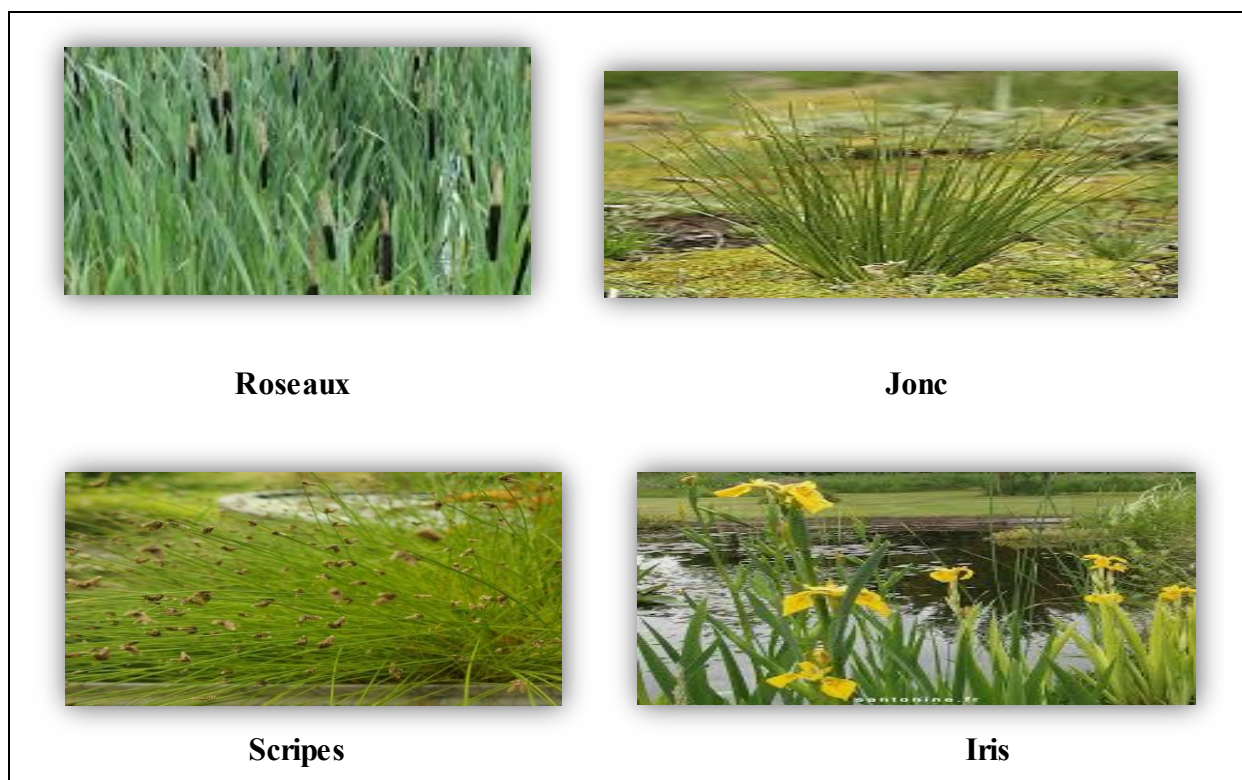
**III-1-2-Le principe:**

Les plantes filtrent les eaux usées, plus particulièrement, certaines espèces de plantes aquatiques sont capables de transformer les polluants présents dans l'eau, tels que le chlore, le phosphore, l'azote et les métaux lourds. Ces éléments sont nocifs pour l'environnement, mais constituent cependant d'excellentes nourritures pour ces plantes aquatiques abritant de nombreux micro-organismes microscopiques participant à l'épuration de l'eau. Les bactéries vont ainsi transformer les matières organiques en matières minérales qui deviendra la nourriture des plantes. Ces dernières vont ensuite croître et dégager de l'oxygène. Ainsi, les plantes filtrent les eaux usées grâce à leur photosynthèse [28].

**III-1-3-Types des plantes utilisées:**

Les plantes utilisées dans le traitement des eaux usées sont toutes des plantes de marais. Ou on retrouve des plantes émergentes telles que la quenouille (*Typha* sp), le roseau (*Phragmites australis*) et le jonc (*Juncus* sp), les plantes flottantes telles que les lentilles d'eau (*Lemna minor*) ou lenticules (*Lemna* sp.), la jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes*) et l'hydrocotyle d'Amérique (*Hydrocotyle umbellata*), ainsi que les plantes submergées telles que les myriophylles à épis (*Myriophyllum spicatum*), l'élodée du Canada (*Elodea canadensis*) et le potamot (*Potamogeton* sp.) (Figure 00). Chacune des espèces peut croître dans des situations particulières et le choix des plantes doit être associé aux conditions

d'exploitation des systèmes. En effet, par exemple, le *Phragmites australis* (roseaux) qui est le plus communément utilisé est une plante qui croît naturellement en bordure des marais, dans les secteurs où il y a des périodes d'assèchement et d'inondation séquentielles et où le niveau moyen de la nappe est souvent près de la surface. C'est pourquoi ce type de plante se comporte très bien dans les systèmes de traitement à écoulement sous la surface ou près de la surface [29].



**Figure (03): Photos de quelques plantes macrophytes. [3]**

#### **III-1-4-Le *Phragmites australis* (roseau):**

Herbe géante, couramment appelé roseau commun ou *Phragmites australis*, était antérieurement aussi nommé *Phragmite communis*; c'est une espèce cosmopolite et très polymorphe, appartient à la famille des Poacées (Graminées), classé dans la tribu des Festucées; affectionne particulièrement les milieux humides non boisés, mais elle peut fort bien croître sur un sol sec. Le roseau se propage essentiellement de manière végétative par le biais de rhizomes et de stolons et lorsqu'il s'installe dans un nouveau site, il peut donc, si les conditions lui sont favorables, envahir très rapidement une grande superficie et former des colonies particulièrement denses pouvant atteindre 325 tiges par mètre carré avec une hauteur de 4 mètres. Les terrains occupés par le phragmite sont appelés roselières. La présence

marquée du phragmite laisse croire qu'il est une plante opportune dans l'épuration des eaux usées ayant libre cours dans l'environnement [3].

Le roseau est la plante filtrante la plus utilisée au monde pour dépolluer les eaux usées soit sous forme de filtre alluvionnaire végétalisé ou sous forme de bassin planté. Un filtre alluvionnaire est un type de barrage qui empêche les matières polluantes de le traverser et, ainsi, les emprisonnent. Un bassin planté est une technique d'épuration par cultures fixées de bactéries sur support (ou massif) végétalisé. En transportant de l'oxygène pur dans ses rhizomes (la partie souterraine et parfois subaquatique de la tige de certaines plantes vivaces), le roseau est très performant pour traiter les charges organiques [30].

#### **III-1-5-Le rôle de roseaux:**

Ces plantes disposent d'un système racinaire très dense qui améliore l'oxygénation des filtres, une condition sine qua non au développement des micro-organismes adéquats. Poursuivant leur croissance même en hiver, les rhizomes assurent le fonctionnement permanent de la station d'épuration. Les oscillations des roseaux, sous l'action des vents, entraînent un mouvement des tiges et racines dans la masse des boues et au sein du massif. Ainsi, les boues ne risquent pas de colmater les lits filtrants [31].

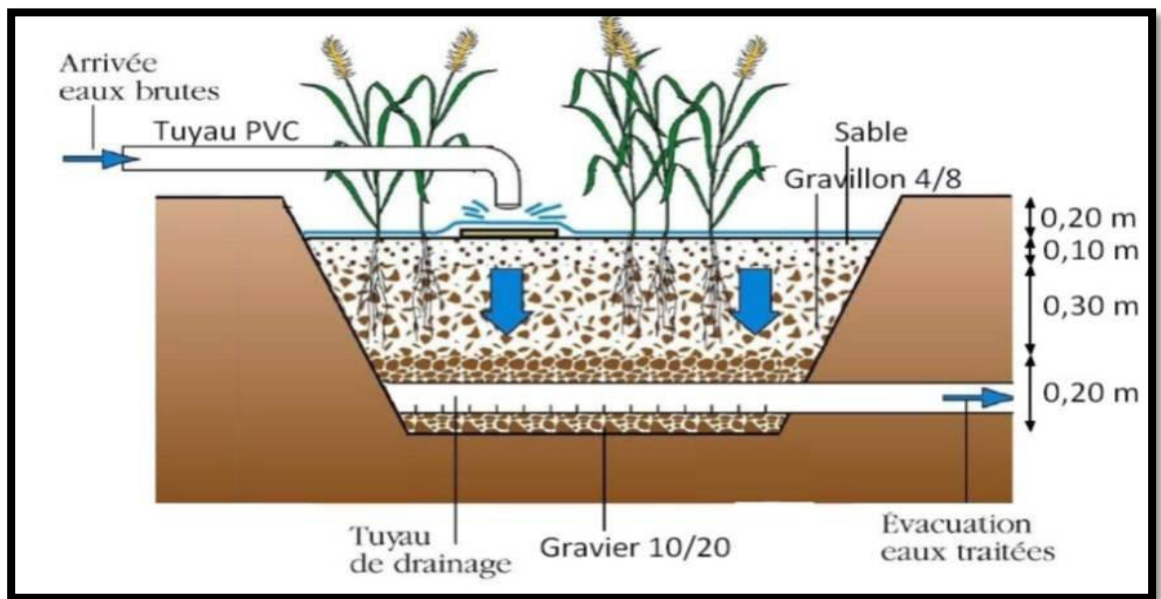
#### **III-1-6-Les types de filtres plantés de roseaux:**

Il existe deux types de filtres: les horizontaux et les verticaux. Ils diffèrent par leur mode d'alimentation, par le sens de l'écoulement de l'eau et par les conditions aérobies de traitement. Nous rencontrons aussi les systèmes hybrides sont en fait l'association en série de filtres verticaux et de filtres horizontaux [31].

##### **III-1-6-1-Les filtres plantés à écoulement vertical: [32]**

###### **► Principe:**

Il est constitué de couches successives de granulats allant du plus grossier au fond au plus petit à la surface. Associé à un drain en fond de filtre, cette disposition permettra l'écoulement vertical.



**Figure (04): Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement vertical. [32]**

Ce filtre, permet deux actions sur l'effluent:

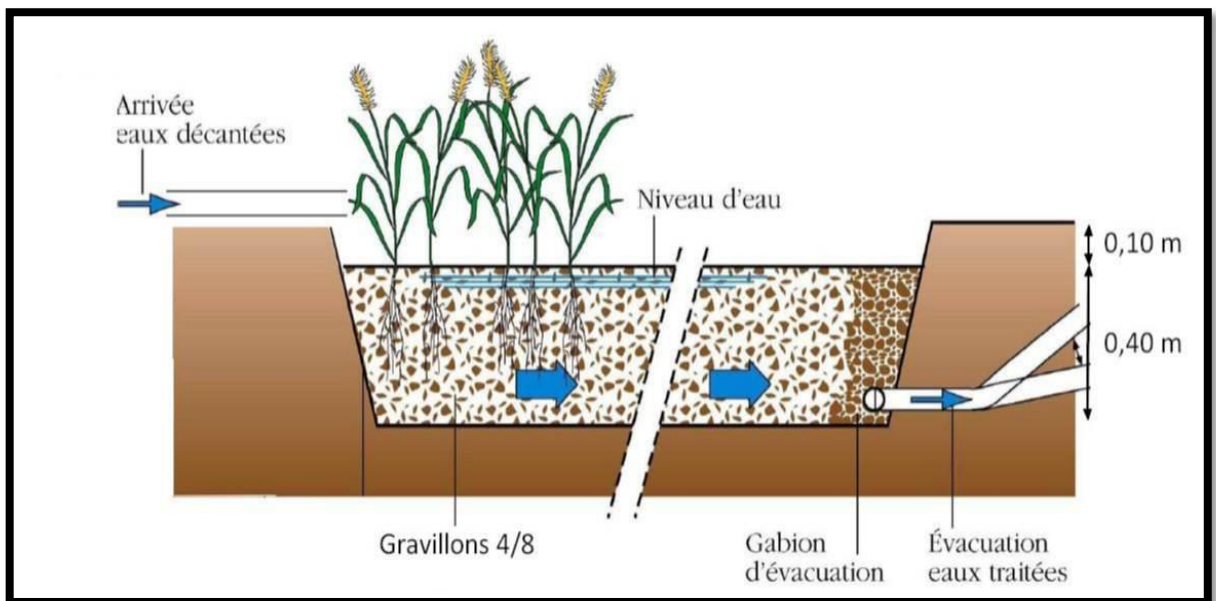
- La filtration, c'est-à-dire la rétention physique des matières qui se trouvent en suspension dans les eaux usées.
- La dégradation biologique d'une partie des matières dissoutes, effectuée par la biomasse bactérienne aérobie (utilisant l'oxygène) présente dans les granulats. Les conditions d'oxygénation du premier filtre permettent surtout la dégradation de la fraction carbonée des effluents (grâce à des bactéries) mais une nitrification partielle (oxydation de l'azote organique et ammoniacal) est également notée.

Ce filtre est planté de roseaux (*Phragmite australis*) à une densité d'environ 6 plants par mètre carré. Dans le filtre à écoulement vertical, le rôle des roseaux est surtout mécanique: le développement dense des tiges et des rhizomes qui viennent percer la couche de dépôts superficiels, évite le colmatage du massif drainant et crée un cheminement d'oxygène qui contribue au maintien de conditions aérobies homogènes dans l'ensemble du filtre. De plus, le vent qui agite les tiges des roseaux facilite le craquellement et donc la décomposition des matières organiques retenues en surface, propice à la création d'un terreau perméable. Par ailleurs, on observe la formation d'une couche de compost en surface. Il sera à retirer tous les 10 ans environ (ce qui correspond à 10 cm).

## III-1-6-2-Les filtres plantés à écoulement horizontal: [32]

## ► Principe:

Un gabion avec des graviers grossiers est placé en sortie du filtre ainsi qu'une sortie tuyau remontant à la verticale afin de permettre l'écoulement horizontal et de régler la hauteur d'eau dans le filtre. Le reste du massif contiendra des graviers de taille uniforme moyenne.



**Figure (05): Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal. [32]**

Ce filtre permet:

- La dégradation biologique d'une partie des matières dissoutes, effectuée par la flore bactérienne anaérobie présente dans les granulats.
- La dénitrification partielle, c'est-à-dire la réduction du nitrate (sous sa forme toxique) par les bactéries en une forme plus neutre pour l'environnement. L'aération du massif de filtration résulte uniquement des apports provenant des racines des plantes et de la diffusion gazeuse dans la partie non saturée superficielle. L'apport d'oxygène par unité de surface est donc globalement beaucoup plus faible et est très inégalement réparti, ce qui entraîne la formation de zones anaérobies, aérobies et aéro-anaérobies, favorisant le déroulement de processus biochimiques de dégradation de la matière organique et azotée. En effet, l'apport relativement faible en oxygène limite la croissance des bactéries aérobies autotrophes "et hétérotrophes",

et donc par conséquent, la dégradation de la fraction carbonée et surtout l'oxydation des matières azotées. En revanche, les mécanismes anaérobies et aéro-anaérobies (qui se déroulent au contact du système racinaire des macrophytes) participent à la transformation des formes réduites de l'azote (dénitrification). Les plantes sur ce type de filtre peuvent être plus variées que sur le filtre vertical. Le rôle des plantes est donc esthétique et toujours mécanique via leur système racinaire.

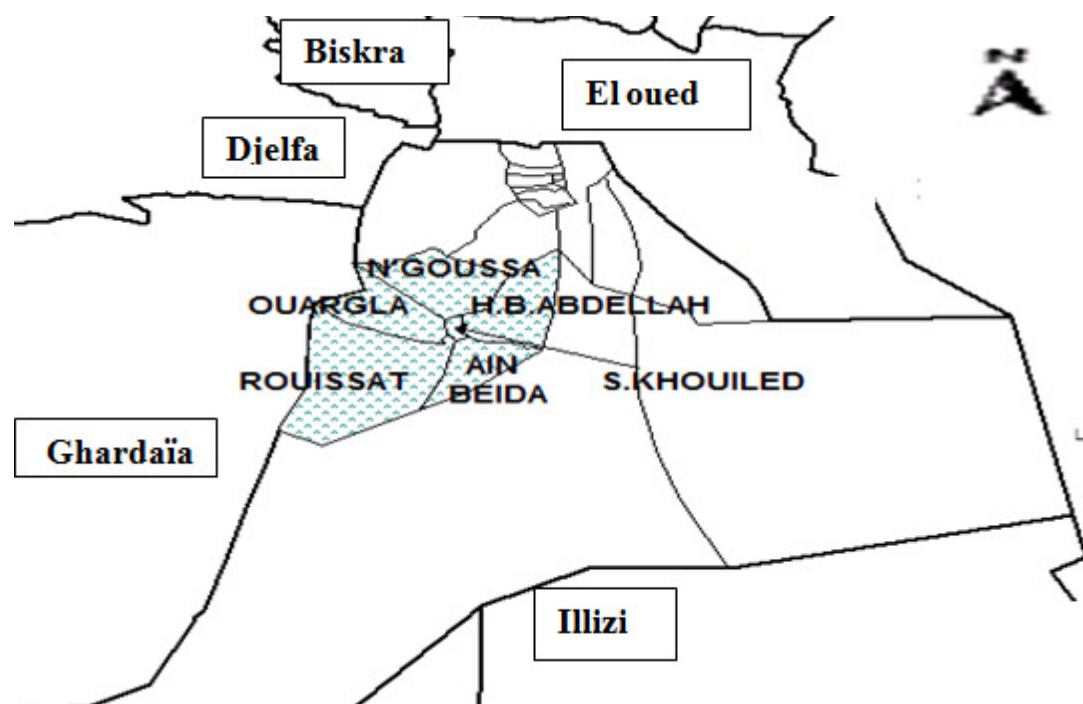
### **III-1-6-3-Les systèmes hybrides:**

Les systèmes hybrides sont en fait l'association en série de filtres verticaux et de filtres horizontaux. L'association la plus courante est constituée de deux étages consécutifs de filtres verticaux en parallèle suivis de deux ou trois étages de filtres horizontaux en série. L'intérêt d'une telle association est d'obtenir une bonne nitrification dans les filtres verticaux qui sont bien oxygénés, mais aussi une dénitrification dans les filtres horizontaux où l'on trouve les conditions d'anoxie nécessaires à cette réaction. Les rendements de la dénitrification ne sont pas très élevés car les bactéries dénitrifiantes ont besoin de matière organique pour se développer et dénitrifier correctement. Or, en sortie des filtres verticaux, la majeure partie de la matière organique a été dégradée, elle n'est donc plus disponible pour les bactéries. Des variantes ont aussi été étudiées plus récemment, où l'on trouve des filtres horizontaux en premier étage suivis de filtres verticaux, les premiers filtres ont pour rôle la rétention des matières en suspension et l'élimination des matières organiques dissoutes, les seconds mieux oxygénés assurent la nitrification. Une recirculation des effluents nitrifiés en tête de traitement peut permettre d'obtenir de bons résultats en matière de dénitrification, mais ce dispositif nécessite d'installer des pompes et organes de programmation dont la complexité serait en contradiction par rapport à la rusticité des filtres plantés de macrophytes qui est leur principal intérêt [3].

## **III-2-Présentation:**

### **III-2-1-Présentation de la région d'étude:**

La région d' Ouargla est située au Sud- Est de l'Algérie, à une distance de 850 Km de la capitale Alger. Elle couvre une superficie de 163.233 Km<sup>2</sup>. Elle se trouve dans le Sud-est de (5° 19' longitude Est, 31°57' latitude Nord), elle limitée au Nord par les wilayas de Djelfa, Biskra et d'El-Oued, à l'Est par la Tunisie au Sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa .



Figure(06): Carte géographique Ouargla.

### III-2-1-1-Caractéristiques climatiques de la région de Ouargla (2019):

La ville de Ouargla est caractérisée par un climat saharien du type désertique continental, avec une pluviométrie très réduite, et une forte évaporation, elle est caractérisée par un climat chaud et sec durant la saison estivale (de Mai à Septembre), et froid pour la période hivernale (Décembre à Février).

L'analyse des données climatiques d'Ouargla (Tableau 06, Annexe 02) permet de tirer les conclusions suivantes:

#### III-2-1-1-1-La température:

La température moyenne annuelle est de 25.25 °C, avec un maximum de 37 °C au mois de Juillet, Aout et un minimum de 13 °C au mois de Janvier.

#### III-2-1-1-2-Pluviosité:

D'après les données météorologiques pendant cette année 2019, les précipitations sont rares et irrégulières. Elles sont de l'ordre de 65.87 mm/an.

#### III-2-1-1-3-Les vents:

Le vent est un paramètre climatique déterminé par sa vitesse et sa direction. Le Sirocco, vent chaud et sec, souffle couramment dans la région de Ouargla et il crée souvent des tourbillons de sable. La vitesse du vent atteint un maximum de 6.94 m/s au mois de Avril et un minimum de 4.44 m/s au mois de Aout et Octobre .



**III-2-1-1-4-L'humidité:**

L'humidité relative est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'air, elle est considérée comme l'un des principaux facteurs climatiques qui ont une action écologique importante à côté de celles de la température et de la lumière. La région de Ouargla se caractérise par un faible taux d'humidité relative, elle est de l'ordre de 17 % en Juillet, atteignant un maximum de 48 % au mois de Décembre et une moyenne annuelle 32 %.

**III-2-1-1-5-L'évaporation:**

Notre région d'étude est caractérisée par une évaporation très importante, L'évaporation moyenne annuelle est de 263.87 mm avec 499 mm au mois de juillet et 113.6 mm au mois de Janvier.

**III-2-1-1-6-Insolation:**

Les radiations solaires sont très importantes au Sahara car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année la région d'Ouargla. La durée moyenne d'insolation est de 267.75 h/mois avec un minimum de 226.6 h/mois au mois de Février et un maximum de 320.1 h/mois au mois de Mai.

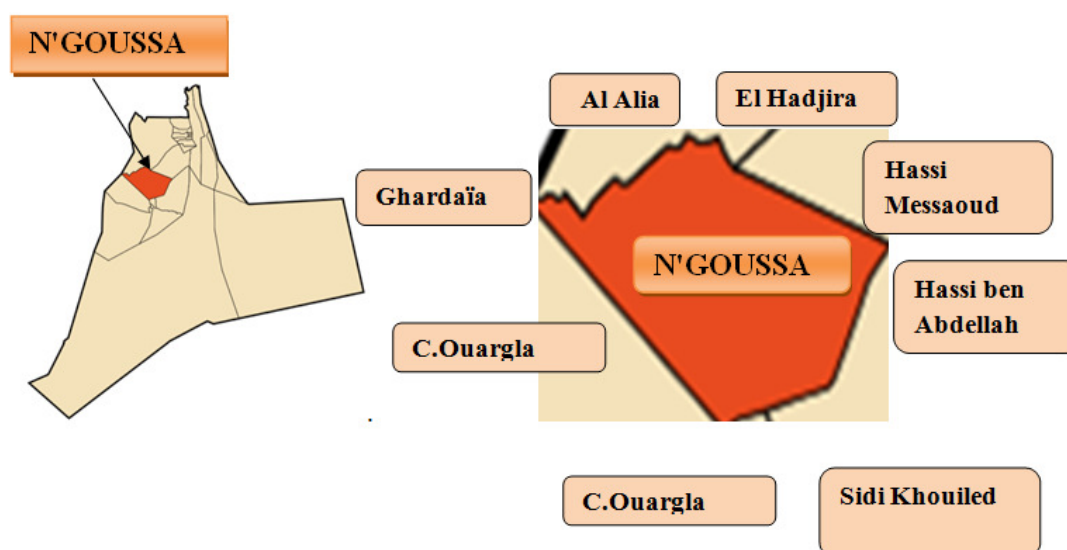
**III-2-2-Présentation de la zone d'étude:**

La région de N'goussa est l'une des dix daïras de la wilaya de Ouargla se trouve au Nord de cette dernière sur une distance à 22 km. Elle est traversée par la route communal d'Ouargla-ElBour. Elle est peuplée par 16 581 habitants, avec une densité de 5,7 hab/km<sup>2</sup> pour une surface de 2 907 km<sup>2</sup> [24].

Cette dépression ou cuvette s'étend entre les coordonnées: X: 32° 08' 27" Nord et Y: 5° 18' 30" Est. N'goussa est délimitée par les dunes de sable à l'Est et par les palmeraies à l'Ouest. L'extension de N'goussa se fait actuellement vers le Nord par des maisons traditionnelles et vers l'Est par un groupement d'habitations individuelles. À l'Ouest se situe la Casbah constituée de maisons anciennes dont la majorité est ruinées. Le terrain est relativement plat, avec une côte moyenne de l'ordre de 130m au-dessus de la mer. Elle se limite:

- Au Nord par Hadjira.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.
- Au l'Est par Hassi Ben Abdellah.

- Au l'Ouest par Zelfana.



**Figure (07): Carte géographique de N'goussa. (Source: Agence Nationale de Développement de l'Investissement-2014)**

### III-2-3-Présentation de la station (STEP N'goussa):

La station d'épuration des eaux usées par végétation située dans la commune de N'goussa. La station se situe au point le plus bas du réseau d'évacuation des eaux usées. La station d'épuration de N'goussa a été réalisée dans le cadre du méga projet de lutte contre la remontée des eaux d'Ouargla, elle traite les eaux usées urbaines de la daïra de N'goussa, au moyen des filtres plantés de roseaux [24].

Installé en 2010 et fonctionne depuis 2011. Utilisation de l'énergie solaire projet pilote de la STEP. Les caractéristiques des rejets sont typiquement celles d'un rejet domestique. C'est un des dispositifs extensifs de traitement biologique des eaux usées par macrophyte. Les plantes utilisées sont des phragmites australis plus communément appelés «roseaux» [8].



**Photo (01): STEP N'goussa (Source: Google earth)**

La station d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical est constituée par quatre bassins en parallèle planté de roseaux, chaque bassin est divisé en trois parties égales fonctionnant en alternance. Chaque bassin est composé de trois entrées principales uniformément répartis le long du bassin (une entrée à chaque partie), où chaque entrée de fourchette des tubes destiné à l'alimentation par bâchés. L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans l'arrosage des arbres de la station et le reste est jeté vers la Sebkhha de N'goussa.

- **Procédé d'épuration:** filtre planté de roseaux (Phragmites Communis Trinius).
- **Type:** filtre à écoulement vertical.
- **Capacité:** 11000 Eq/hab.
- **Débit nominal:** 1743 m<sup>3</sup> / j.
- **Débit moyen traité:** 800 m<sup>3</sup> / j.
- **Temps de séjour:** 03 jour chaque bassin.
- **Densité de plantation:** entre (200-250) planté de roseaux par m<sup>2</sup>.

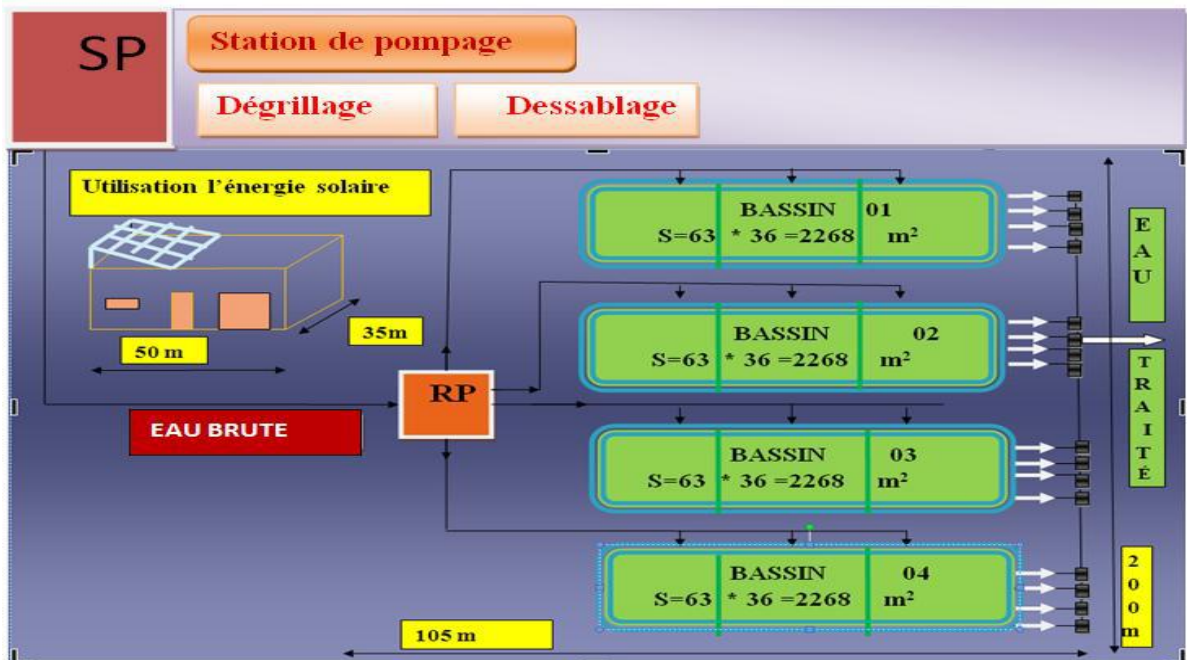


Figure (08): Schéma général de la station d'épuration N'goussa.

- Surface de chaque bassin:  $S = 63\text{m} * 36\text{m} = 2268\text{m}^2$ .
- Surface total des bassins:  $St = 2268 * 4 = 9072 \text{ m}^2$ .
- Surface total de la station:  $ST = (200 * 105) + (35*50) = 22750 \text{ m}^2$ .
- Taux de raccordement réseau assainissement: 80%.
- Caractéristiques des réseaux: Linéaire de collecteurs gravitaires 26 km.
- Profondeur de bassin: 80 cm.
- La pente du fond du lit: 8 % l'écoulement gravitaire (doit permettre de vidanger complètement le filtre) [24].

### III-3-Les étapes de fonctionnement de la station:

#### III-3-1-Station de pompage:

A l'est de la station ,se situe la station de pompage à une distance de 2 Km. Au niveau de la station ,l'eau subit d'abord un prétraitement ,pour éliminer les plus grosses particules et matières afin d'éviter le bouchage et le colmatage des tuyaux de distribution.



**Photo (02):** Station de pompage.

### III-3-2-Répartiteur:

Répartiteur se situe dans la station, compose de quatre vannes pour distribuer l'effluent brute vers les bassins de par alternance.



**Photo (03):** Répartiteur.

### III-3-3-Les bassins:

L'effluent passe dans différents bassins remplis de substrat drainant de galets, graviers, pouzzolane et de plantes de roseaux qui servent de support aux bactéries aérobies et aux autres micro-organismes qui transforment la matière organique présente dans les eaux usées.



**Photo (04):** Filtre planté de roseaux.

On arrose chaque bassin en trois étapes sur trois jours on irrigue le premier tiers du bassin pendant une journée complète, alors le deuxième tiers pendant la journée suivante, enfin le dernier tiers pendant la troisième journée, puis on arrose le deuxième bassin, puis troisième et le quatrième de la même manière. L'eau traitée se rassemble devant la deuxième bassin pour la réutilisation dans la arrosage des arbres de la station et le reste est rejeté vers Sebkhath N'goussa.



**Photo (05):** Regard de rassemble l'eau traitée.

### III-4-Fiche descriptives de l'espèce utilisée:

#### III-4-1-Caractéristique et identifications:

Roseau Phragmites communis trouve dans la station d'étude. Et s'installe dans les stations naturelles très humides et dans les terrains salés.

- **Nom scientifique:** phragmites communis.
- **Nom vernaculaire:** Guesab (roseaux).
- **Type biologique:** Vivace.



**Photo (06): Phragmites Communis trinius (STEP N'goussa).**

#### III-4-2-Description: [23]

Plante pérenne rhizomes rampants et portant de nombreuses tiges élevées pouvant atteindre quatre (04) mètres de hauteur. Tiges droites et dures feuilles glauques, à lignine courtes et ciliées, elles sont alternées et longuement acuminées.

- **Inflorescence:** Brune jaunâtre, composant de très nombreux épillets.
- **La biogéographie:** Dans les endroits humides, dans les lits d'oued, les guettas et drains, à proximité des palmerais.
- **Période de végétation:** Floraison en Avril Mai.
- **Utilisation:** Les longues Cannes (tiges) sont taillées et assemblées pour utilisation comme abris du soleil et comme instrument entrant dans confection

des tapis traditionnels. Elles sont aussi utilisé pour fabriqué des "Kalam" plumes pour écrire sur les tablettes coraniques. C'est un bon pâturage pour les animaux d'élevage.

### **III-5-Echantillonnage d'eau:**

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 physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une métho-dologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable [9].

Les points de prélèvements choisis dans cette étude sont:

L'entrée et la sortie de la station d'épuration N'goussa pour l'analyse des paramètres de pollution (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, pH... et O<sub>2</sub> dissous), a chaque semaine.

### **III-6-Période de prélèvement:**

Les prélèvements sont effectués chaque semaine au matin , ils sont réalisés dans des flacons en plastiques en utilise une perche de 2 à 3 m pour l'analyse des paramètres de pollution.

### **III-7-Analyses physico-chimique:**

#### **III-7-1-Mesure de la DCO:**

##### **III-7-1-1-But d'analyse:**

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>.

##### **III-7-1-2-Principe:**

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



**III-7-1-3-Appareillage et les réactifs:**

<b>Appareillage</b>	<b>Les réactifs</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Pipette jaugée à 2 ml.</li><li>- Spectrophotomètre (DR 2800).</li><li>- Réacteur DCO à 150°C (HACH. LANGE).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.</li><li>- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations.</li></ul>

**III-7-1-4-Mode opératoire:**

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



**Photo(07):**Spectrophotomètre.



**Photo(08):** Réactifs DCO.



**Photo (09):** Réacture DCO.

### III-7-2-Mesure de la $DBO_5$ :

#### III-7-2-1-Principe:

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en

permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

**III-7-2-2-Appareillage:**

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

**III-7-2-3-Mode opératoire:**

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

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

**Tableau (03): Volume d'échantillon d'après la DCO:**

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

- Introduit la barre aimantée (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium.

- Visser la tête de mesure sur les bouteilles.
- Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message.
- Mettre au réfrigérant à 20°C pendant cinq jours.
- Lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle;

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur.}$$



**Photo (10):** Protocole de DBO<sub>5</sub>.



**Photo (11):** DBO<sub>5</sub> mètre.

### III-7-3-Matières en suspension (MES):

#### III-7-3-1-But d'analyse:

Est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau traitée.

#### III-7-3-2-Principe:

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

#### III-7-3-3-Appareillage:

- Balance de précision électronique (KERN. ABT).
- Filtre.
- Etuve (MEMMERT. UNB).

- Dessiccateur.
- Pompe a vide.
- Bicher.

➤ **Préparation des filtres par l'eau distillée:**

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

➤ **Filtration de l'échantillon:**

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

Le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée. On calcule de la teneur en MES selon l'expression:

$$\text{MES} = 1000 (M_1 - M_2) / V$$

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

**M<sub>1</sub>:** La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

**M<sub>0</sub>:** La masse en (mg) de la capsule vide.

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



Photo(12): Dispositif de filtration sous vide.



Photo (13): Etuve.



Photo (14): Balance.



**Photo (15): Le dessiccateur.**



**Photo (16): Capsule plié.**

### **III-7-4-Mesure de la conductivité électrique (CE), salinité (Sal), et la température T:**

#### **III-7-4-1-Principe:**

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 eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du Conductimètre de poche Cond 340 i.

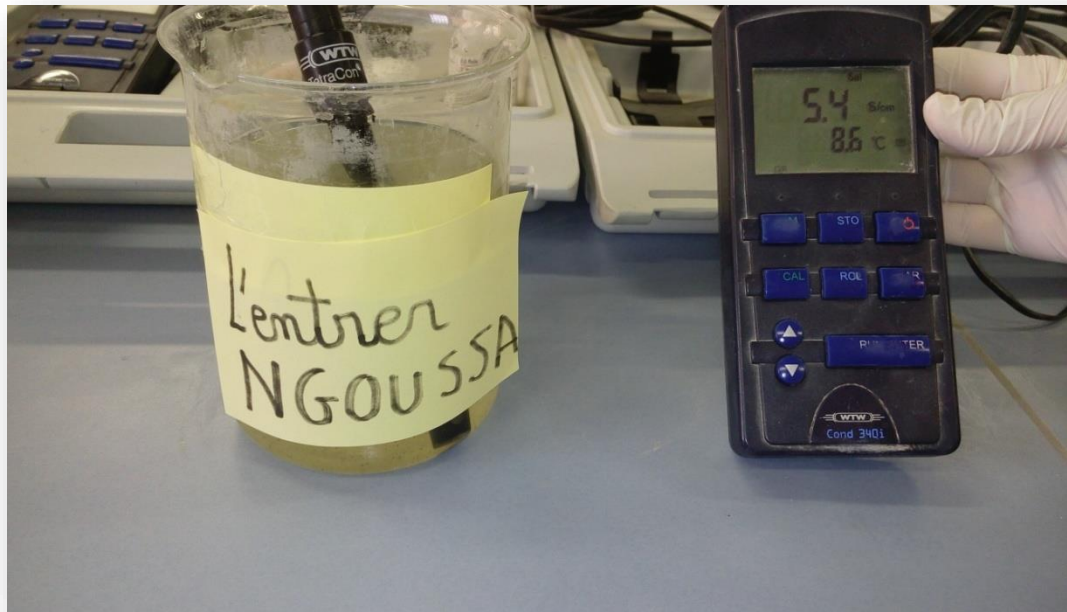
#### **III-7-4-2-Appareillage:**

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

#### **III-7-4-3-Mode opératoire:**

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution à analyser.
- Lire la CE et la salinité et la température des stabilise de celle-ci, la CE (qui s'affiche sur le conductoivimètre exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et la salinité (exprimée en mg/l) et la température (en  $^{\circ}\text{C}$ ).

- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.



**Photo (17): Conductimètre.**

### **III-7-5-Mesure le pH:**

#### **III-7-5-1-But d'analyse:**

Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

#### **III-7-5-2-Appareillage:**

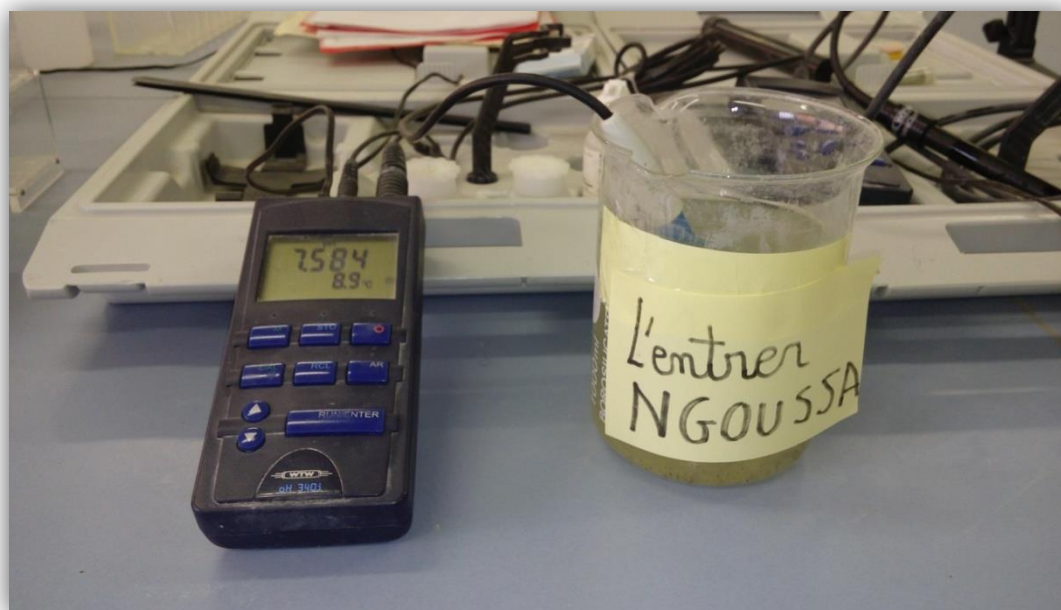
- Un pH- metre potable.
- Solution étalon 4.7 et 10.
- Pissette eau déminéralisé.

#### **III-7-5-3-Mode opératoire:**

- Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe.
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé.
- Lire le pH à température stable.



- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.



**Photo (18):** pH-mètre.

### **III-7-6-Mesure l'oxygène dissous:**

#### **III-7-6-1-Principe:**

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'oxymètre.

#### **III-7-6-2-Matériel nécessaire:**

- Un oxymètres.
- Solution alcaline électrolyte pour calibrage.
- Pissette eau déminéralisé.
- L'oxygène dissous qui s'affiche sur l'oxymètre exprimée en mg/l.

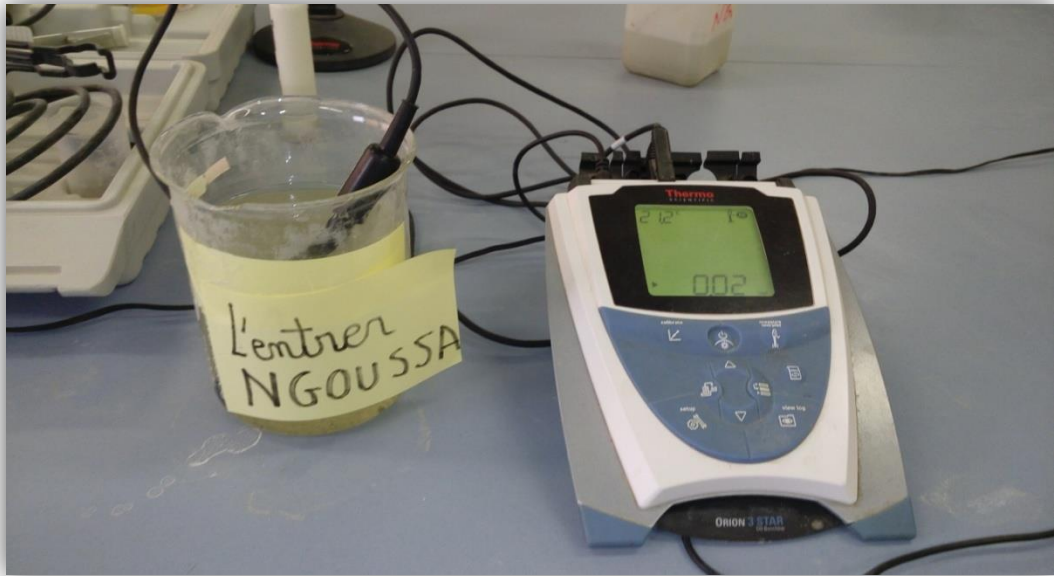


Photo (19): Oxymètres.

### III-7-7-Mesure de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):

➤ Réactifs N- $\text{NH}_4^+$  (LCK 303) gamme (2 à 47 mg/l).

L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à :

Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCapZip detachable

- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter 0.2 ml de d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DosiCap Zip dirigeant le cannelage vers le haut .
- Secouer énergiquement.
- Agiter et refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de  $\text{NH}_4^+$  en mg/l.

### III-7-8-Mesure de nitrite (N- $\text{NO}_2^-$ ):

➤ Réactifs N- $\text{NO}_2^-$  (LCK 341) gamme (0.015 à 0.6 mg/l).

Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des compose aromatique, contenant un colorant azioque de couleur intense, l'évaluation de la quantité de nitrite consiste à :

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DOZICAP ZIP détachable.

- Dévissez le DOSICAP ZIP.
- Pipetter 2.0 ml d'échantillon.
- Vissez immédiatement le DOSICAP ZIP dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- Attendre 10 min mélange de nouveau, bine nettoyer l'extérieur de la cuve et Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de  $N-NO_2^-$  en mg/l.

### **III-7-9-Mesure de nitrate ( $N-NO_3^-$ ):**

➤ **Réactifs  $N-NO_3^-$  (LCK339) gamme (0.23 à 13.50 mg/l).**

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4nitro-2.6-diméthénol. L'évaluation de la quantité de nitrite consiste à:

- Pipetter lentement 1.0 ml d'échantillon.
- Placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire Pipetter lentement 0.2 ml de la solution
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- Attendre 15 minutes, bine nettoyer l'extérieur de la cuve et de la cuve et la teneur de  $N-NO_3^-$  en mg/l.

### **III-7-10-Phosphore total (PT):**

➤ **Réactifs PT (LCK 348) gamme (0.5 à 05 mg/l).**

Les ions 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 molybdène. L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à:

- Délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipetter 0.5 ml d'échantillon.
- Vissez le DosiCap Zip: dirigeant le cannelage vers le haut.

- Secouer énergiquement.
- Chauffer dans le thermostat:
  - a) Thermostat: 60 min à 100°C.
  - b) HT 200 S: 15 min avec le programme standard HT.
- Pipetter dans la cuve une fois refroidie: 0.2 ml de réactif B (LCK 348 B), fermer immédiatement le réactif B après emploi.
- Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. Attendre 10 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et p le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de PT en mg/l.

### **III-7-11-Ortho Phosphate (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>):**

➤ **Réactifs P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (LCK 348) gamme (0.5 à 05mg/l).**

Les ions 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 molybdène. L'évaluation de la quantité d'ammonium consiste à:

- Pipetter 0.5 ml d'échantillon
- Pipetter dans la cuve une fois refroidie: 0.2 ml de réactif B (LCK 348 B). Fermer immédiatement le réactif B après emploi.
- Visser un DosiCap C (LCK 348 C) gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite. Attendre 10 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et placer le dans le spectrophotomètre DR 2800 et lire la teneur de P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> en mg/l.

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

**IV-1- Caractérisation des eaux brutes de l'entrée de STEP N'GOUSSA:**

Les résultats de l'analyse des paramètres DCO, DBO<sub>5</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, O<sub>2</sub>(dissous), MES, CE, Sal, pH, Température, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, PT, NT . Des eaux usées urbaines prélevées à l'entrée de la STEP sont présentés dans le tableau suivant:

**Tableau (04): Caractéristiques des eaux usées brutes (EB) entrant dans la station de N'GOUSSA.**

Paramètres	Min	Moyenne	Max
T (C°)	<b>12.70</b>	<b>23.525</b>	<b>34.30</b>
pH	<b>7.19</b>	<b>7.417</b>	<b>7.73</b>
CE (ms/cm)	<b>4.140</b>	<b>5.595</b>	<b>8.070</b>
Sal (mg/ l)	<b>2.8</b>	<b>2750.23</b>	<b>4500</b>
O <sub>2</sub> dissous (mg/ l)	<b>0.2</b>	<b>0.941</b>	<b>2.6</b>
MES (mg/ l)	<b>41</b>	<b>84.041</b>	<b>198.5</b>
DBO <sub>5</sub> (mg/ l)	<b>160.00</b>	<b>246.166</b>	<b>440.00</b>
DCO (mg/ l)	<b>170.00</b>	<b>374.416</b>	<b>701.00</b>
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/ l)	<b>36.90</b>	<b>48.350</b>	<b>68.80</b>
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/ l)	<b>0.066</b>	<b>0.1359</b>	<b>0.235</b>
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/ l)	<b>0.27</b>	<b>0.504</b>	<b>1.200</b>
P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/ l)	<b>1.00</b>	<b>3.562</b>	<b>6.78</b>
NT (mg/ l)	<b>45.8</b>	<b>65.212</b>	<b>88.6</b>
PT (mg/ l)	<b>3.61</b>	<b>4.995</b>	<b>6.68</b>

Les valeurs du pH des eaux usées évacuées par ces rejets varient de 7.19 comme valeur minimale à 7.73 comme valeur maximale pendant l'année. D'une manière générale, les valeurs des échantillons des eaux usées analysées sont proches l'une de l'autre et montrent que les rejets sont généralement caractérisés par une faible alcalinité. Ces résultats sont acceptables selon les normes Algériennes (5,5 -8,5). (JORA, 2009). (Tableau 04, annexe 01).

Selon le tableau 04, la valeur moyenne en température dans les eaux des rejets est 23, 52°C. Cette valeur de température répond bien à la valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur selon la norme algérienne de rejet qui est de 30°C (JORA, 2009). (Tableau 04, annexe 01).

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) obtenues mettent en évidence la minéralisation très importante des eaux usées, avec la valeur la plus élevée est de 8.07 ms/cm mesuré en Mars. Les valeurs enregistrées sont généralement élevées et montrent que ces eaux usées sont très riches en sels dissous (conductivité électrique à 20°C > 2,5 ms/cm), et au delà de 3 ms/cm, les conditions sont défavorables pour un équilibre écologique normal. Généralement, la comparaison des valeurs de la conductivité électrique au niveau des eaux usées analysées avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de déduire que ces eaux usées ne sont pas acceptables pour l'irrigation des cultures.

Les résultats obtenus montrent que la valeur moyenne de salinité dans cette année est, 2.75 g/l qui ne dépasse pas la valeur moyenne de la salinité des eaux d'irrigation utilisées localement (3,2 g/l).

Les matières en suspension MES, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées, leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes. L'analyse des résultats (Tableau 04) montre que la valeur moyenne en MES dans les eaux usées analysées 84,041 mg/l sont inférieurs à la valeur (600 mg/l) prescrite par la norme Algérienne des valeurs limites des rejets (JORA, 2009). (tableau 04, annexe 01).

Toutes les valeurs mesurées montrent une fluctuation de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) pendant cette année, l'analyse des résultats (tableau 04) montre que la valeur moyenne en DBO<sub>5</sub> dans les eaux usées 246,166 mg/l est inférieures à 500 mg/l. selon le JORA 2009. (tableau 04, annexe 01).

L'analyse des résultats (Tableau 04) montre aussi que la valeur moyenne en DCO dans les eaux usées analysées 374,416 mg/l est inférieure à la valeur limite maximale (1000 mg/l) de déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORA, 2009) (Tableau 04, annexe 01).

Selon le JORA (2009), les résultats présentés au tableau 04 révèlent que la teneur moyenne en nitrites dans les eaux usées analysées 0.13 mg/l dépassent légèrement la valeur fixée par les normes algériennes (0, 1 mg/l). (Tableau 04, annexe 01).

La concentration moyenne en azote ammoniacal dans les eaux usées des rejets de N'goussa est 48,35 mg/l. En effet, l'azote ammoniacal est le résultat de la décomposition organique d'organismes vivants (animales ou végétales) ou bien apporté par les déjections animales (matières fécales et urine) .

Les rejets d'eaux domestiques constituent généralement la principale source de pollution des eaux par les phosphates. Selon le tableau 04, la valeur moyenne en phosphates dans les eaux des rejets 3,56 mg/l dépassent la norme (2 mg/l) des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (journal officiel de la république algérienne, 2006) (Tableau 03, annexe 01). Cette augmentation des teneurs des phosphates est due à une minéralisation très poussée de la matière organique.



**IV-2-Le coefficient de biodégradabilité des effluents K:**

Tableau (05): Le coefficient de biodégradabilité des eaux usées brutes de cette étude dans l'année 2019.

<b>Mois</b>	<b>Paramètres de pollution</b>		
	DCO mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	K = DCO/ DBO <sub>5</sub>
Janvier 2019	538	320	1.68
Février 2019	701	440	1.59
Mars 2019	310	297	1.043
Avril 2019	250	190	1.31
Mai 2019	487	280	1.73
Juin 2019	201	190	1.057
Juillet 2019	270	180	1.5
Aout 2019	451	240	1.87
Septembre 2019	170	160	1.062
Octobre 2019	428	177	2.418
Novembre 2019	210	190	1.105
Décembre 2019	477	290	1.64
<b>Les valeurs Moyennes</b>	374.416	246.166	1.50

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> définit la biodégradabilité de la matière organique d'un rejet d'eau usée. De ce fait, un rapport égal ou supérieur à 3 illustre une faible biodégradabilité, qui peut être attribuée à résistance de la matière organique en solution, une sous-oxygénation du milieu aqueux. D'où la nécessité de faire appel à des méthodes plus efficaces vis à vis d'un tel

rejet. Ce rapport permet aussi de déduire si les eaux usées rejetées directement dans le milieu récepteur ont des caractéristiques des eaux usées domestiques.

D'après le coefficient de biodégradabilité des effluents (tableau 05), les eaux usées des rejets étudiés sont généralement biodégradables ( $DCO/DBO_5 < 3$ ). Ces valeurs montrent l'absence de rejet industriel dans le réseau d'assainissement urbain.

### **IV-3-Détermination des paramètres physico-chimique:**

#### **IV-3-1-Variation de la température:**

La température agit également comme facteur physiologique sur la vitesse des réactions chimiques et la croissance de la plupart des organismes vivant dans l'eau, notamment ceux microscopiques et est de ce fait, directement liée à la vitesse de dégradation de la matière organique [6].

D'après les résultats obtenus (Figure 09), les valeurs de la température dans les périodes d'étude des eaux usées brutes oscillent entre un minimum de 12.70 °C (Décembre) , un maximum de 34.30°C (Juillet) avec un moyen 23,525°C, mais les valeurs des eaux traitées un minimum entre de 14.30 °C (Janvier) , un maximum 32,90°C (Juillet) avec un moyen 23,158°C .

Ces températures renseignent sur une évolution thermique qui dépend des variations saisonnières ; la température de l'eau reste en effet liée aux heures des prélèvements et des conditions locales (climat, durée d'ensoleillement). En général, on remarque des températures moindres des eaux traitées par rapport aux eaux brutes ceci peut être interprété par le contact des eaux traitées avec l'air ; ces écarts n'influencent pas la sélection des microorganismes responsables de l'épuration. et aussi explique la baisse du nombre de bactéries et de l'absence de réactions biochimiques [6].

Selon le JORA (2006), la température d'une eau épurée ne doit pas dépasser 30°C, Les températures enregistrées au niveau de tous les points de mesure sont conformes des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur (Annexe 01, tableau 03).

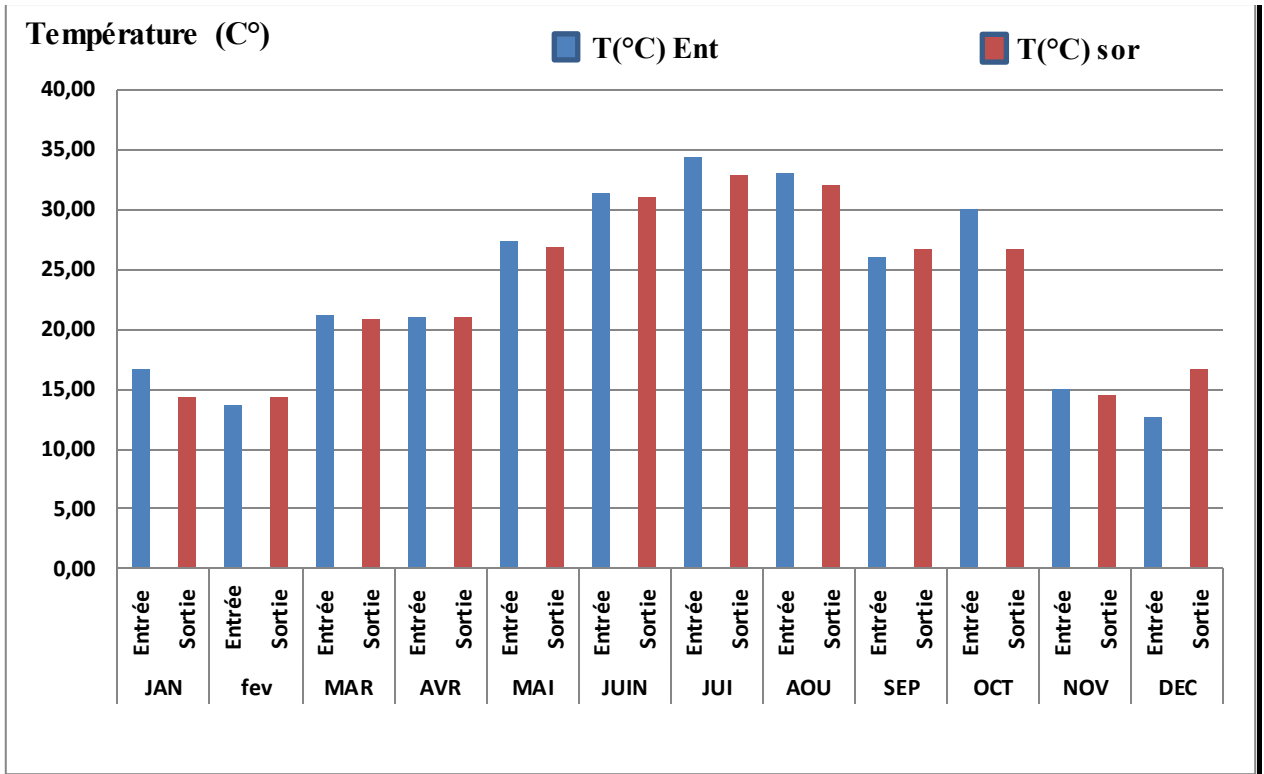


Figure 09: Variations mensuelles des valeurs de la température au niveau de la STEP N’GOUSSA Ouargla.

### IV-3-2-Variation du pH:

D'après la figure (10) et Les résultats que nous avons obtenus dans le (tableau 03, l'annexe 01), les valeurs de pH des eaux usee brutes sont comprises entre 7.19 et 7.73 avec une moyenne de 7.41; cella que les valeurs de pH des eaux usées traitées sont comprises entre 6.97 et 8.09, avec une moyenne de 7.47.

Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées peut être expliquée par une activité bactérienne intense dans la lagune d'activation d'où une consommation importance d'oxygène donc d'une libération importante de CO<sub>2</sub>. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature (Eckenfelder, 1967 ; Benefield et al, 1980; Boutayeb et Bouzidi, 2013). D'après, Sevri et al (1995) et (Zobeidi et Bebbba, 2015) le pH alcalin et la température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau [7] .

Toutes les valeurs du pH enregistrées sont conformes des valeurs limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon les normes algériennes (JORA, 2006) (Voir annexe 01, tableau

03), et aux normes des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation ( $6,5 < \text{pH} < 8,5$ ) (JORA, 2012) (Voir annexe 01, tableau 05).

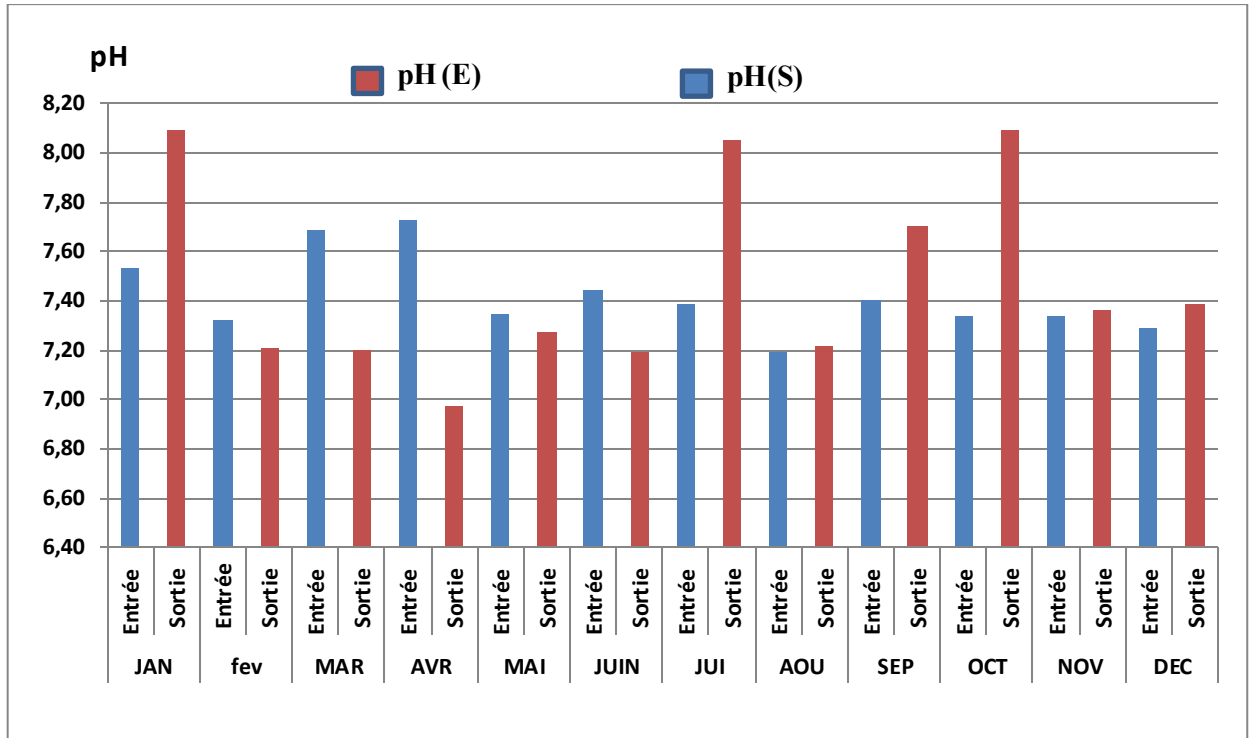


Figure (10): Variations mensuelles des valeurs moyennes du pH au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

### IV-3-3-Variation de la conductivité électrique CE:

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simple et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle nous renseigne sur le taux de salinité [6].

La conductivité électrique enregistrée des valeurs élevées dans les eaux usées traitées par rapport aux eaux usées brutes. Pour des eaux usées brutes entrant dans la station les valeurs de CE étaient comprises entre 4.14 et 8.07 ms/cm avec une moyenne égale à 5.59 ms/cm, au contraire les valeurs de CE des eaux traité à la sortie de filtre planté varient entre 4.66 et 6.3 ms/cm avec moyen 9.98 ms/cm (figure11, tableaux 07).

L'augmentation de la conductivité électrique peut être due à la transpiration et d'évaporation des plantes, et donc conduire à la concentration du milieu et la raison aussi de conductivité électrique augmente à la suite de transformer la matière organique aux matériaux métalliques, dans ce cas, nous attendons à tous ces changements [29].

Les valeurs de la conductivité électrique dépassent largement les normes Algérienne de réutilisation agricole de 3ms/cm (JORA, 2012) (Annexe 01, tableau05) et aux normes internationales de 1.5ms/cm (OMS). Par conséquent, les eaux épurées ne sont, a priori adéquates pour l'irrigation du point de vue salinité, sauf si les plantes irriguées sont tolérantes aux sels.

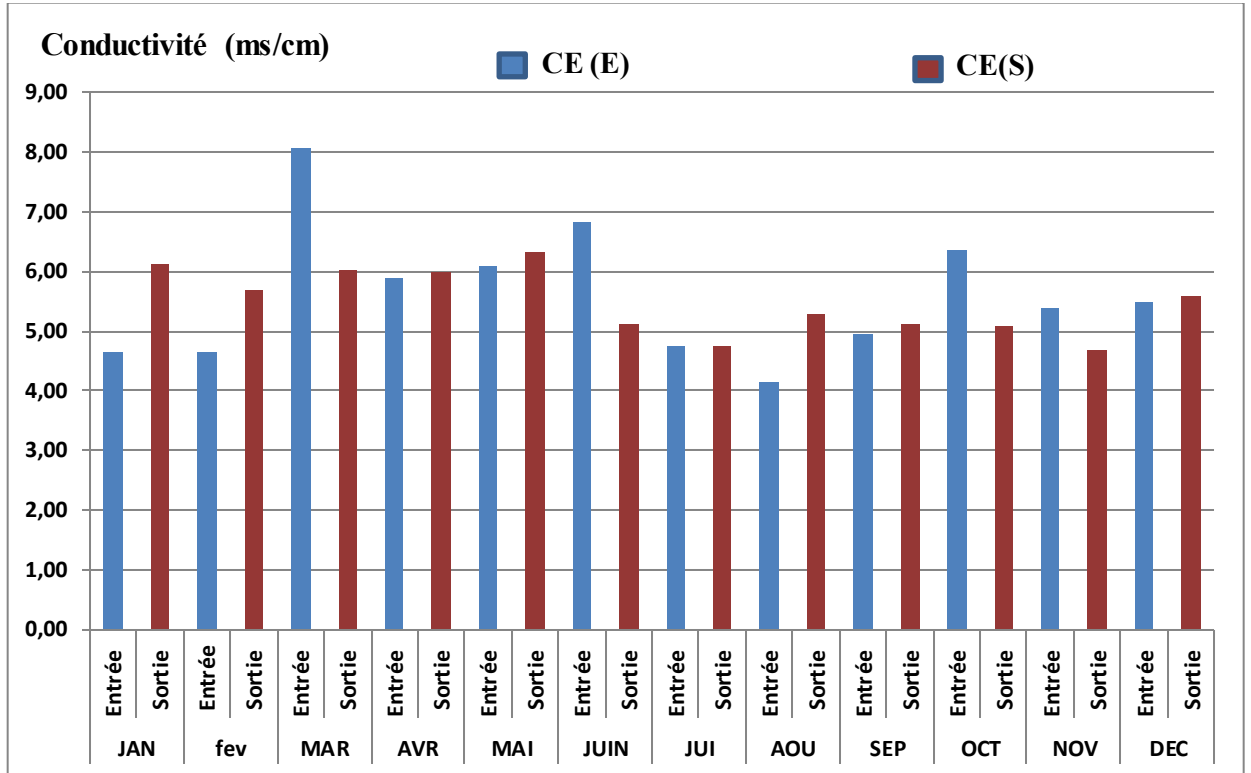


Figure (11): Variations mensuelles des valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE) au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

#### IV-3-4-Variation de l'oxygène dissous:

A partir Les résultats dans le (tableau 01, l'annexe 03), on remarque que les teneurs en oxygène dissous varient dans les eaux brutes entre 0.2 mg/l et 2.6 mg/l, avec une valeur moyenne de 0.94 mg/l et les eaux traitées avec une moyenne de 1.85 mg/l et (0.2-5.7mg/l).

La diminution de l'oxygène dissous dans les eaux usées avant épuration en raison l'oxygène était probablement consommé par l'activité bactérienne au cours du processus de dégradation de certaines matières organiques pendant une longue période dans le réservoir. L'augmentation des valeurs moyennes mensuelle des concentrations en oxygène des eaux traitées par rapport aux eaux brutes.

Cela peut être expliquée à la présence des plantes (roseaux) qui fournissent de l'oxygène à leur rhizosphère. De plus, les concentrations d'O<sub>2</sub> dissous et les valeurs de température

présentaient des variations saisonnières, avec une augmentation de la solubilité de l'oxygène lorsque la température diminuait et des valeurs d'O<sub>2</sub> dissous plus basses en été [30], ainsi l'augmentation de l'O<sub>2</sub> dissous le long des zones humides plantées a probablement été causée par le dégagement d'oxygène des racines des plantes lié à la respiration aérobie, ce qui a entraîné une augmentation de la concentration d'O<sub>2</sub> dissous dans les bassins plantés. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Onur Can et al [31].

Les chercheurs ont constaté que les plantes modernes sont plus efficaces que les plantes plus anciennes, dont les racines forment une couche grasseuse empêchant les fuites d'oxygène de transmettre l'oxygène de leurs racines vers le plancher pelvien [51].

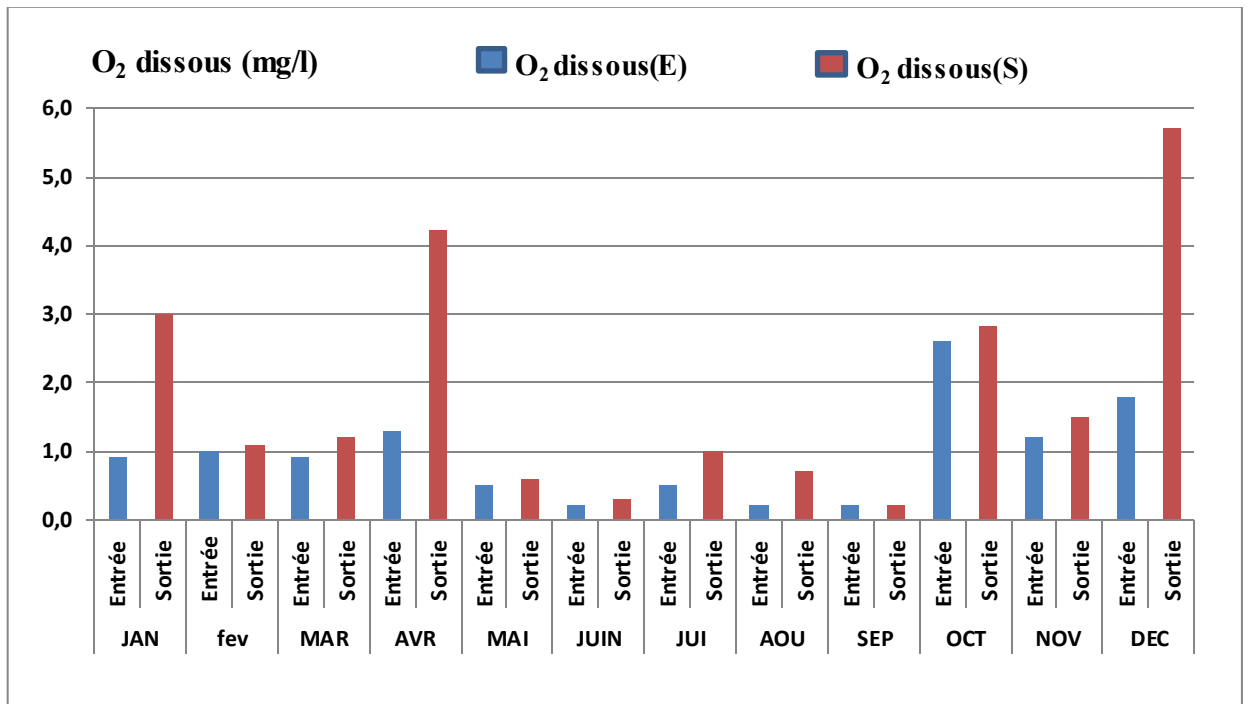


Figure (12): Variations mensuelles des valeurs moyennes du O<sub>2</sub> dissous des eaux usée en entrée et sortie au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

**IV-3-5-Variation de salinité:**

D'après la figure 13, les valeurs mensuelles des eaux brutes qui entré de la STEP varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 2.8 mg/l (Novembre 2019) et un maximum de 4500 mg/l (Mars 2019) avec une valeur moyenne de 2750.23 mg/l.

A la sortie on constate une stabilisation de la salinité suite au traitement, les valeurs sont comprises entre 2.4 mg/l et 3400 mg/l (Mai) avec une valeur moyenne de 2700.2 mg/l. L'augmentation de la concentration des sels pour le mois de Mai à cause d'utilisation des désinfections (détergent).

Les résultats obtenus montrent que la valeur moyenne ne dépasse pas la valeur moyenne de la salinité des eaux d'irrigation utilisées localement (3,2g/l).

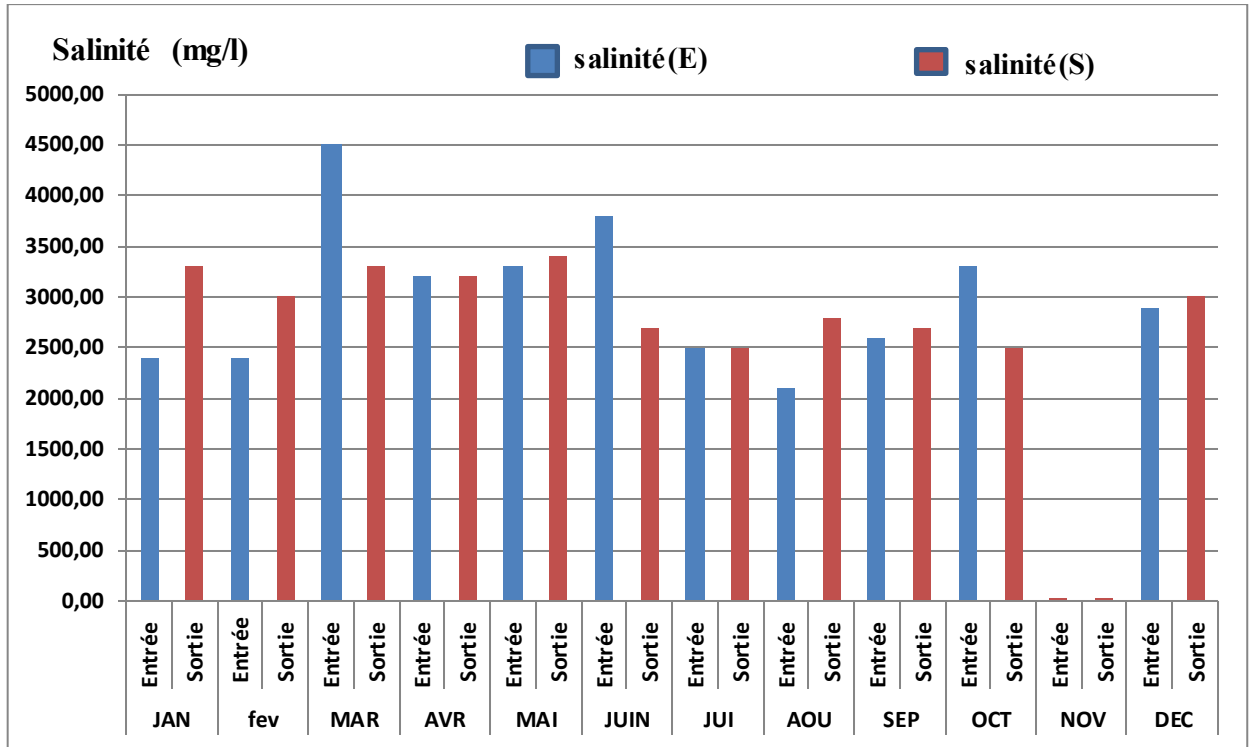


Figure (13): Variations mensuelles des valeurs moyennes de la salinité au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

**IV-4-Détermination des pollutions organiques:**

**IV-4-1-Variation de la matière en suspension MES:**

D'après la figure 14 et le résultat dans le tableau (07), la concentration en MES des eaux usées brutes varie entre un minimum à 41.00 mg/l, un maximum à 198.5 mg/l avec une moyen 84.041 mg/l et 17.00 à 53.00 mg/l avec une moyen 32.75 mg/l pour les eaux traitées.

La diminution de la concentration de MES dans divers l'eau traités est principalement le résultat du traitement physique tel que la filtration, où la matière grossière rester coincé dans les pores de la Filtre ou de réaction chimique [32].

Cependant, les valeurs de MES obtenues au cours de cette étude, sont inférieurs des valeurs limites spécifiques de rejet direct dans le milieu récepteur (35 mg/l), (JORA, 2006, JORA, 2012) (Annexe 01, tableau 03 et 05), ces résultats montrent donc que ces teneurs ne conviennent pas à l'irrigation agricole.

L'élimination de la matière en suspension dans la STEP a été très efficace avec rendement 82.29% au mois Février, mais il est faible au mois Mars 25.71% avec une moyenne de 57.63% dans l'année d'étude (2019).

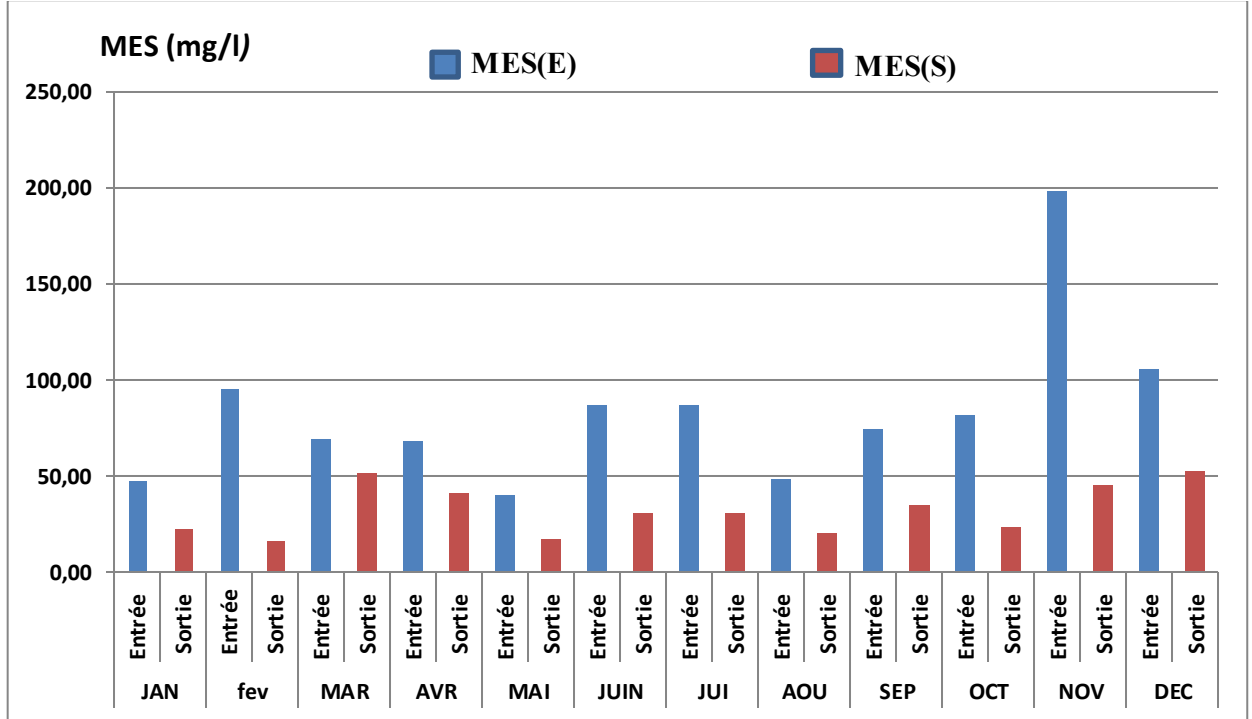
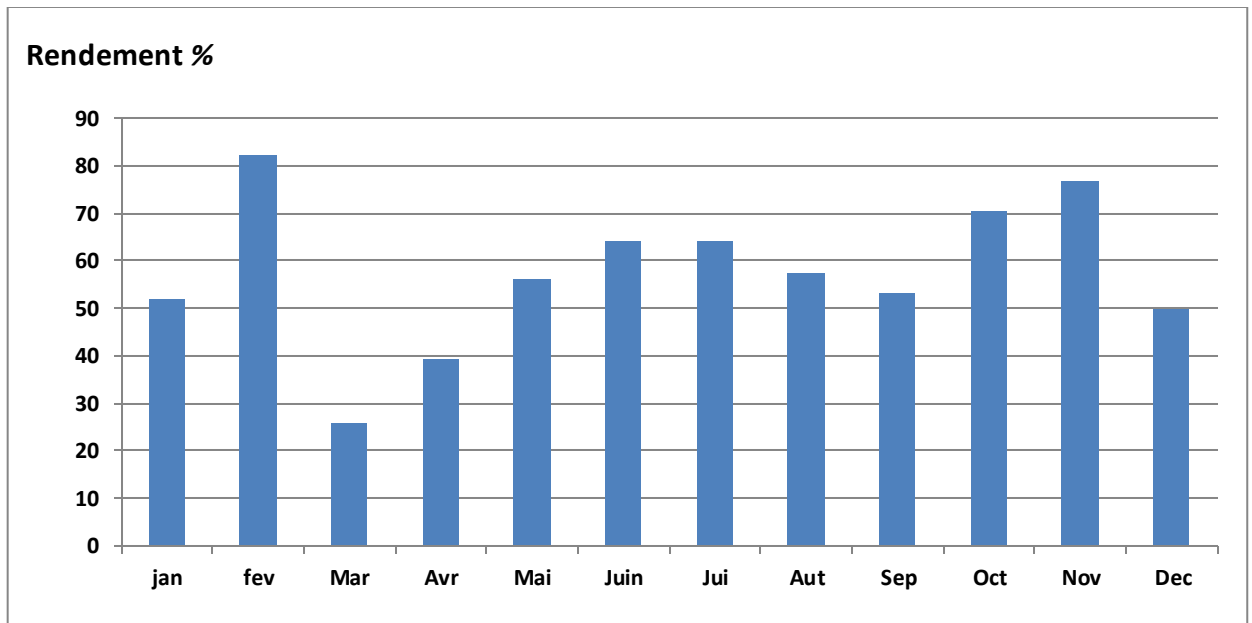


Figure (14): a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du MES au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b- Rendements mensuelles de la MES moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



#### IV-4-2-Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>):

La DBO<sub>5</sub> représente plus particulièrement une mesure de la charge polluante d'origine carbonée (Pollution organique biodégradable). Les valeurs de pollution organique exprimée en DBO<sub>5</sub> présentent des variations des valeurs entre les eaux brutes et traitées. Les valeurs de DBO<sub>5</sub> enregistrées dans les eaux brutes varient entre 160 mg/L au Septembre à 440 mg/l au Février avec une valeur moyenne de 84.041mg/l.

Pour les eaux traitées les valeurs varient entre 15 mg/l au Mai à 60 mg/l au Septembre avec une valeur moyenne de 37.608 mg/l (tableau 07 et la figure 15).

Nos résultats montrent un abattement très important de la DBO<sub>5</sub> dans les eaux traitée, Cela est dû à la présence de plantes aquatiques qui ont la propriété d'absorber l'oxygène de l'air pour le libérer par leurs racines dans la zone autour des racines. Cet oxygène active les bactéries, car elles agissent pour oxyder et détruire les matières organiques [51]. D'autre part, les valeurs enregistrées de la DBO<sub>5</sub> à la sortie de la STEP dépassent la norme l'OMS (30mg/l, tableau 05 ), ainsi celles de JORA (2006) (35mg/l tableau 03 ).

Les valeurs des rendements de l'abattement de la DBO<sub>5</sub> sont comprises entre un minimum de 62.5 % au mois Aout et un maximum de 94.64 % au mois Mai. Le rendement moyen durant cette période d'étude est de 76.40 %. Ces valeurs confirment la fiabilité du process et la bonne efficacité.

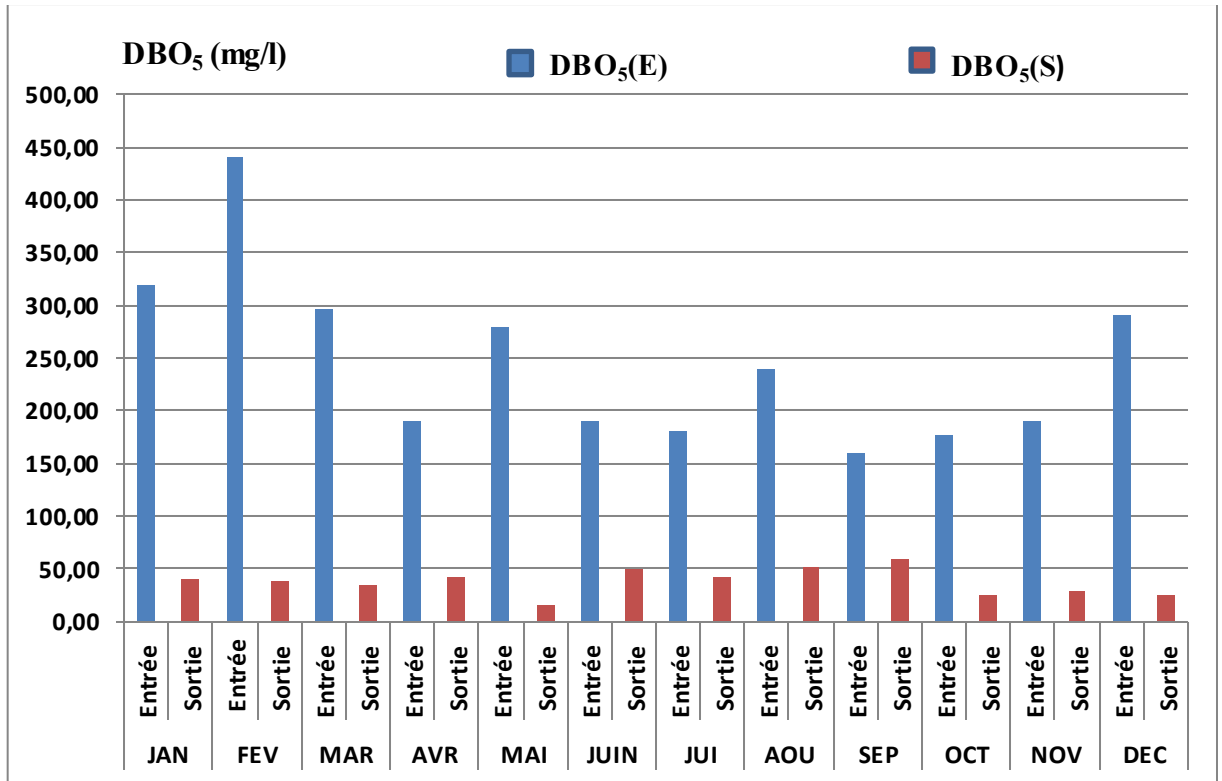
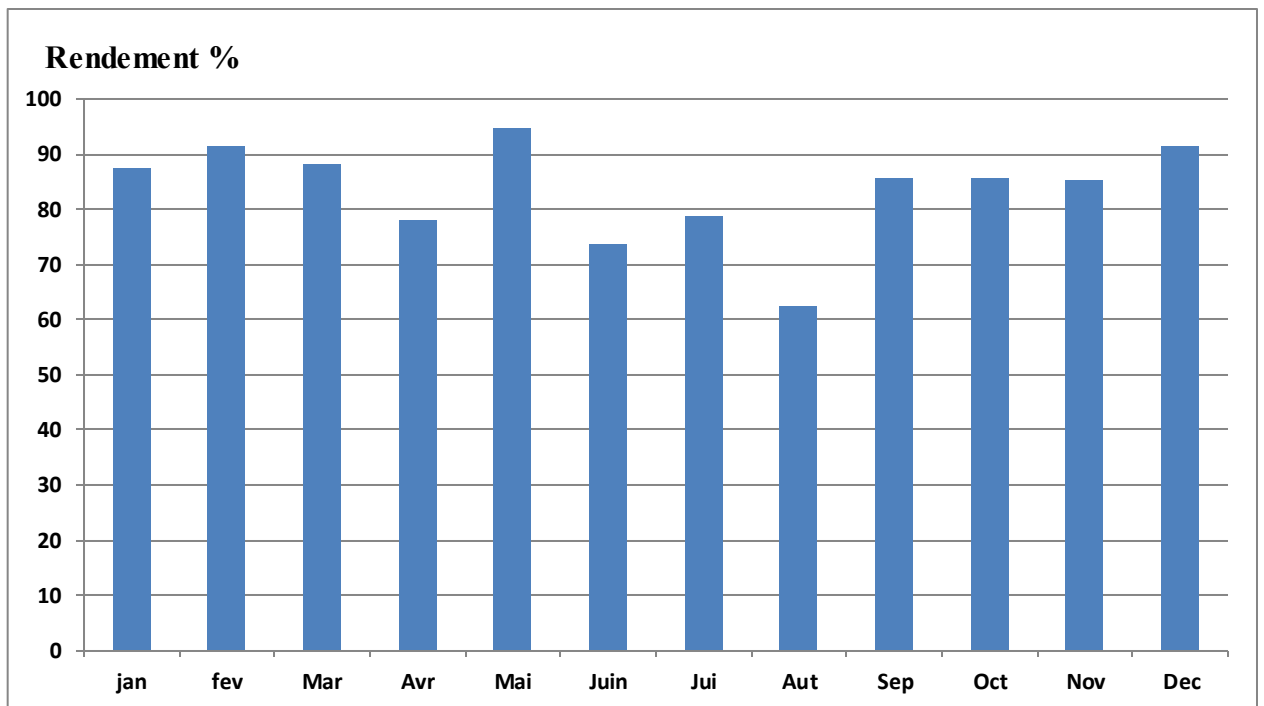


Figure (15): a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du DBO<sub>5</sub> des eaux usée en entrée et sortie au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b-Rendements mensuelles de la DBO<sub>5</sub> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

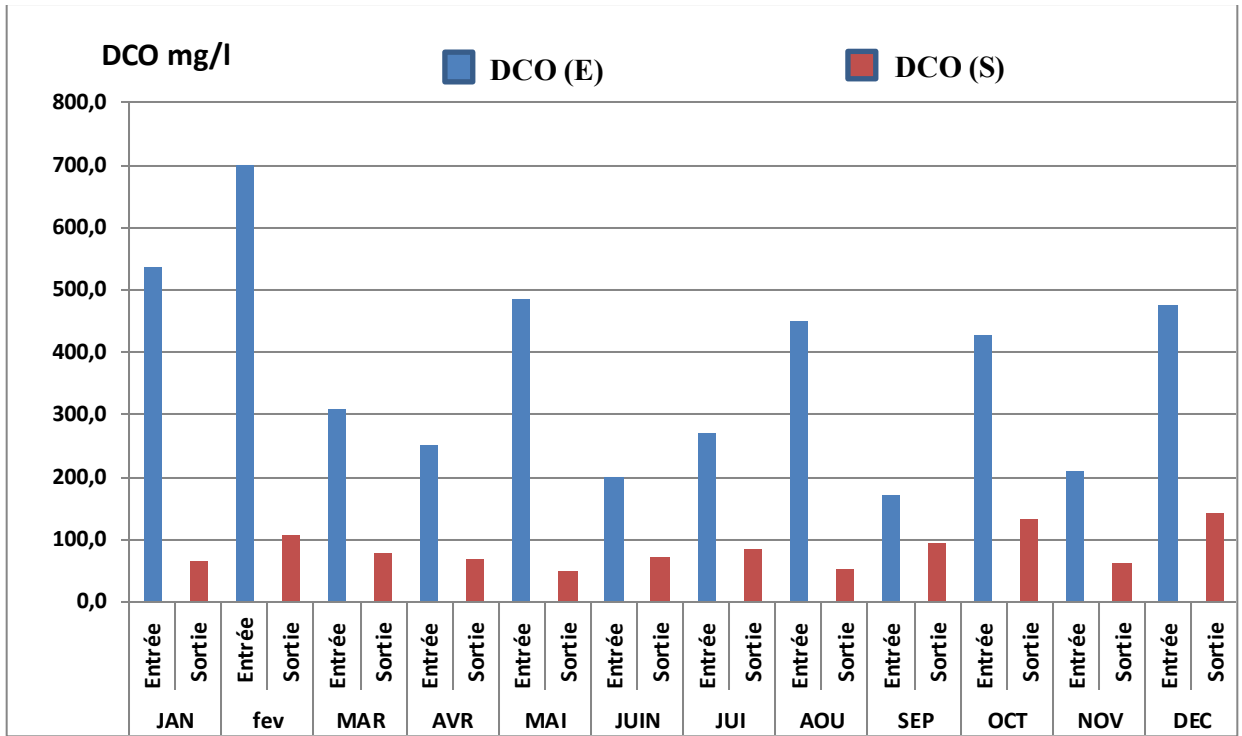
**IV-4-3-Variation de la demande chimique en oxygène (DCO):**

La teneur de la demande chimique en oxygène (DCO) enregistrée au niveau des eaux usées à l'entrée de la station est comprise entre 170 mg/l au Septembre et 701 mg/l au Février, soit une moyenne à l'entrée de 374.46 mg/l.

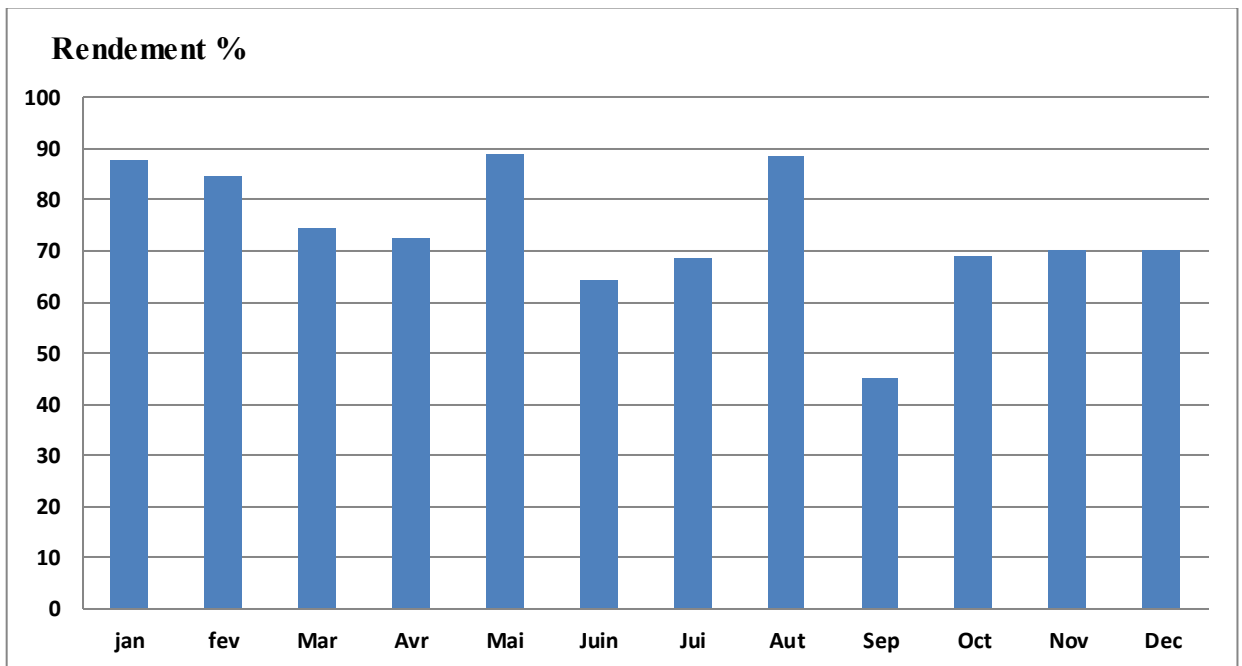
Après épuration, la DCO marque un abattement importante et affiche des valeurs comprises entre 48.80 mg/l au Mai et 142 mg/l au Décembre, avec une moyenne à la sortie de 83.81 mg/l cette valeur obtenue demeure au dessous de la norme de rejet fixée à 120 mg/l ) (JORA, 2006) (Annexe 01, tableau 03).

Donc Selon Metcalf et Eddy (1991), Teck-Yee et al (2009), au fur et à me sure que l'eau passait à travers la zone humide, les communautés biologiques comprenant des bactéries aérobies, anaérobies et facultatives attachées au média filtrant ont permis de réduire les matières organiques résultant de la décomposition. Les principaux mécanismes d'élimination de la matière organique dans les zones humides, tels que discutés dans la littérature, sont la sédimentation et la filtration des solides solubles dans le lit de gravier, l'absorption des plantes et les processus de décomposition biologique par des microorganismes dans des conditions aérobies, facultatives et anaérobies, cela qui explique l'abattement de DCO dans les eaux traitée [33] [34] [35].

La station de N'goussa assure une élimination satisfaisante de DCO, atteignant une efficacité de maximal de 88.97 % observée au mois Mai (figure 16.b) et un minimum de 45.29% au mois Septembre. En outre, l'abattement moyen de cette année d'étude (2019) atteint de 73.75 % renseigner sur l'efficacité des filtres plante de roseaux de traitement ce type de pollution.



Figure(16): a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du DCO des eaux usée en entrée et sortie au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b- Rendements mensuelles de la DCO moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

#### IV-4-4-Variation d'azote nitrique ou azote des nitrates (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. La figure 17 représente la concentration des nitrates mesurés à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les valeurs des nitrates obtenues, varient entre 0,27 mg/l au mois de Mai et 1,20 mg/l au mois de Décembre avec une moyenne 0,504 mg/l à l'entrée, et de 0,147 mg/l au mois de Novembre à 0,95 mg/l au mois de Février pour les eaux épurées, soit une moyenne à la sortie de 0,62 mg/l. L'augmentation des teneurs en nitrates à la sortie de la STEP est due à la nitrification, cela est dû à la disponibilité de l'oxygène pendant l'écoulement vertical de l'eau et la présence de la plante aide à transporter l'oxygène vers l'étang, ce qui fait que l'oxygène dissous oxyde le nitrite en nitrate, ce changement dans la quantité retirée des nitrates N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en raison de:

- L'utilisation de nitrates par la plante se fait en journée ou en présence de photosynthèse.
- L'évolution des nitrates donne une diminution de la quantité après filtration avec des plantes. Les plantes absorbent entre (10% - 39%) et les racines entre (45% - 98%) de l'azote organique éliminé [36] [37], tandis que l'azote restant est éliminé par le processus de nitrification, la nitrification et l'oxydation à l'air de l'ammonium.

Augmentation de la concentration de nitrate (Figure 17), révélant que l'ammonium était converti en nitrate principalement à cause de la nitrification et diminuait principalement par la dénitrification qui favorise les conditions anaérobies, ce qui pourrait aussi être en partie dû à une plus grande évaporation et à une évapotranspiration dans les marais filtrants due à une augmentation de la température. Lorsque l'oxygène est rare, la nitrification ne devrait se limiter qu'à une nitrification localisée de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans la microzone adjacente aux zones situées sur les racines et les rhizomes de la végétation [35].

Par ailleurs, les teneurs en azote nitrique obtenues à la sortie, obéit aux valeurs limites spécifiques des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (JORA, 2012) (Annexe 01, tableau 05) et internationale (OMS, 1971) (Annexe 01, tableau 01). De ce fait, les eaux épurées sont conformes à l'utilisation pour des fins d'irrigation.

Les valeurs des rendements de l'abattement de nitrate N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont comprises entre un minimum de -95,23 % au mois d'Aout et un maximum de 59,17 % au mois de Mai.

Le rendement moyen durant cette période d'étude est de -32,42 %. Ces valeurs confirment une faible efficacité dans la STEP.

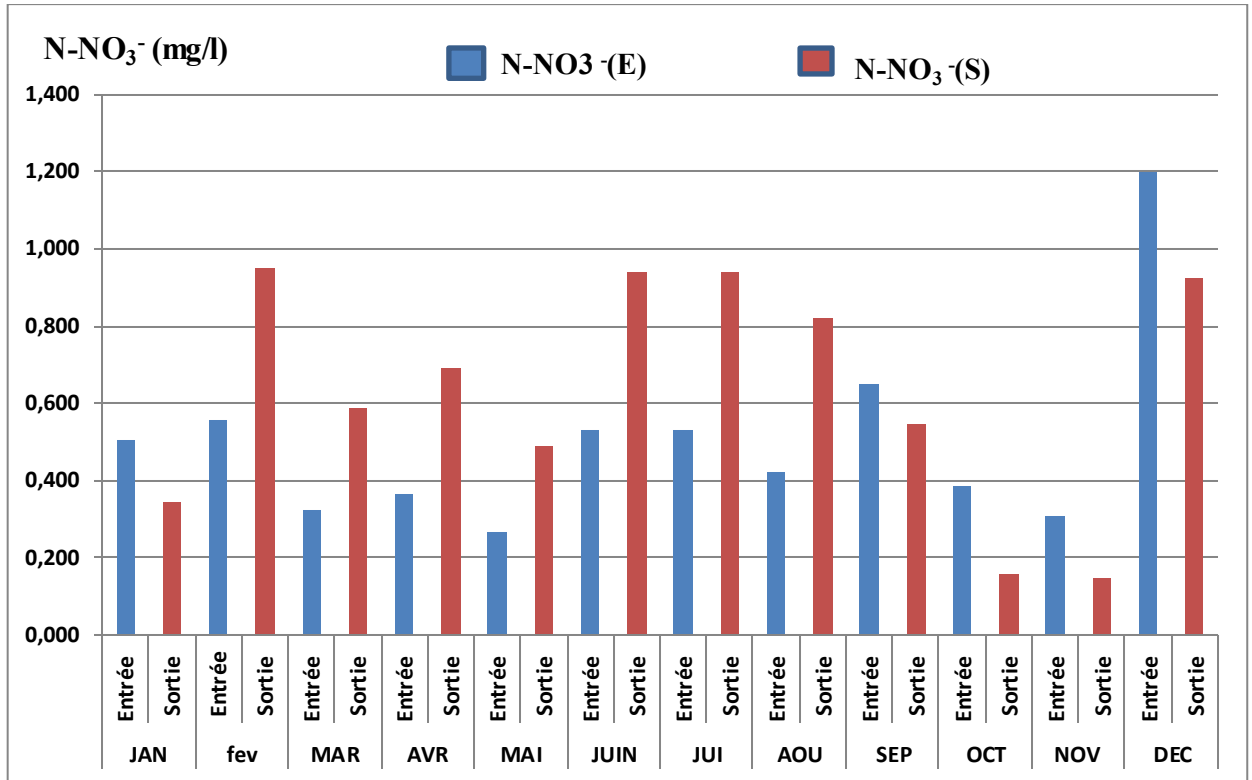
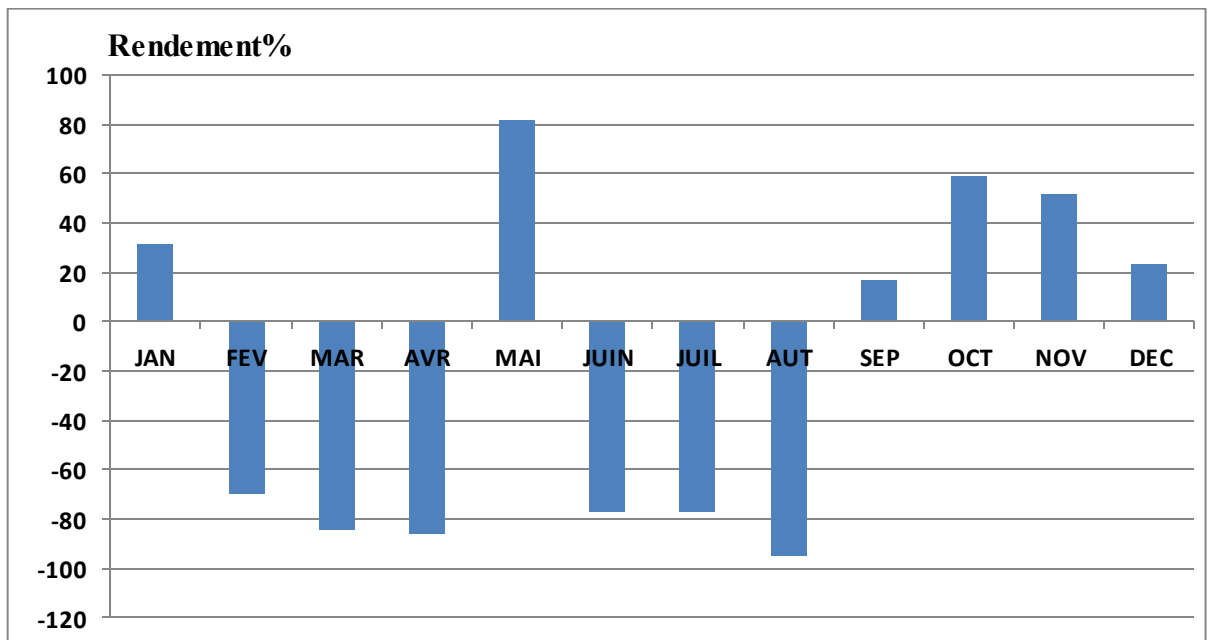


Figure (17):a- Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b-Rendements mensuelles de la N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

**IV-4-5-Variation d'azote nitreux ou azote des nitrites (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):**

D'après les résultats obtenus, au niveau de la STEP d'étude, on remarque que la teneur en azote nitreux des eaux, à savoir brutes et traitées est très faible. Les valeurs de l'entrée se situent entre un minimum de l'ordre de 0,066 mg/l au mois de Mai et un maximum de l'ordre de 0,235 mg/l au mois de Septembre, avec une moyenne de l'ordre de 0,135 mg/l.

Dans les eaux des sorties elles se situent entre 0,03 mg/l au mois de Janvier et 0.36 mg/l au mois de Février, avec une moyenne de l'ordre de 0,139 mg/l.

D'après la figure 18, l'augmentation des concentrations de nitrites ont été observées au niveau des eaux traitées par rapport des eaux brutes, notamment au mois de Mars. Cela peut être expliqué par l'oxydation de nitrite en nitrate principalement à cause de la nitrification. L'accumulation de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> indique que l'ammonium était transformé en nitrite principalement à cause de la nitrification, et la dénitrification était déficiente. D'après Julie (2009), l'accumulation de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se produit lorsque le taux d'oxydation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est plus élevé que le taux d'oxydation du NO<sub>2</sub><sup>-</sup> [38].

Par ailleurs, la comparaison des teneurs en azote nitreux dans la station de N'GOUSSA avec les normes internationales des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971) (<1 mg/l) (Annexe 01, tableau 01), montre que ces teneurs présentent une qualité d'eau acceptable.

Le rendement de l'abattement N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> du processus d'épuration est pas satisfaisant (faible), la valeur minimale est de -89.47% dans le mois Février quant à la maximale, elle est de 78.10% au Janvier avec un rendement moyen de -16.90%.

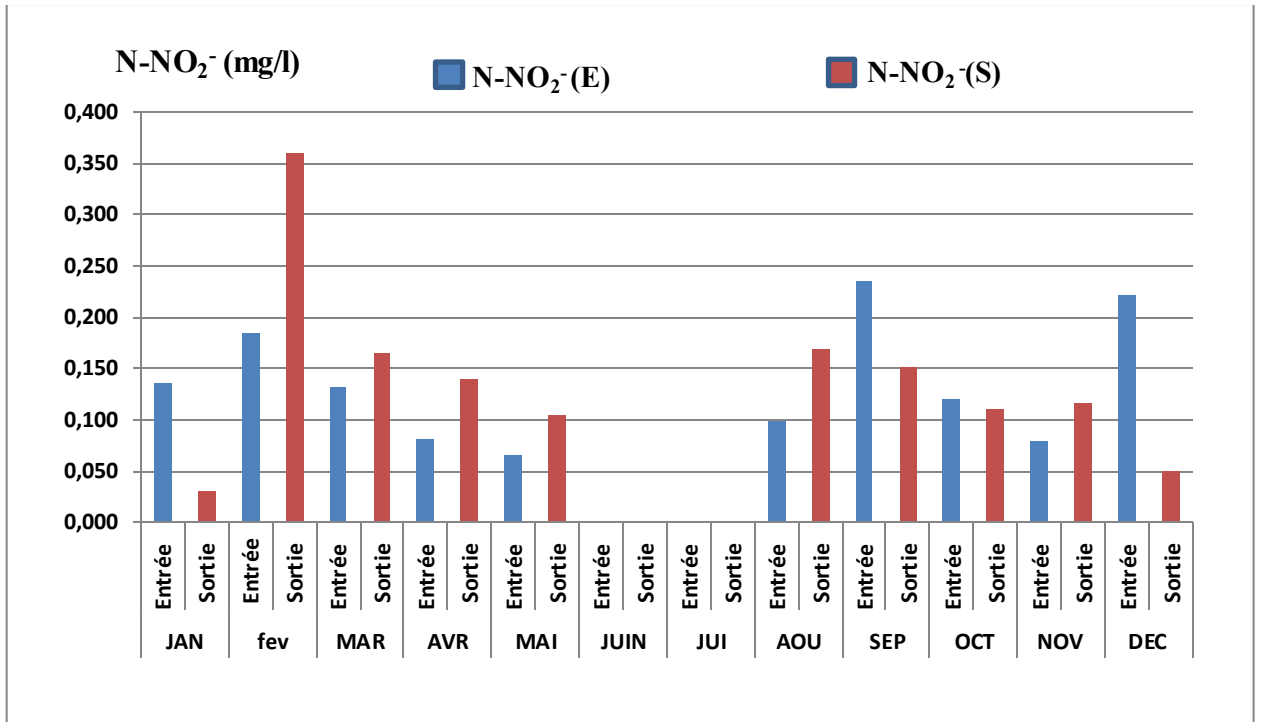
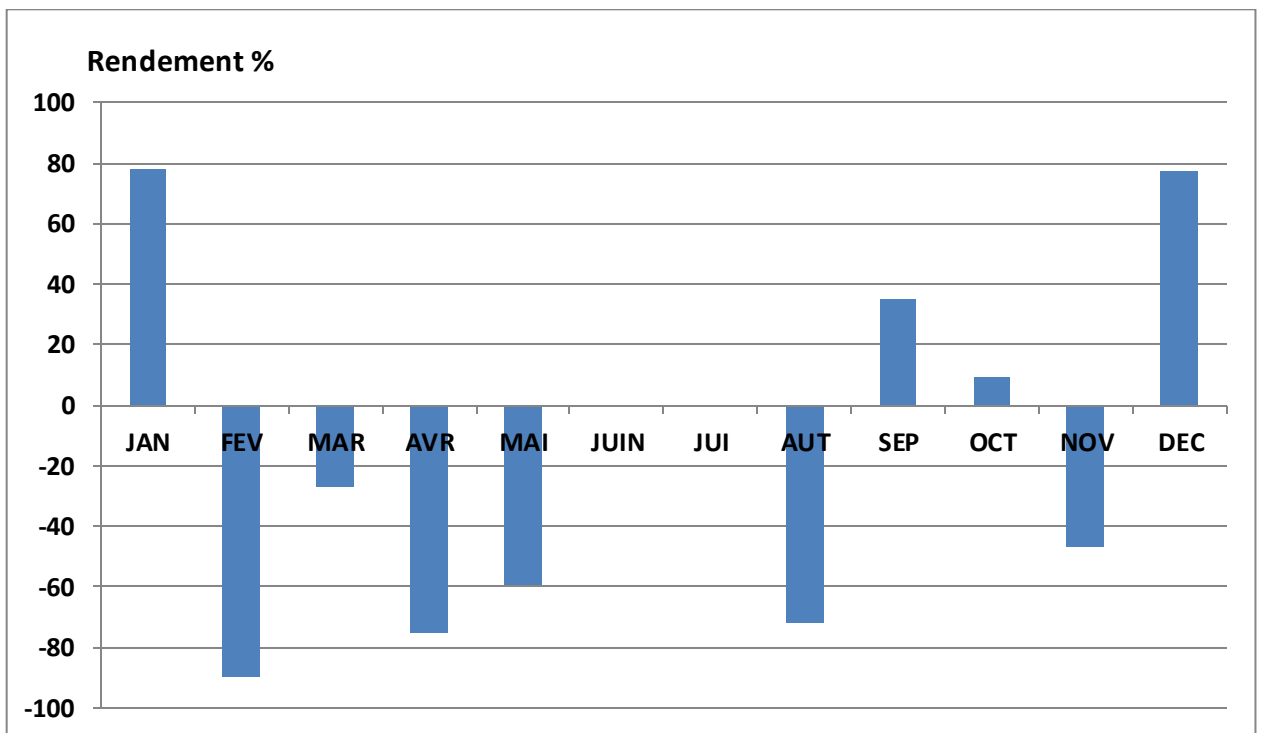


Figure (18):a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b- Rendements mensuelles de la N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



**IV-4-6-Variation d'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):**

Les résultats de l'analyse des concentrations en N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration de N'GOUSSA sont reportés sur la figure (19).

La lecture et l'analyse du graphe de la figure (19) permettent de porter le constat suivant: les mesures du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, effectuées à l'entrée de la STEP sur les eaux usées, varient entre 36.9 mg/l et 68.8 mg/l, soit une moyenne à l'entrée de 48.35 mg/l. Ce fort taux de concentration est un indicateur de la présence d'une importante pollution azotée.

Les concentrations en N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux épurées sont comprises entre 15 mg/L au mois de Juillet et 43.9 mg/l au mois de Septembre, soit une moyenne à la sortie de 28.21 mg/l.

L'important abattement de l'azote ammoniacal est dû à l'oxydation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en nitrite puis en nitrate par la consommation de l'oxygène, assure le phénomène de nitrification. Cette réaction n'est possible qu'en milieu aérobie (présence d'oxygène) et est effectuée par des bactéries nitrifiantes se développant de façon naturelle dans les bassins. Les filtres verticaux offrent des conditions satisfaisantes à la nitrification par le fait qu'ils sont composés de lits de graviers aérés par des drains et alimentés par bâchées. Les filtres verticaux ont par conséquent de très bons rendements sur l'azote ammoniacal mais sont générateurs de nitrates (19), tel que les résultats obtenus confirment la fiabilité de la station en matière de nitrification [43].

Durant toute la période de nos analyses, les rendements de l'abattement de l'azote ammoniacal « N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> » de la STEP de N'goussa sont illustrées sur la figure (19-b), que les rendements de l'abattement de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> du process d'épuration sont très satisfaisants.

L'élimination d'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dans la STEP a été faible; avec une valeur de rendement maximale 60.53% au mois de Juillet, mais elle diminue au mois de Février 21.36 % avec une moyenne de 42.81 % dans l'année d'étude (2019).

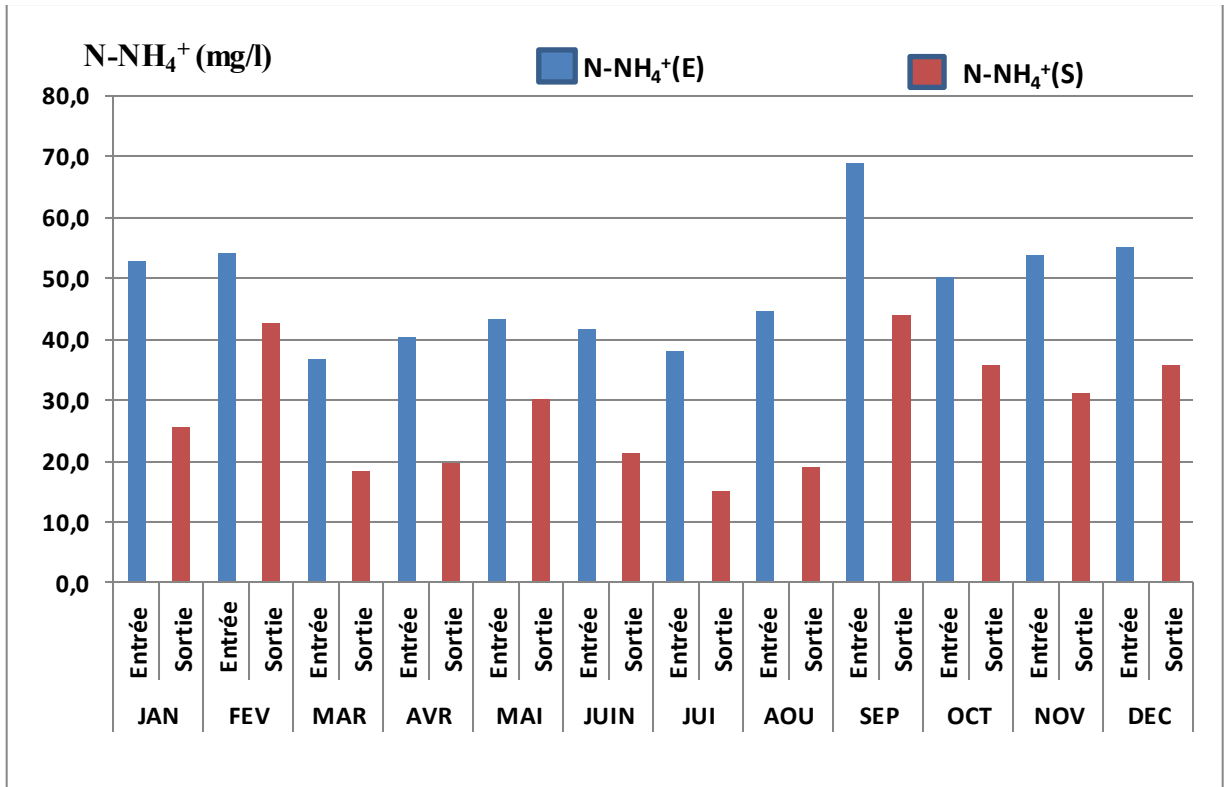
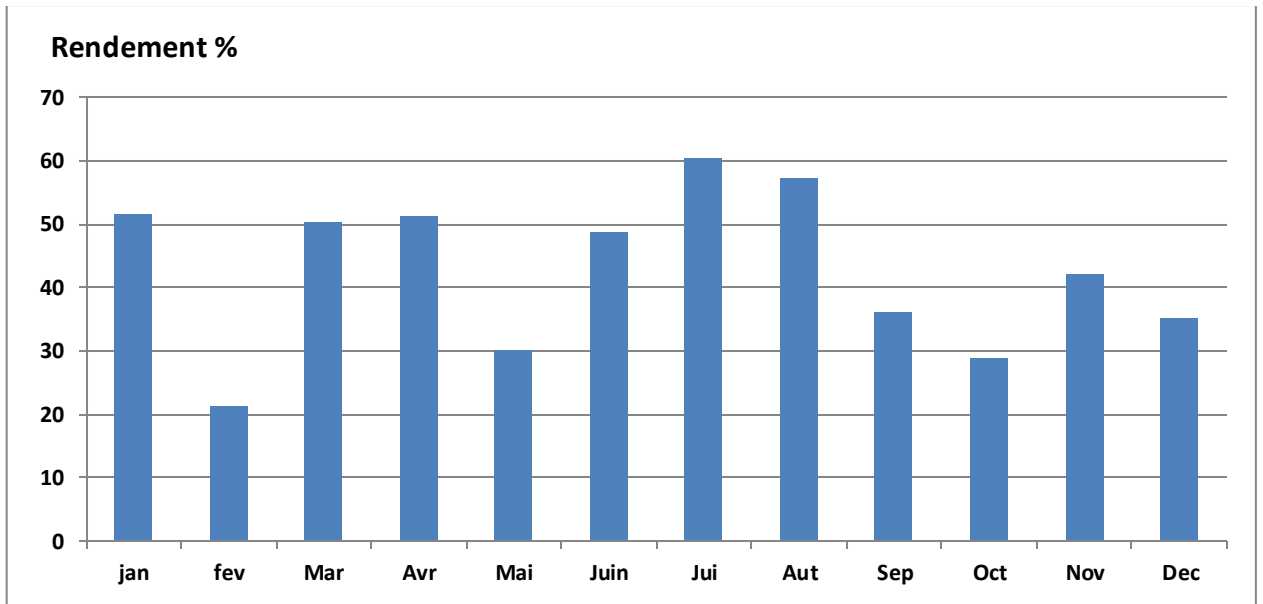


Figure (19): Variations mensuelles des valeurs moyennes du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b-Rendements mensuelles de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

**IV-4-7-Variation de phosphate-phosphore (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>):**

Les composés phosphorés existent dans les eaux naturelles et les eaux usées sous différentes formes à savoir les ortho phosphates solubles, les phosphates hydrosolubles et les dérivés organophosphorés. La présence de phosphates dans la STEP liée à la décomposition des matières organiques et à l'utilisation des détergents. Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (20) représente la variation de phosphore à l'entrée et à la sortie de la STEP.

La concentration en phosphore à l'entrée de la station révèle des valeurs comprises entre une valeur maximale 6,78 mg/l au mois de Septembre 2019 et une valeur minimale 1 mg/l au mois de Février 2019 avec une valeur moyenne de 3,56 mg/l. Par contre les effluents de la STEP (Sortie) sont caractérisés par des teneurs moyennes maximales au mois de Septembre 2019 et minimales au mois de Février 2019 respectives en phosphore de 5,18 mg/l et de 0,72 mg/l avec une valeur moyenne de 1,56 mg/l.

La teneur moyenne en phosphore des eaux brutes (3,56 mg/l) semble supérieure à celle enregistrée dans les eaux traitées (1,56 mg/l), cela est due à l'activité des microorganismes qui participent à la transformation du phosphore organique en polyphosphates et orthophosphates.

La faible concentration de phosphore dans l'eau traitée dans tous les étangs est causée par l'absorption de (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) dans le corps filtré], ainsi que par la qualité du sol et du gravier aidant à absorber (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) [51]. Elle est causée par l'interaction des bactéries et des plantes et l'absorption de (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) par la plante à ses besoins physiologiques [41] [42].

Selon le JORA (2006) relatif aux valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur, les eaux épurées issues de cette expérimentation sont conformes à la norme de rejet (02 mg/l) (Annexe 01, tableau 03).

La station de N'goussa assure une élimination insatisfaisante de PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, atteignant une efficacité maximale de 79.76 % observée au mois de Août (figure 20-b) et un minimum de 12.96% au mois de Octobre. En outre, l'abattement moyen de cette année d'étude (2019) atteint de 47.76 % renseignant sur l'efficacité faible des filtres à plantes de roseaux de traitement de ce type de pollution.

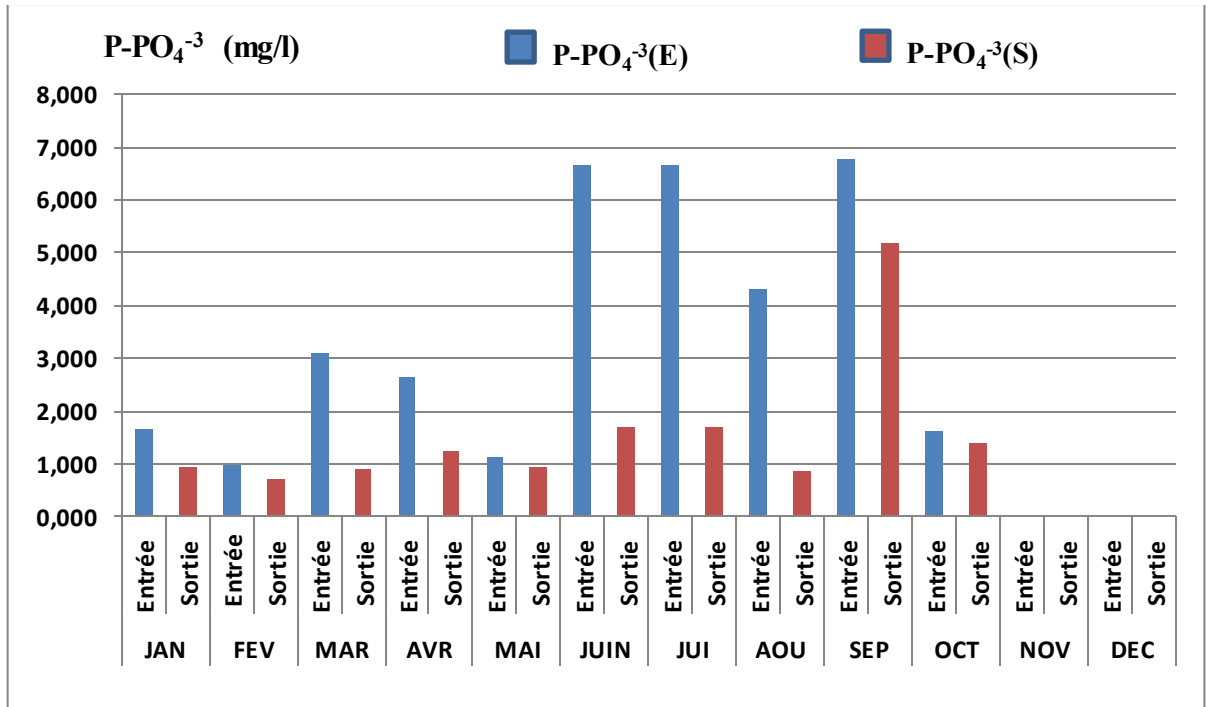
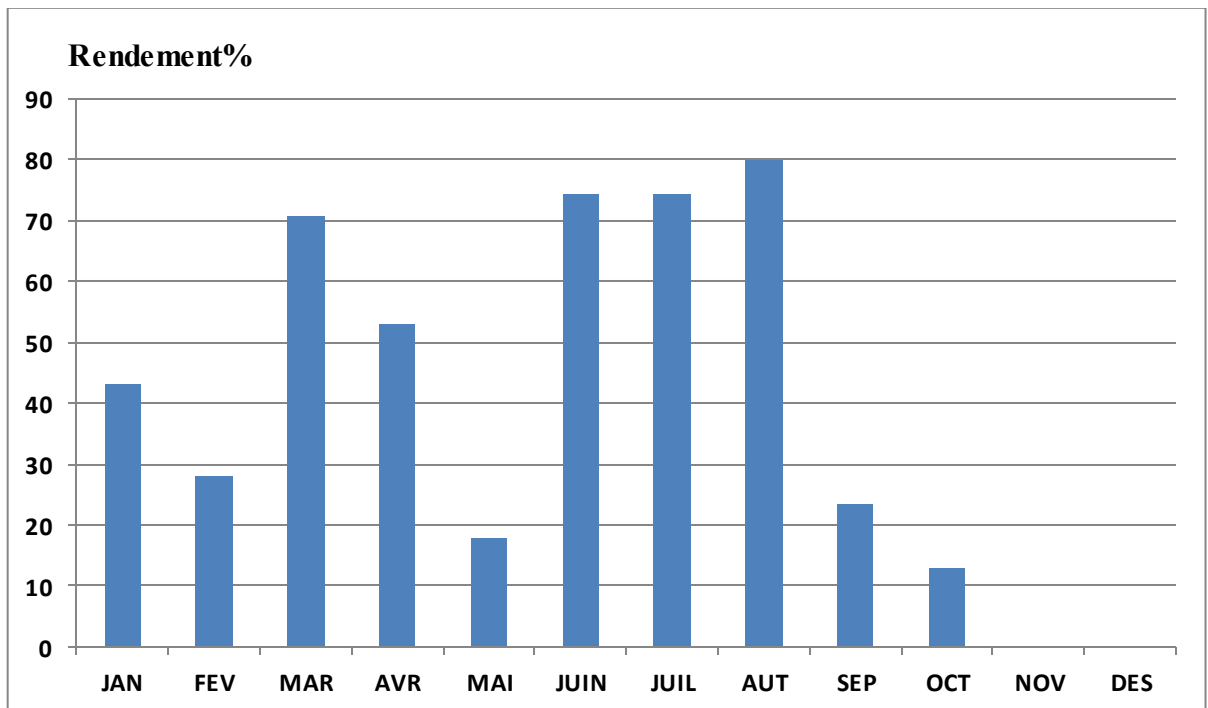


Figure (20): a- Variations mensuelles des valeurs moyennes du P- PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b- Rendements mensuelles de P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

**IV-4-8-Variation d'azote total (NT):**

Des valeurs très élevées de l'azote total (NT) ont été enregistrés dans les eaux usées traitées de la station entre 37,3 mg/l au mois d'Aout et 130 mg/l au mois de Septembre, avec une moyenne de 70,52 mg/l, concernant les eaux usées brutes, les valeurs enregistrées varient entre 45,8 mg/l au mois de Février et 88,6 mg/l au mois de Janvier, avec une moyenne de 65,21 mg/l (figure 21-a).

Une forte concentration en azote total et ammoniacal conduit à une inhibition de l'activité photosynthétique des algues ce qui pourrait s'ajouter au déséquilibre DBO<sub>5</sub>- N-P qui handicape la flore [39]. L'évolution des formes azotées dépend particulièrement de la présence de l'oxygène dissous [7].

Cette évolution se fait dans le sens d'une nitrification, les bactéries assurant l'étape de nitrification étant les plus sensibles aux variations des conditions du milieu, les toxiques inhibant l'activité des bactéries nitrifiantes, comme d'ailleurs celle de l'ensemble de la microflore épuratrice, seront d'autant plus gênants que d'autres conditions seront défavorables (température basse, pH acide, ...etc). Khattabi et al, (2002) ont montré que les rendements épuratoires les plus élevés sont enregistrés en hiver[7].

Au cours cette période, toutes les valeurs du NT enregistrées dépassent les valeurs limites spécifiques de rejet direct dans le milieu récepteur algérienne (JORA, 2006) (Voir Annexe 01, tableau 03) et les normes extrêmes, limitées aux eaux d'irrigations internationales (OMS, 1989) (15 mg/l), et de ce fait, elles ne conviennent pas à l'irrigation (Voir Annexe 01, tableau 02).

L'élimination d'azote total (NT) dans la STEP de N'GOUSSA a été très faible; avec une valeur de rendement maximale 48.48 % au mois de Aout, mais elle diminue au mois de Septembre -85.71 % avec une moyenne de -13.81% dans l'année d'étude (2019).

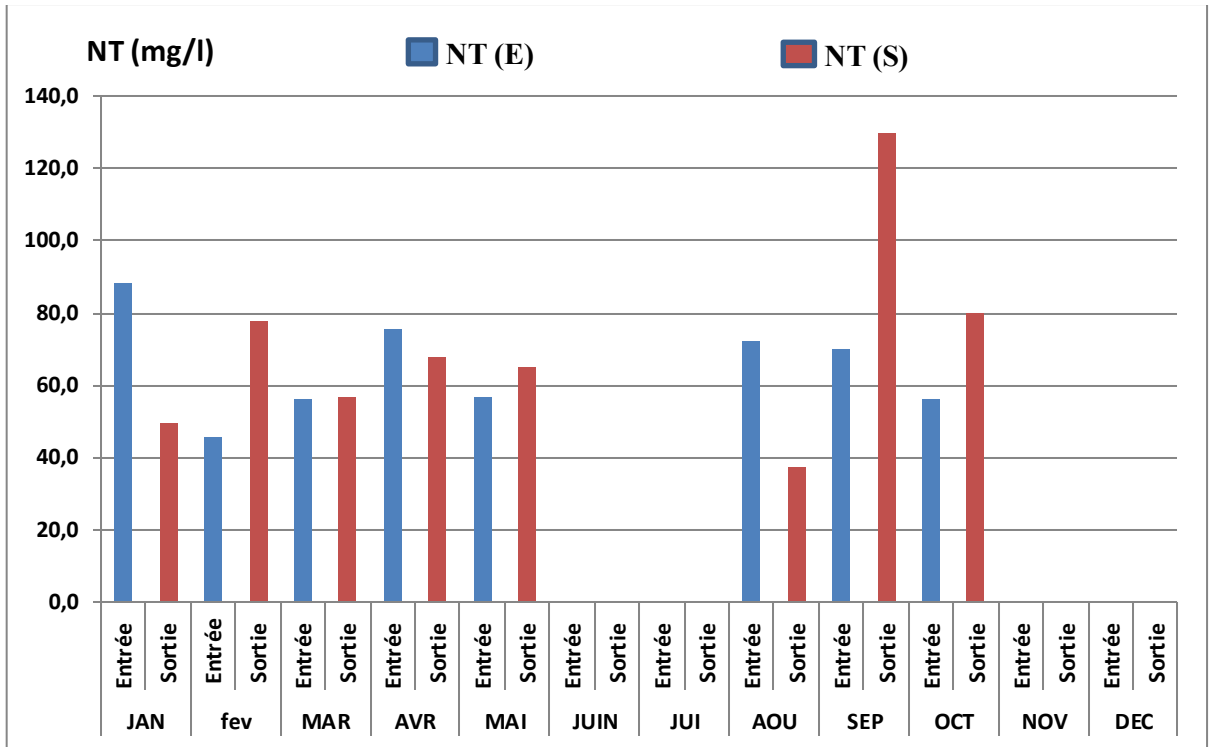
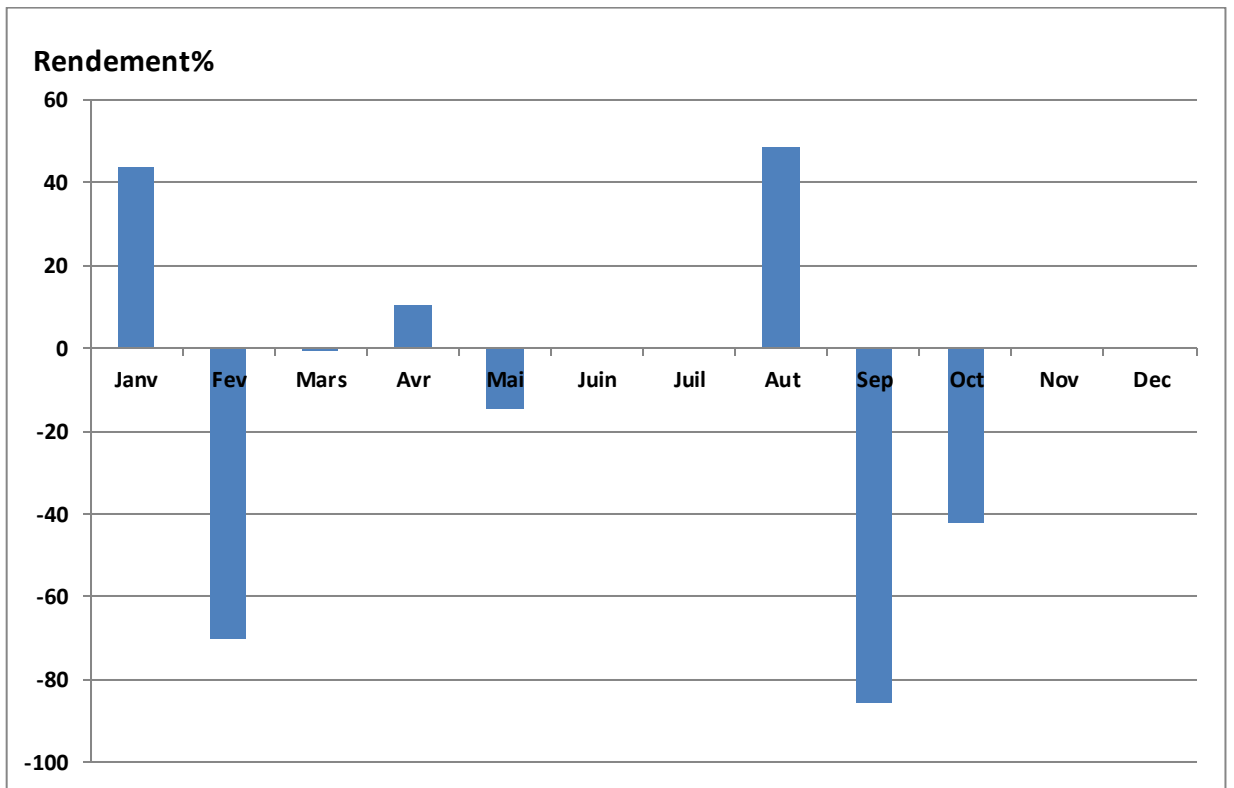


Figure (21): a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du NT au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b-Rendements mensuelles de NT moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.

#### IV-4-9-Variation du phosphore total (PT):

Les résultats que nous avons obtenus sont rassemblés dans la figure (22).

D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs des phosphore totale PT varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 3,61 mg/l à un maximum de 6,68 mg/l pour les eaux brutes, et entre 1,08 mg/l au mois de Novembre et 7,03 mg/l au mois de Septembre pour les eaux traitées.

Par comparaison entre les valeurs des (PT) des eaux brutes qui ont une moyenne de 4,995 mg/l ,et celles des eaux traitées qui sont de l'ordre de 3,998 mg/l. Cette valeur que nous avons obtenu est inférieure aux normes algériennes (JORA, 2006) spécifiques de rejet direct dans le milieu récepteur (10 mg/l) (Annexe 01, tableau 03), mais supérieur à celles des valeurs du journal officiel de l'OMS (1989) (Annexe 01, tableaux 02) fixée à (2 mg/l).

D'après les résultats obtenus nous observons que les valeurs de (PT) abaissent dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

Cette abaissement de concentration de phosphore dans l'eau traitée est causée par Les principaux mécanismes responsables de l'élimination du phosphore sont l'adsorption et la précipitation du substrat, alors que l'absorption par les plantes contribue moins à l'élimination du phosphore. Ceci corrobore les résultats de (Sakadevan et Bavor., 1998) [50], qui ont suggéré que l'élimination du phosphore primaire se faisait par le substrat, alors que l'absorption du phosphore par les plantes était faible dans les zones humides. L'assimilation et l'absorption des plantes ne contribuent que pour une faible part à l'élimination du phosphore dans les zones humides [40].

Les valeurs des rendements de l'abattement de phosphore total (PT) sont comprises entre un minimum de -80.9 % aux mois de Juin, Juillet et un maximum de 73,52 % au mois de Novembre. Le rendement moyen durant cette période d'étude est de 15.84 %. Ces valeurs confirment une faible efficacité dans la STEP.

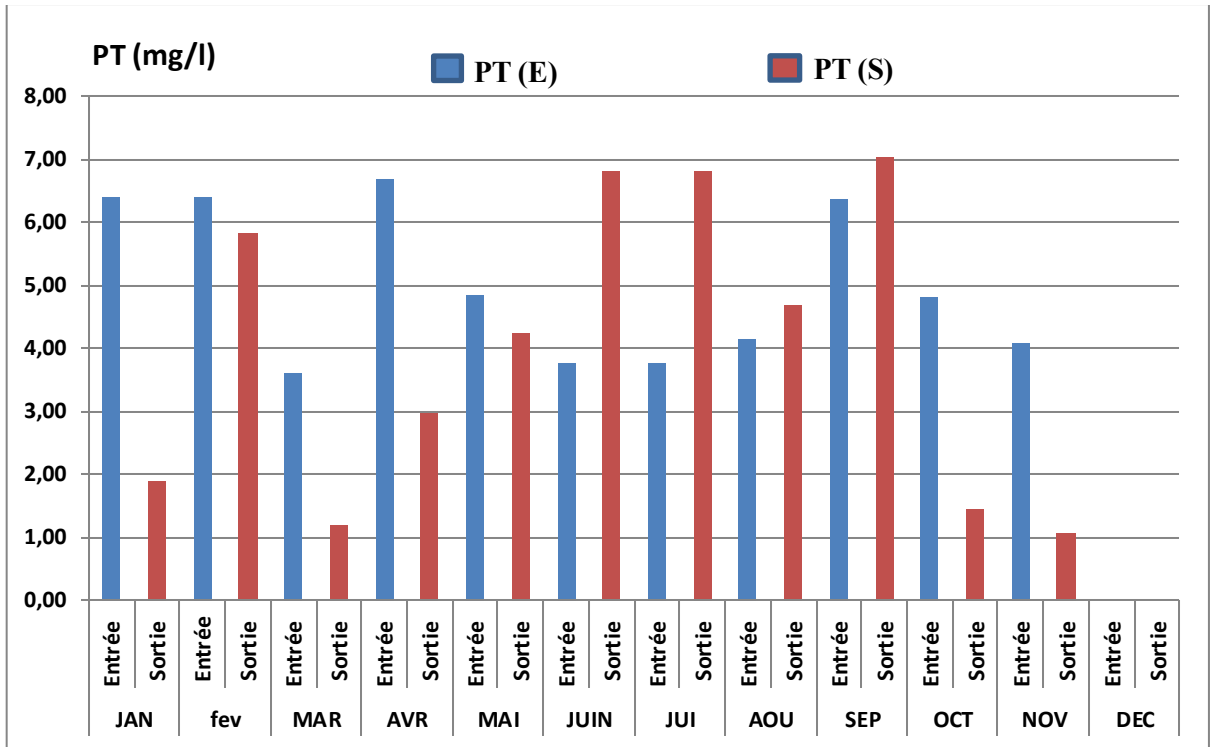
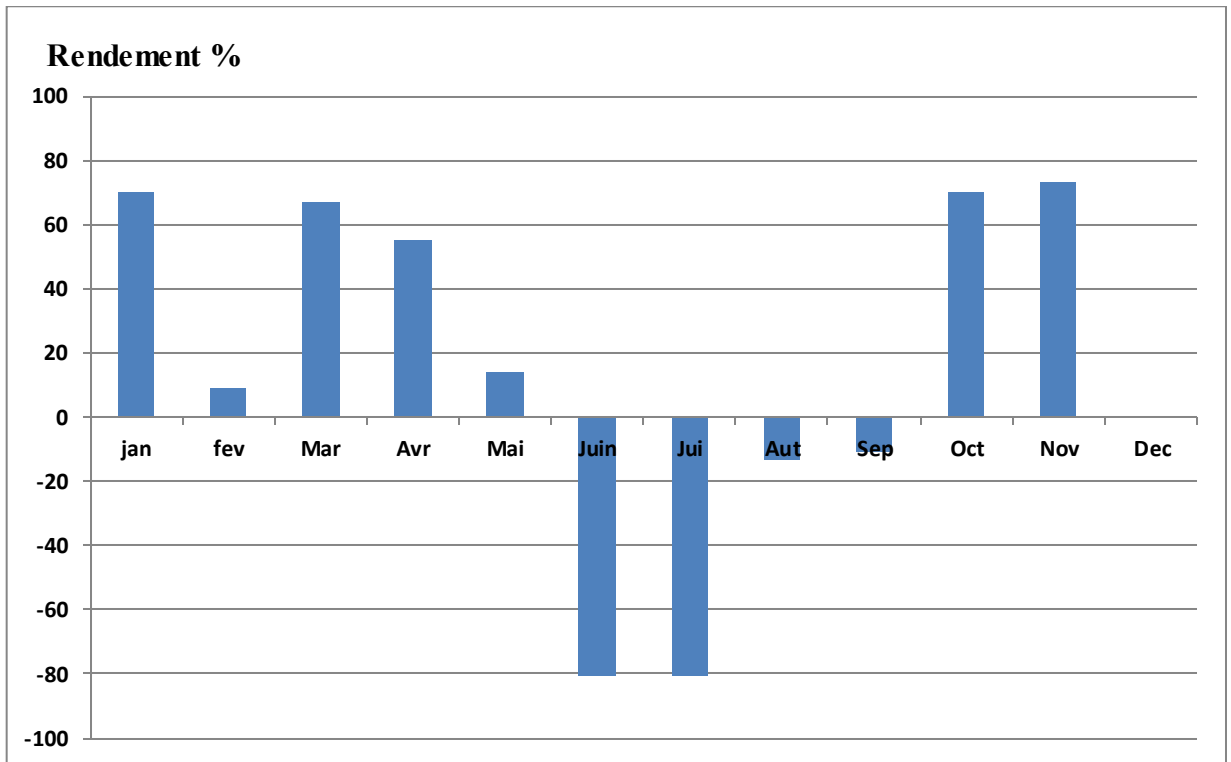


Figure (22): a-Variations mensuelles des valeurs moyennes du PT au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



b- Rendements mensuelles de PT moyenne au niveau de la STEP N'GOUSSA Ouargla.



# Conclusion

## Conclusion

---

La technique de traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux économique, et l'installation est aussi économique en énergie. On peut être employée cette technique dans les climats chauds et froids.

A ce travail, nous avons étudié les performances de la station N'goussa Ouargla pour le traitement des eaux usées, cette station utilise une plante macrophyte s'appelle le Phragmites Communis Triniusde (roseau). Nous avons étudié des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, oxygène dissous) et les paramètres de pollution (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ..... ) et nous avons comparés ces paramètres par les normes des rejets (**JORA 2006**), pour la possibilité de réutiliser les eaux traitées dans les domaines agricole.

Les résultats des analyses effectuées au l'année 2019, ont permis de observer les suivantes :

- ❖ Les paramètres physiques: pH et température sont conformes des valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur selon les normes algériennes (JORA, 2006).
- ❖ Les MES et la DCO sont dessous de la norme de rejet fixée (JORA, 2006).
- ❖ La DBO<sub>5</sub> et l'azote total sont dépassées la norme.
- ❖ Les concentrations des paramètres de pollution (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, PT) à l'aval du procédé d'épuration, répondent aux normes de rejet.

A la fin d'étude, la station se caractérisait par une bonne élimination des polluants organiques pour chacun des matières en suspension MES, la demande chimique d'oxygène DCO et la demande biochimique d'oxygène DBO<sub>5</sub>, l'efficacité de l'élimination de ces déterminants était de (57,63%), (73,75%) et (76,40%), ces résultats sont acceptables et satisfaisants, alors que la station n'était pas efficace pour éliminer l'ortho phosphore PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (47,76%), l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (42,81%), phosphore total (15,84%) et la pollution azotée ( azote total, nitrite et les nitrate).

La station de N'goussa souffre des nombreux problèmes, qui influence à l'efficacité du traitement des eaux usées par roseaux, ce qui a nécessité de faire une réalisation d'un Audit complet de la station d'épuration (filtres plantés de roseaux), cette mission réalisée par Stéphane PAILLÉ - Ismail MEKHLOUFI - Ali KHELIFA - Dali HALIMA - Ollivier RAMUS dans le 19/01/2020 au 30/01/2020.

L'objectif de cette mission :

- Assistance technique pour réaliser un audit complet des installations.

## Conclusion

---

- Identifier les désordres et en déterminer les causes.

A la fin de cette mission, les problèmes de cette station étaient identifiés et aussi les recommandations qui doivent être réalisées dans la station pour obtenir un efficace traitement des eaux usées par roseaux.

### **Les problèmes :**

- La pompe en panne.
- Absence de compteurs horaires.
- Débit de pompage anormalement faible.
- Débit de pompage théorique et débit journalier non connu.
- Diffuseurs bouchés par les déchets.

### **Les recommandations:**

- Nécessité d'alimenter les lits par bâchées pour assurer une répartition sur l'ensemble de la surface des lits (6 à 12 bâchées par jour par m<sup>2</sup>).
- Le débit d'alimentation doit être supérieur à la capacité d'infiltration.
- Le volume d'eau de chaque bâchée doit être suffisant pour couvrir la totalité de la surface des filtres sur une hauteur de 2 à 5 cm.
- Vérifier la perméabilité des lits.
- Évaluer le volume journalier.
- Refonte du réseau de distribution.
- Conservation des lits et réseaux de distribution à l'existant.
- Restructuration des conduites de distribution en 12 zones (à vérifier après fiabilisation des volumes journaliers et perméabilité des massifs).
- Ouvrages de permutation automatique des 12 zones sur chaque lit (électrovannes asservies au débit).
- Equiper toutes les pompes des postes de refoulement d'un compteur horaire et réaliser un suivi des débits journaliers au niveau des postes de refoulement alimentation débitmètre et électro.

# Bibliographie

## Bibliographie

---

- [1]:**CHAOUCH NOURA**, 2014. Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées. These de doctorat .University Hadj Lakhdar – Batna.pp1-11.
- [2]:**ZAHIR BAKIRI**, 03 / 03 / 2007. Traitement des eaux uses par des procedes biologiques classiques: Experimentation et modelisation. Mem de Magister. University Ferhat Abbas-Setif, p11.
- [3]:**FATIMA ZOHRA BOUZIT**, 2012. Etude d'un mécanisme de traitement des eaux superficielles à base des plantes végétales.Mem de Magister. Université 8 Mai 1945- Guelma, pp1-18-37-39-45
- [4]:<https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/14/pollutioneau>. Consulté le 28/01/2020.
- [5]:**AZIZ ASSAAD**, 24 avril 2014. Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, pp41-43.
- [6]:Association Santé environnement France.
- [7]:**FAIZA MEKHALIF**, 2009. Reutilisation des eaux residuaires inddustrielles epurees comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement.Mem Magister. Université du 20 Aoute 1955 Skikda, p3.
- [8]:**BATOUL BENKADDOUR**, 02 octobre 2018. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie).These de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et université de Mostaganem, p15.
- [9]:**RAHMANI .A**, (2015). Epuration des eaux uses de la region de N'goussa (Ouargla) par des vegetaux performances epuratoires .Mem Mastre. Université d'Ouargla, p38.
- [10]:**ABIBSI NADJET**, 2011. Reutilization des eaux uses epurees par filters plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces vets application à un quartier de la Ville de Biskra.Mem de Magister. Université de Mohamed Khider-Biskra.
- [11]:**Mlle MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE HAMSATO**,01/07/2005. Les eaux residuaires des Tanneries et des Teintureries: Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat. Université de Bamako.

## Bibliographie

---

- [12]:**J. RODIER et coll.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles- eaux résiduaires- eau de mer), 8ème édition, Dunod, 2005, Paris.
- [13]:**REJSEK, F,** (2002). Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques.Ed CRDP, Aquitaine. France.
- [14]:**Y. LIBES,** (2010): «Les eaux usées et leur épuration».
- [15]:**MEKHALIFF,** 2009.Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de Magister, Université du 20 Août 1955 SKIKDA.
- [16]:**BENSLIMANE R,** 2001-Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie. Mém. Ing. Eco et Env. Patho. Des écosystèmes. Université de Annaba p95.
- [17]:[https://www.memoireonline.com/11/13/7935/m\\_Traitement-des-eaux-usees-urbaines-par-boues-activees-au-niveau-de-la-ville-de-Bordj-Bou-Arreridj5.html](https://www.memoireonline.com/11/13/7935/m_Traitement-des-eaux-usees-urbaines-par-boues-activees-au-niveau-de-la-ville-de-Bordj-Bou-Arreridj5.html). Consulté le 1/2/2020.
- [18]:**BELKHIRI D,** 1999.Traitement des eaux usées urbai (Aspectenvironnemental). Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier Université de Sétif, 115p.
- [19]:[https://www.memoireonline.com/06/11/4587/m\\_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html](https://www.memoireonline.com/06/11/4587/m_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s2.html). Consulté le 12/2/2020.
- [20]:**HAMMADI BELKACEM,** 10/12/2017. Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influent: Cas de la Région de Ouargla.These de doctorat. University Kasdi Merbah-Ouargla, pp12-16.
- [21]:**GROSCLAUDE, G.** (1999). L'eau usages et polluants.Ed INRA, Paris 1999 tomeII.
- [22]:<http://www.caue60.com/amenagement-paysager/eau-et--amenagements/les-principes-de-base-de-lepuration-des-eaux-usees>. Consulté le 15/3/2020.
- [23]:**ZOBEIDI AMMAR,** 20 /11/201. Epuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride – cas de la région d'EL-OUED. Paramètres influents des conditions optimales. These de doctorat. Université kasdi merbah. Ouargla, pp 21-75-80.
- [24]:**Maglie Bassan, Pierre, Henri Doran et Linda.**GBV- ChapitreIII mécanismes de traitement.pdf.

## Bibliographie

---

[25]: **AMIRI KHALED, 2020.** Contribution a l'evaluation et au traitement des eaux uses dans le sud est de sahara Algerien.Application au sud de la region D'Oued Righ (Touggourt).These de doctorat. University Kasdi Merbah-Ouargla, pp 2- 98-102-114.

[26]: <https://wikiwater.fr/a21-les-techniques-de-lagunage>. Consulté le 28/3/2020.

[27]: <https://www.esst-insr.fr/12-ed5026-traite-ment-eau-usees>. Consulté le 11/04/2020.

[28]: <https://www.plus-que-pro.fr/actualites/services/traite-ment-de-l-eau/comment-fonctionne-le-filtrage-des-eaux-usees-par-les-plantes>. Consulté le 3/5/2020.

[29]: Systèmes de traitement des eaux usées par marais artificiels, Étude de techniques de remplacement applicables à l'assainissement des eaux usées de petites agglomérations, V.3.1, Québec, janvier 1993.

[30]: <https://www.institut-numerique.org/ii3le-choix-des-plantes-5306014f4C400/amp>. Consulté le 6/5/2020.

[31]: **ONA ALGER, (2011),** Rapport intervenant : Amar Chouikh Directeur central de l'exploitation et de la maintenance à l'ONA, STEP de Ngoussa une station 100% vert.

[32]: <https://www.hydrorestore.fr/la-phytoepuration.html>. Consulté le 09/5/2020.

[33]: **MILOUDI A, 2009.** Inventaire des espèces macrophytes épuratrice dans la cuvette de Ouargla Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne, U.Kasdi Merbah Ouargla.

[34]: **Gean RODIER, Berna Srd LEGUBE, Nicole MERLET.** L'Analyse de l'eau, Entière mise à jour, 9<sup>e</sup> édition, 2009, p3.

[35]: **RANJANI K, KNEIDINGER CH. RIOS R., SALINAS N., SOTO G., DURAN-DE-BAZUA C, 1996.** Treatment of maize processing industry wastewater by constructed wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands. Proceeding of 5th International conference on wetlands system for water pollution control, vol. 1, Vienna, Sept. pp: 9, 15-19.

[36]: **Vassiliki, A Papaevangelou, Georgios, D. Gikas. Vassilios, ATsihrintzis, Maria, Antonopoulou, Ioannis, K. Konstantinou., (2016).** Removal of Endocrine Disrupting Chemicals in HSF and VF pilot-scale constructed wetlands. Chemical Engineering Journal, p 294.

## Bibliographie

---

- [37]: **Onur. Can, Türker, Cengiz, Türe. Harun, Böcük. Arzu, Çiçek, Anıl, Yakar,** (2016). Role of plants and vegetation structure on boron (B) removal process in constructed wetlands. *Ecological Engineering* 88: 143-152.
- [39]: **CHACHUAT B.,** 1998. Traitement d'effluents concentrés par culture fixes sur gravier. Rapport de DEA, ENGEES-Cemagref, p 118.
- [40]: **Stottmeister, U., Wiessner, A., Kuschik, P., Kappelmeyer, M.K., Bederski, R.A., Müller, H., Moormann, H.,** (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnol. Adv.*
- [41]: **Vergeles, Y, Vystavna, Y, Ishchenko, A, Rybalka, I, Marchand, L., Stolberg, F.,** (2015). Assessment of treatment efficiency of constructed wetlands in East Ukraine. *Ecol. Eng.* 83:159-168.
- [42]: **Kadlec, R., Wallace, S.,** (2009). *Treatment Wetlands*, 2nd. ed. CRC Press, Boca Raton.
- [43]: **JETENS. M. S. WAGNER. M. FUERST. J. VAN LOOSDRESHT. M.KUENEN. G. and STROUS. M.** 2001. "Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process." *Current Opinion in Biotechnology* 12(3): pp 283.
- [44]: **JETENS. M. S.M.** 2002. 'Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria-competitors or natural partners?' *FEMS Microbiol. Ecol* 39(3): pp 175-181.
- [45]: **Paul, J.W., Beauchamp, E.G.,** (1989). Denitrification and fermentation in plant-residue-amended soil. *Biol. Fert. Soils*, 7.
- [46]: **Sivu Bouissou et Marie,** juillet 2014. Manuel de fonctionnement de la station à lits à macrophytes.pdf
- [47]: **MOLLE P,** 2003. Filtres plantés de roseaux: limites hydraulique et rétention du phosphore. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, p 217.
- [48]: **DRIZO A, COMEAU Y, FORGET C, Chapuis R.P,** 2002. Phosphorus saturation potential: A parameter for estimating the longevity of constructed wetland systems. *Env. Sci. Tech.* 36, pp 4642-4648.
- [49]: **Nacir S, Ouazzani N, Vasel J. L, Jupsin H et Mandi L.** Traitement des eaux usées domestiques par un chenal algal à haut rendement (CAHR) agité par air lift sous climat semi-aride. *Rev. Sci. Eau.* 2010.



## Bibliographie

---

[50]: Sakadevan, K., and Bavor, H.J., (1998). Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems”, Water Research, Vol. 32 No. 2: 393-399.

[51]: Quan, Q., Shen, B., Zhang, Q., Ashraf, M.A., (2016). Research on phosphorus removal in artificial wetlands by plants and their photosynthesis. Braz. Arch. Biol. Techn. <http://doi.org/10.1590/1678-4324-2016160506>.

المراجع باللغة العربية:

[38]: العابد إبراهيم، 2015. معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية. دكتوراه جامعة قاصدي مرباح ورقلة, ص 63-76-81.

# ANNEXE

# ANNEXE 01

**Tableau 01:** Les normes des eaux usées rejetées selon l'OMS (1971).

Paramètres	Bonne ou très Bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise
O <sub>2</sub> dissous mg/l	> 5	≥3	≥1	<1
O <sub>2</sub> dissous %	≥70	≥50	≥10	<10
DBO <sub>5</sub> mg/l	≤5	≤10	25	>25
DCO mg/l	≤25	≤40	80	>80
NO <sub>3</sub> mg/l	≤25	≤50	80	>80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	≤0.5	≤2	8	>8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	≤0.3	≤1	>1	-
NTK mg/l	≤2	≤3	10	>10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/l	≤0.5	≤1	2	>2
MES mg/l	≤70	-	>70	-
Phosphore total mg/l	≤0.3	≤0.6	1	>1
Conductivité	≤2	-	2000	-
pH	≥6.5 et ≤8.5	-	<6.5 ou> 8.5	-

## Annexe

**Tableau 02:** Normes de rejets d'une station d'épuration, concentration maximales autorisées en DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, azote et phosphore (OMS, 1989).

Paramètres	Concentration maximale autorisé		
DBO <sub>5</sub>	25 mg/l		
DCO	125 mg/l		
MES	35 mg/l*		
* Pour les rejets dans le milieu naturel de bassins de lagunage, cette valeur est fixée à 150 mmg/l			
	Paramètre	Charge brute de pollution organique reçue en kg/jour	Concentration maximale autorisé
Zone sensible à l'azote	NGL*	600 à 6000	15 mg/l
		> 6000	10 mg/l
Zone sensible au phosphore	PT	600 à 6000	2 mg/l
		> 6000	1 mg/l
<p>- Ces exigences se réfèrent à une température du réacteur biologique aérobie de la station d'épuration d'au moins 12 °C. Cette condition de température peut être remplacée par la fixation de périodes d'exigibilité déterminées en fonction des conditions climatiques régionales.</p>			

## Annexe

**Tableau 03:** Les valeurs limites des paramètres de rejets dans un milieu récepteur  
( Journal officiel de la république Algérienne, 2006).

<b>PARAMETRES</b>	<b>VALEURS LIMITES</b>	<b>UNITES</b>
Température	30	C°
PH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/ l
DBO <sub>5</sub>	35	mg/ l
DCO	120	mg/ l
Azote kjeldahl	30	mg/ l
Phosphates	02	mg/ l
Phosphore total	10	mg/ l
Cyanures	0,1	mg/ l
Aluminium	03	mg/ l
Cadmium	0,2	mg/ l
Fer	03	mg/ l
Manganèse	01	mg/ l
Mercuré total	0,01	mg/ l
Nickel total	0,5	mg/ l
Plomb total	0,5	mg/ l
Cuivre total	0,5	mg/ l
Zinc total	03	mg/ l
Huiles et Grasses	20	mg/ l
Hydrocarbures totaux	10	mg/ l
Indice phenols	0,3	mg/ l
Fluor et composés	15	mg/ l
Etain total	02	mg/ l
Composés organiques chlorés	05	mg/ l

**Tableau 04 :** Valeur limites de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration JORA 2009.

18	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 36	27 Jomada Ethania 1430 21 juin 2009
<p>Art. 10. — L'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques est retirée dans les cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— non-respect des obligations et prescriptions fixées par la décision autorisant le déversement ;</li> <li>— lorsqu'il est fait obstacle à l'accomplissement des contrôles opérés dans les conditions fixées par le présent décret ;</li> <li>— cessation d'activité de l'établissement au titre de laquelle l'autorisation de déversement a été octroyée.</li> </ul>		
<p><b>CHAPITRE II</b> <b>CONTROLES</b></p>		
<p>Art. 11. — Des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyse peuvent être effectués à tout moment dans le regard de branchement de l'établissement par les représentants de l'administration de wilaya chargée des ressources en eau afin de vérifier si les caractéristiques des eaux usées déversées dans le réseau public d'assainissement ou dans la station d'épuration sont conformes aux valeurs maximales fixées par le présent décret.</p>		
<p>Art. 12. — Lorsque les résultats d'analyse montrent que les eaux usées ne sont pas en conformité avec les valeurs fixées dans la décision d'autorisation, l'administration de wilaya chargée des ressources en eau met en demeure le propriétaire de l'établissement de prendre, dans le délai qu'elle lui aura fixé, l'ensemble des mesures et actions à même de rendre le déversement conforme aux prescriptions de l'autorisation.</p>		
<p>Art. 13. — A l'expiration du délai fixé par la mise en demeure indiquée à l'article 12 ci-dessus, et faute par le propriétaire de l'établissement de se conformer à la mise en demeure, les administrations de wilaya chargées des ressources en eau et de l'environnement doivent procéder à la fermeture de l'établissement jusqu'à exécution des mesures prescrites, et ce, sans préjudice des poursuites judiciaires prévues par la législation en vigueur.</p>		
<p>Art. 14. — Les analyses d'échantillons d'eaux usées autres que domestiques prévues à l'article 11 ci-dessus sont effectuées par des laboratoires agréés par le ministre chargé des ressources en eau.</p>		
<p><b>CHAPITRE III</b> <b>DISPOSITIONS FINALES</b></p>		
<p>Art. 15. — Les installations de prétraitement existantes doivent être mises en conformité avec les prescriptions du présent décret dans un délai n'excédant pas un (1) an après la date de publication du présent décret au <i>Journal officiel</i>.</p>		
<p>Art. 16. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p>		
<p>Fait à Alger, le 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009.</p> <p style="text-align: right;">Ahmed OUYAHIA.</p>		
<p><b>ANNEXE</b></p> <p>Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration</p>		
PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)	
Azote global	150	
Aluminium	5	
Argent	0,1	
Arsenic	0,1	
Béryllium	0,05	
Cadmium	0,1	
Chlore	3	
Chrome trivalent	2	
Chrome hexavalent	0,1	
Chromates	2	
Cuivre	1	
Cobalt	2	
Cyanure	0,1	
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500	
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000	
Etain	0,1	
Fer	1	
Fluorures	10	
Hydrocarbures totaux	10	
Matières en suspension	600	
Magnésium	300	
Mercuré	0,01	
Nickel	2	
Nitrites	0,1	
Phosphore total	50	
Phénol	1	
Plomb	0,5	
Sulfures	1	
Sulfates	400	
Zinc et composés	2	
<p>* Température : inférieure ou égale à 30° C * PH : compris entre 5,5 et 8,5</p>		

## Annexe

**Tableau 05:** Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation: Arrêté interministériel du 02 Janvier 2012

### 1. Paramètres physico-chimiques

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	dS/m	3
	Infiltration le SAR = $\sigma - 3$ CE		0.2
	3 - 6	dS/m	0.3
	6 - 12	ou mS/cm	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO <sub>3</sub> - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
Nickel	mg/l	2.0	
Sélénium	mg/l	0.02	
Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0	

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

# ANNEXE 02

**Tableau 06:** Données climatiques de la ville d'Ouargla (2019).

	T X	TN	TM	H	V	EVAP	INSOL	RR
	C°	C°	C°	%	m/s	Mm	H/mois	Mm
Janvier	17	10	13	45	5.55	113.6	256.2	2
Février	18	10	14	41	5.83	132.6	226.6	9
Mars	23	15	19	35	5.55	202.7	245.7	10
Avril	30	21	25	25	6.94	283.1	304.2	7
Mai	33	24	29	27	6.66	328.6	320.1	4
Juin	42	30	36	18	6.38	435.3	234.2	1
Juillet	43	31	37	17	5	499	306.1	1
Aout	42	31	37	22	4.44	403.9	316.2	7
Septembre	38	29	33	29	5.27	282.4	259.8	5
Octobre	30	21	26	38	4.44	206.2	273.9	1
Novembre	23	14	18	39	5.55	150.4	242	1
Décembre	21	11	16	48	5.83	128.7	228	0

TX: Température maximale

TN: Température minimale

TM: Température moyenne

H%: Humidité

RR: Précipitation

EVAP: Evaporation

INSOL: Insolation

V (m/s): Vitesse vent

**Source:** Météo Ouargla



# ANNEXE 03

**Tableau 07:** Les résultats globaux d'analyses: d'épuration des eaux usées par roseau de N'goussa.

Paramètre		T	pH	CE	Sal	DBO <sub>5</sub>	DCO	MES
Mois		C°		ms/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Janvier 2019	Entrée	16.7	7.53	4.64	2400	320	538	48
	Sortie	14.3	8.09	6.1	3300	40	64.5	23
	Rend %	-	-	-	-	87.5	88.01	52.08
Février 2019	Entrée	13.7	7.32	4.65	2400	440	701	96
	Sortie	14.4	7.21	5.68	3000	38	106	17
	Rend %	-	-	-	-	91.36	84.87	82.29
Mars 2019	Entrée	21.2	7.69	8.07	4500	297	310	70
	Sortie	20.9	7.20	6.023	3300	35	78.4	52
	Rend %	-	-	-	-	88.21	74.70	25.71
Avril 2019	Entrée	21	7.73	5.89	3200	190	250	69
	Sortie	21	6.97	5.89	3200	42	68.8	42
	Rend %	-	-	-	-	77.89	72.48	39.13
Mai 2019	Entrée	27.3	7.35	6.08	3300	280	487	41
	Sortie	26.8	7.27	6.3	3400	15	48.8	18
	Rend %	-	-	-	-	94.64	88.97	56.09
Juin 2019	Entrée	31.3	7.44	6.8	3800	190	201	87
	Sortie	31	7.19	5.1	2700	50	71.6	31
	Rend %	-	-	-	-	73.68	64.37	64.36
Juillet 2019	Entrée	34.3	7.39	4.73	2500	180	270	87
	Sortie	32.9	8.05	4.74	2500	42	85	31
	Rend %	-	-	-	-	76.66	68.51	64.36
Aout 2019	Entrée	33	7.19	4.14	2100	240	451	49
	Sortie	32	7.22	5.27	2800	51.3	52	21

## Annexe

	<b>Rend %</b>	-	-	-	-	<b>78.62</b>	<b>88.47</b>	<b>57.14</b>
<b>Septembre 2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>26</b>	<b>7.40</b>	<b>4.94</b>	<b>2600</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>75</b>
	<b>Sortie</b>	<b>26.7</b>	<b>7.70</b>	<b>5.1</b>	<b>2700</b>	<b>60</b>	<b>93.1</b>	<b>35</b>
	<b>Rend %</b>	-	-	-	-	<b>62.5</b>	<b>45.29</b>	<b>53.33</b>
<b>Octobre 2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>30.1</b>	<b>7.34</b>	<b>6.34</b>	<b>3300</b>	<b>177</b>	<b>428</b>	<b>82</b>
	<b>Sortie</b>	<b>26.7</b>	<b>8.09</b>	<b>5.08</b>	<b>2500</b>	<b>25</b>	<b>133</b>	<b>24</b>
	<b>Rend %</b>	-	-	-	-	<b>85.87</b>	<b>68.92</b>	<b>70.37</b>
<b>Novembre 2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>15</b>	<b>7.34</b>	<b>5.37</b>	<b>2.8</b>	<b>190</b>	<b>210</b>	<b>198.5</b>
	<b>Sortie</b>	<b>14.5</b>	<b>7.36</b>	<b>4.66</b>	<b>2.4</b>	<b>28</b>	<b>62.6</b>	<b>46</b>
	<b>Rend %</b>	-	-	-	-	<b>85.26</b>	<b>70.19</b>	<b>76.76</b>
<b>Décembre 2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>12.7</b>	<b>7.29</b>	<b>5.49</b>	<b>2900</b>	<b>290</b>	<b>477</b>	<b>106</b>
	<b>Sortie</b>	<b>16.7</b>	<b>7.39</b>	<b>5.59</b>	<b>3000</b>	<b>25</b>	<b>142</b>	<b>53</b>
	<b>Rend %</b>	-	-	-	-	<b>91.37</b>	<b>70.23</b>	<b>50</b>

## Annexe

**Tableau 08:** Les résultats globaux d'analyses (récemment mesurées): d'épuration des eaux usées par roseau de N'goussa.

Paramètre		O <sub>2</sub> (dissous)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	PT	NT
Mois		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Janvier 2019	Entrée	0.9	52.7	0.137	0.504	1.65	6.4	88.6
	Sortie	3	25.5	0.03	0.345	0.938	1.9	49.6
	Rend%	-	51.61	78.10	31.54	43.15	70.31	44.01
Février 2019	Entrée	1	54.3	0.19	0.56	1	6.41	45.8
	Sortie	1.1	42.7	0.36	0.95	0.72	5.82	78
	Rend%	-	21.36	-89.47	-69.64	28	9.2	-70.3
Mars 2019	Entrée	0.9	36.9	0.13	0.32	3.11	3.61	56.4
	Sortie	1.2	18.3	0.165	0.59	0.908	1.19	56.8
	Rend%	-	50.4	-26.92	-84.37	70.8	67.03	-0.7
Avril 2019	Entrée	1.3	40.5	0.08	0.37	2.66	6.68	75.7
	Sortie	4.2	19.7	0.14	0.69	1.25	2.98	67.8
	Rend%	-	51.35	-75	-86.48	53	55.38	10.43
Mai 2019	Entrée	0.5	43.3	0.066	0.27	1.13	4.9	56.7
	Sortie	0.6	30.2	0.105	0.49	0.927	4.2	64.9
	Rend%	-	30.25	-59.09	-81.48	17.96	14.28	-14.46
Juin 2019	Entrée	0.2	41.8	-	0.53	6.67	3.77	-
	Sortie	0.3	21.4	-	0.94	1.72	6.82	-
	Rend%	-	48.8	-	-77.35	74.21	-80.9	-
Juillet 2019	Entrée	0.5	38.01	-	0.53	6.67	3.77	-
	Sortie	1	15	-	0.94	1.72	6.82	-
	Rend%	-	60.53	-	-77.35	74.21	-80.9	-
Aout 2019	Entrée	0.2	44.6	0.099	0.42	4.33	4.15	72.4
	Sortie	0.7	19.1	0.170	0.82	0.876	4.7	37.3
	Rend%	-	57.17	-71.71	-95.23	79.76	-13.25	48.48

## Annexe

<b>Septembre</b> <b>2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>0.2</b>	<b>68.8</b>	<b>0.235</b>	<b>0.652</b>	<b>6.78</b>	<b>6.36</b>	<b>70</b>
	<b>Sortie</b>	<b>0.2</b>	<b>43.9</b>	<b>0.152</b>	<b>0.54</b>	<b>5.18</b>	<b>7.03</b>	<b>130</b>
	<b>Rend%</b>	-	<b>36.19</b>	<b>35.31</b>	<b>17.17</b>	<b>23.59</b>	<b>-10.53</b>	<b>-85.71</b>
<b>Octobre</b> <b>2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>2.6</b>	<b>50.3</b>	<b>0.121</b>	<b>0.387</b>	<b>1.62</b>	<b>4.82</b>	<b>56.1</b>
	<b>Sortie</b>	<b>2.8</b>	<b>35.8</b>	<b>0.11</b>	<b>0.158</b>	<b>1.41</b>	<b>1.44</b>	<b>79.8</b>
	<b>Rend%</b>	-	<b>28.82</b>	<b>9.09</b>	<b>59.17</b>	<b>12.96</b>	<b>70.12</b>	<b>-42.24</b>
<b>Novembre</b> <b>2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>1.2</b>	<b>53.7</b>	<b>0.079</b>	<b>0.306</b>	-	<b>4.08</b>	-
	<b>Sortie</b>	<b>1.5</b>	<b>31.02</b>	<b>0.116</b>	<b>0.147</b>	-	<b>1.08</b>	-
	<b>Rend%</b>	-	<b>42.23</b>	<b>-46.83</b>	<b>51.96</b>	-	<b>73.52</b>	-
<b>Décembre</b> <b>2019</b>	<b>Entrée</b>	<b>1.8</b>	<b>55.3</b>	<b>0.222</b>	<b>1.2</b>	-	-	-
	<b>Sortie</b>	<b>5.7</b>	<b>35.9</b>	<b>0.05</b>	<b>0.925</b>	-	-	-
	<b>Rend%</b>	-	<b>35.08</b>	<b>77.47</b>	<b>22.91</b>	-	-	-

## Annexe

**Tableau 09:** Caractéristiques des eaux usées traitées dans la station de N'GOUSSA.

Paramètres	Min	Moyenne	Max
<b>T (C°)</b>	<b>14.30</b>	<b>23.158</b>	<b>32.90</b>
<b>pH</b>	<b>6.97</b>	<b>7.47</b>	<b>8.09</b>
<b>CE (ms/cm)</b>	<b>4.66</b>	<b>9.98</b>	<b>6.3</b>
<b>Sal (mg/ l)</b>	<b>2.4</b>	<b>2700.2</b>	<b>3400</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/ l)</b>	<b>0.2</b>	<b>1.85</b>	<b>5.7</b>
<b>MES (mg/ l)</b>	<b>17</b>	<b>32.75</b>	<b>53</b>
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/ l)</b>	<b>15</b>	<b>37.60</b>	<b>60</b>
<b>DCO (mg/ l)</b>	<b>48.80</b>	<b>83.81</b>	<b>142</b>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/ l)</b>	<b>15</b>	<b>28.21</b>	<b>43.9</b>
<b>N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/ l)</b>	<b>0.03</b>	<b>0.139</b>	<b>0.36</b>
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/ l)</b>	<b>0.147</b>	<b>0.627</b>	<b>0.95</b>
<b>P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (mg/ l)</b>	<b>0.72</b>	<b>1.56</b>	<b>5.18</b>
<b>NT (mg/ l)</b>	<b>37.3</b>	<b>70.52</b>	<b>130</b>
<b>PT (mg/ l)</b>	<b>1.08</b>	<b>3.99</b>	<b>7.03</b>