

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université SAAD DAHLAB Blida -1-

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de biologie et physiologie cellulaire



Mémoire de fin d'étude

EN VUE D'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER II

Option: Ecosystèmes Aquatiques

Thème:

Les eaux usées: Sources et Ressources

Réalisé par :

Dahel Lamia

Hayane Somia

Saadi Fatma

Date soutenance le **16 September 2020**

Heure ; **11:00**

Devant le jury :

Mme BELMESKINE. H

MCA

USDB-1-

Président

Mme EL MAHDI. I

MAA

USDB-1-

L'examinatrice

Mme MOHAMED MAHMOUD. F

MCB

USDB-1-

Promotrice

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions « Dieu » tout-puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce travail.

Merci de nous guider sur la voie de succès.

Nous remercions notre promoteur, Mme MOHAMED MAHMOUD, de nous avoir aidés dans cette affaire et de l'avoir suivie pendant toute la durée de ce travail.

Merci à tous les membres du jury qui ont accepté de juger nos travail:


- Mme *Belmeskine. H*
- Mme *El Mahdi. I*

Nous remercions également toutes les personnes de laboratoires de la station d'épuration de Chenoua.

Nous remercions également le personnel des laboratoires SEAAL de la wilaya de Tipaza qui ont accepté de nous guider pendant notre stage.

Nous remercier tous les professeurs du département de la biologie et physiologie cellulaire pour l'honneur de les rencontrer et d'être parmi eux pendant nos études.

Finalement, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à réalisation de ce mémoire.



Je dédie ce modeste travail

À

*À ma très chère mère (NAÏMA) quoi que je fasse ou que je dise,
je ne saurai point te remercier comme il se soit ton affection me
couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a
toujours été ma source de force pour affronter les différents
obstacles.*

*À mon très cher père (MOHAMMED) tu as toujours été à mes
côtés pour me soutenir et m'encourager*

Que ce travail ma gratitude et mon affection.

*À ma très chère sœur Loubna, et très Cher frère Abd el
basset qui je souhaite une vie pleine de bonheur, de prospérité et
de réussite.*

*À toute ma famille, tous ceux que j'aime, qui m'aiment et me
comblez de conseils à tous ceux qui un jour ont pensé à moi, les
plus beau mots ne sauraient exprimer ma redevance à moi.*

D. Lamia



Au nom de dieu le clément et miséricorde dieu.

Je remercie d'abord Dieu Tout-puissant qui m'a donnée santé, force et l'opportunité de terminer cette thèse, alors que je dédie ce modeste travail pour tous les efforts que vous avez fourni pour me voir arriver à mon but.

La plus chère à mon coeur, la bougie qui a éclairé ma vie et qui a contribué à ma réussite, qui me toujours aidée avec sa d'Oaa ses conseils précieuses et j'espère rendre tout ce qu'elle a fait pour moi. Merci de tout coeur ma chère mère Fatima, que dieu vous accorde santé et longue vie.

Le plus grand amour dans mon coeur, à la prunelle de mes yeux, le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager, le meilleur père Mahammed, que dieu le procure bonne santé et longue vie.

Je dédie ce travail en particulier à mes chères soeurs **Malika, Safia, Sabrina**, car elles sont la source de sourire dans la vie car elles me donnent l'espoir et la force de terminer mes études.

A mes chers frères, encouragez-moi dans ce travail **Belkacem, Rami, Abdel Hafid** et sa femme **Abir** et une dédicace spéciale à leur nouvelle fille **Razan**.

Je dédie toute ma famille **Hayane**.

A ma trinôme: **Fatima, Lamia** et toute sa famille.

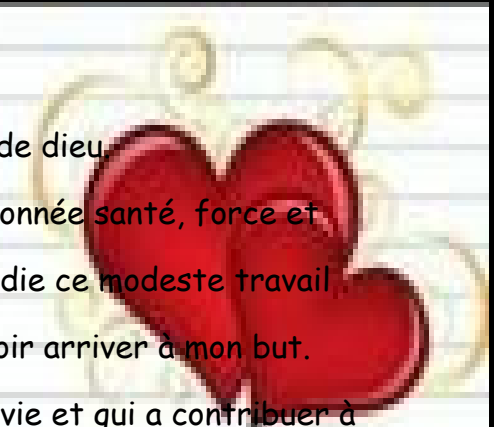
A mes belles amis les plus près dans mon coeur: La belle rose **Sara, Leila, Amina, Amel, Naili Naçira**.

Tous mes amis de la cité universitaire Maizi Fatima Zahra surtout: **Samia, Nadjma, Houria, Djamila**.

Tous mes amis de l'université de Saad Dahlab Blida.

A tous mes collègues de la promotion de master II **écosystème aquatique**.
Tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans ma formation surtout Meme **Asma**.

H. Somia



DEDICACES

Par-dessus tout, je remercie mon seigneur de m'avoir donné toute la force nécessaire pour terminer ce travail.

Je dédie ce travail à mon cher père, qui m'a toujours encouragé à atteindre mes objectifs.

Je dédie ce travail à ma chère mère, qui ne m'a jamais privée de ses prières.

Je le dédie également à tous ceux qui étaient à mes côtés, de mes sœurs et à tous les membres de la famille SAADI et mes amis en général.

Et je le présente aux enfants de mes sœurs (Tamim, Aya, Rahma, Douaa, Abd el-rahman, Yassar) et à mes frères (Assil, Rahil, zakaria, Ayman) en particulier aux plus chères et les plus précieuses d'entre elles ISSLAM

CHAMBY.

S. FATMA



Résumé

Les caractéristiques des eaux usées de la zone Chenoua (Tipaza) ont été évaluées sur une période de deux mois (février et mars) par échantillonnage à la station d'épuration, pour lequel 6 analyses physiques et chimiques ont été réalisées à l'usine de Chenoua. (Tipaza), et 2 analyses bactériologiques au laboratoire d'hygiène (Tipaza).

Les analyses physiques, chimiques et bactériologiques obtenue ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP présentent une pollution organique, azotée et bactériologique assez élevée. Pour les eaux épurées les rendements épuratoires pour les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), les ortho-phosphates, l'ammoniac sont représentés respectivement par 96%, 94%, 97%, 25%, 98%.

Alors que l'analyse bactériologique confirme la présence de divers germes tels que Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux qui sont des indicatrices de contamination fécale.

Selon les résultats, analyses et observations obtenus grâce à notre étude, nous pouvons dire que cette eau ne convient pas à tous les usages mais il peut être destiné à l'irrigation des cultures bien spécifiques.

Mots clés : Eaux usées, station d'épuration de Chenoua, propriétés physico-chimiques, propriétés bactériologiques.

Abstract

The characteristics of the wastewater in the area Chenoua (Tipaza) were evaluated over a two-month period (February and March) by sampling at the treatment plant, for which six physical and chemical analyzes were carried out at the Chenoua plant. (Tipaza), and two microbiological analyzes in the hygiene laboratory (Tipaza).

The physical, chemical and bacteriological analyzes obtained revealed that the raw wastewater entering the WWTP exhibits fairly high organic, nitrogen and bacteriological pollution. For purified water, the purification yields for suspended solids (SS), chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), ortho-phosphates and ammonia are represented respectively by 96%, 94 %, 97%, 25%, and 98%.

While bacteriological analysis confirms the presence of various germs such as Total and Fecal Coliforms, Fecal Streptococci, which are indicators of fecal contamination.

According to the results, analyzes and observations obtained through our study, we can say that this water is not suitable for all uses but it can be intended for the irrigation of very specific crops.

Keywords : Wastewater, Chenoua wastewater treatment plant, physic-chemical properties, bactériological properties.

الملخص

تم تقييم خصائص مياه الصرف الصحي لمنطقة شنوة (تيازة) لمدة شهرين (فيفري ومارس) وذلك من خلال اخذ عينات من محطة معالجة المياه المستعملة حيث أجريت له 6 تحاليل فيزيوكيميائية على مستوى محطة شنوة (تيازة)، وتحليلين مكر وبيولوجيين على مستوى مخبر النظافة (تيازة).

التحاليل الفيز وكميائية توصلت الى ان مياه الصرف الصحي الداخلة الى المحطة تحتوي على تلوث عضوي ازوتي ومكروبي مرتفع أوضحت النتائج مردودية تقدر ب 96 % بالنسبة للمواد العالقة. فيما يخص معيار الطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين قدر ب 94% و 97% في حين ان معدل إزالة كل من لأمونياك اغتو فوسفات قدر ب 98 % و 25 % على التوالي.

بينما يؤكد التحاليل البكتريولوجي وجود جراثيم مختلفة مثل القولونيات الكلية والبرازية والمكورات العقدية البرازية وهي مؤشرات على التلوث البرازي.

وفقا للنتائج والتحليلات والملاحظات التي تم الحصول عليها بفضل درستنا يمكننا القول ان هذه المياه ليست مناسبة لجميع الاستخدامات ولكن يمكن ان تكون مخصصة لري محاصيل محددة للغاية.

الكلمات المفتاحية : مياه الصرف الصحي، محطة تطهير المياه المستعملة شنوة، خصائص فيزيوكيميائية، خصائص بكتريولوجية.

Table des matières

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Chapitre I : Partie bibliographique

I-Généralité sur les eaux usées	3
I-1 Les sources des eaux usées	3
- Les eaux usées domestique	3
- Les eaux usées industrielles	3
- Les eaux usées agricoles	4
- Les eaux usées pluviales	4
I-2 Composition des eaux usées	4
I-2-1 Les matières en suspension	4
I-2-2 Les éléments traces minéraux ou organiques	5
I-2-3 Micro-organismes	5
I-2-4 Substances nutritives	6
I-3 Impacts des eaux usées non traitées	6
I-4 Paramètres des eaux usées	7
I-4-1 paramètres organoléptiques.....	7
I-4-2 Paramètres physiques	8
I-4-3 Paramètres chimiques.....	9
I-4-4 Paramètres bactériologiques	10
II-PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES	12
II-1- L'épuration	12
II-2- Les stations d'épurations (STEP)	12
- Station de Chenoua (Tipaza)	12
II-3- Objectifs de la STEP	13
II-4- Etapes de traitement	13
II-4-1- Prétraitement	13

- Dégrillage	13
- Dessablage	14
- Déshuilage	14
II-4-2- Traitement secondaire (Biologique)	14
II-4-3- Clarification (Décanteur premier et secondaire)	16
III- Réutilisation des eaux usées épurées	17
III-2- Quels sont les effets des eaux usées épurées?	17
III-2-1- Les effets positifs	17
III-2-2- Les effets négatifs	18
III-3- La réutilisation des eaux usées en Algérie	18
III-3-5- Avantage des réutilisations des eaux usées épurées	18
III-3-6- Les différentes réutilisations des eaux usées épurées	19
III-4-7- Les Facteurs influençant la REUE en Algérie	19

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II- Matériel et Méthodes	20
II-2-1- Prélèvement des échantillons	21
II-2-2- Analyses physico-chimiques	22
II-2-2-1- Analyses journalières	22
II-2-2-2- Les analyses hebdomadaires	25
II-2-3- Analyses bactériologiques	32

Chapitre III : Résultats et Discussion

III-1-Paramètres physico-chimiques	37
III-1-1-Paramètres physiques	37
III-1-2-Paramètres chimiques	39
III-2-Paramètres bactériologiques	47
➤ Les différentes possibilités de réutilisations des eaux usées épurées de station de Chenoua	51
Conclusion	52

Références Bibliographiques

Annexes

LISTE DES ABREVIATIONS

CE	Conductivité Electrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
CT	Coliformes totaux
CF	Coliformes fécaux
EB	Eau brute
EE	Eau épurée
STEP	Station de Traitement des Eaux Polluées
SEAAL	Société des eaux et de l'assainissement d'Alger
SF	Streptocoques fécaux
MES	Matières en Suspension
ONA	l'Office National d'assainissement
OMS	Organisation mondiale de santé
REUE	Réutilisation des eaux usées épurée

LISTE DES FIGURES

Figure 01	Escherichia-coli sous microscope électronique à G X 1000	
Figure 02	Les streptocoques fécaux	
Figure 03	Localisation de site d'implantation de la station d'épuration de Chenoua	
Figure 04	Dégrilleurs grossier	
Figure 05	Le bassin biologique de station Chenoua	
Figure 06	Décanteur premier	
Figure 07	Décanteur secondaires	
Figure 08	Schéma de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde par champ d'application	
Figure 09	Préleveur automatique de la STEP	
Figure 10	Variations des valeurs de la température de l'eau usée brute (EB) et l'eau épurée (EE)	
Figure 11	Variations des valeurs du pH de l'eau usée à brute et épurée de la STEP	
Figure 12	Variations de la conductivité dans l'eau brute et l'eau épurée	
Figure 13	Variations des teneurs en matières en suspension de l'eau usée brute et épurée	
Figure 14	Variations de DCO de l'eau brute et épurée	
Figure 15	Variations de la DBO ₅ de l'eau brute et épurée	
Figure 16	Représentation du rapport DCO/DBO ₅ .	
Figure 17	Variations des Nitrites à l'entrée et la sortie de la STEP	
Figure 18	Variations des teneurs en nitrates à l'entrée et la sortie de la STEP	
Figure 19	Variations de l'ammonium de l'eau brute et épurée	
Figure 20	Variations de l'azote total de l'eau brute et l'eau épurée	
Figure 21	Variations de l'ortho phosphate de l'eau brute et l'eau épurée	
Figure 22	Variation de phosphate total de l'eau brute et l'eau	
Figure 23	Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux brutes	
Figure 24	Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux brutes (NADRI et GHEZAL, 2018)	
Figure 25	Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux épurées	

Figure 26	Taux des germes (CT. CF. SF) dans les eaux épurées (NADRI et GHEZAL, 2018)	
Figure 27	Matériel des analyses physico-chimiques	Annexe II
Figure 28	Réactifs utilisée dans le paramètre physico-chimique	Annexe II
Figure 29	Matériel des analyses bactériologiques	Annexe II
Figure 30	Lecteur des résultats des coliformes totaux et fécaux	Annexe II
Figure 31	Lecteur des résultats des Streptocoques fécaux	Annexe II

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	Grille d'évaluation des facteurs de réussite de la REUE en Algérie	
Tableau II	Quantité et nombre de prélèvement	
Tableau III	Dates des prélèvements	
Tableau IV	Les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de la STEP	
Tableau V	Les volumes utilisés pour la mesure de la DBO5 en fonction des concentrations de l'eau à analyser	
Tableau VI	Normes de rejets Internationales	Annexe III
Tableau VII	Résultats des pH et Température et conductivité électrique de l'eau de la station Chenoua	Annexe III
Tableau VIII	Résultats de MES et DBO ₅ et DCO de l'eau de la station Chenoua	Annexe III
Tableau IX	Résultats des NT et NH ₄ ⁺ et NO ₃ ⁻ de l'eau de la station Chenoua	Annexe III
Tableau X	Résultats des NO ₂ ⁻ et PT et PO ₄ ⁻³ de l'eau de la station Chenoua	Annexe III
Tableau XI	Normes des analyses bactériologiques	Annexe III
Tableau XII	Résultats des analyses bactériologique	Annexe III

INTRODUCTION

Généralités sur les eaux usées

PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES

Matériel et Méthodes

Résultats et discussion

Conclusion

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Annexes

Introduction

L'eau a toujours été synonyme de vie et de croissance. Cet «or bleu» est tout d'abord essentiel à la survie de l'être humain, dont le corps est lui-même constitué à plus de 60% et également nécessaire pour ses activités agricoles, industrielles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement (**TEBESSI et BAHLOUL, 2014**).

Dans le monde entier et plus particulièrement dans les pays en voie de développement la consommation urbaine de l'eau ne cesse d'augmenter ces dernières années et cela pour des raisons liées entre autres à l'explosion démographique et l'élévation du niveau de vie.

Cette situation entraîne un volume important de rejets des eaux usées qui constituent un réservoir de germes pathogènes. De ce point de vue, elle constitue un danger réel pour l'environnement ambiant et aquatique et la santé des populations (**KARAALI et al., 2008**).

Ces eaux ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique, et pour protéger notre environnement la république algérienne a exigé le traitement des eaux usées et récemment, elle a lancé un décret exécutif a pour objet d'approuver le cahier des charges-type pour la gestion par concession du service public d'assainissement et le règlement de service y afferent (**TEBESSI et BAHLOUL, 2014**).

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues, et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques (**DEBBABI, 2013**).

L'utilisation d'eaux usées traitées dans l'agriculture ou pour tout autre usage contribue à économiser l'eau douce et à étendre les zones agricoles pour produire diverses cultures et à un prix inférieur. Elle conduit également à réduire les coûts liés à la production, l'importation et l'utilisation des engrais c'est du côté positif. D'un autre côté, Il existe différents types de virus, de bactéries et autres dans les eaux usées, en plus des concentrations élevées de substances chimiques et organiques qui ne sont pas éliminées aux différentes étapes du traitement, ce qui conduit à peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation (**EL ZOABI, 2014**).

C'est ce que cherche la station de traitement (STEP) de Chenoua, province de Tipaza (nord de l'Algérie), Où nous avons eu l'opportunité de réaliser une formation interne à cette station pour suivre les différentes étapes de traitement auxquelles les eaux usées sont exposées. Pour cela nous avons mené notre travail comme suit:

- Un premier chapitre comportant des généralités sur les eaux usées, la station d'épuration et ses différents procédés, ainsi que la réutilisation des eaux usées épurées.
- Un deuxième chapitre montrant le différent matériel et méthodes utilisés pour réaliser ce travail.
- Un troisième est consacré aux résultats et à la discussion.
- Et enfin une conclusion.

I- Généralités sur les eaux usées

Selon **REJSEK (2002)**, les 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 (**GROSCLAUDE, 1999**). Sous la terminologie d'eau résiduaire, on regroupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles). Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (**DUGNIOLLE, 1980**).

I-1- Les sources des eaux usées

❖ Les eaux usées domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent dans le réseau d'assainissement; Les eaux de vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes et les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages: lave-linge, lave-vaisselle, douche/bain... ect (**BAUMONT et al., 2009**).

❖ Les eaux usées industrielles

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peu néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (lavage de charbon, industries productrices d'engrais phosphatés...), Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...), Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, pâte à papier...), Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, produits

pharmaceutiques.....), Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités....) (RODIER, 2005).

❖ Les eaux usées agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou biologique dont certains présentent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux, soit des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou de déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ou des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, ect....) (METAHRI, 2012).

❖ Les eaux usées pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (METAHRI, 2012).

I-2- Composition des eaux usées

I-2-1- Les matières en suspension (MES)

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 μm , en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension 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. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à 100 μm) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10⁻² μm).

I-2-2- Les éléments traces minéraux ou organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées.

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/l}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces (**BELAID, 2010**).

I-2-3-Micro-organismes

✓ Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (**ASANOT, 1998**).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries /100 ml dont 10^5 entérobactéries, 10^3 à 10^4 *streptocoques* et 10^2 à 10^3 *Clostridium*s. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les *salmonelles* dont on connaît plusieurs centaines causent des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les *coliformes thermo-tolérants* (**BELAID, 2010**).

✓ Les virus

Leur concentration dans les eaux usées est comprise entre 10^3 et 10^4 particule/l. Parmi les virus entériques humains les plus importants nous avons les entérovirus, les rotavirus et les rétrovirus. (**BELAID, 2010**).

✓ Les champignons

On les rencontre dans de multiples habitats terrestres ou aquatiques. La majorité de ces microorganismes sont saprophytes, d'autres au contraire sont parasites de l'homme, des animaux et des plantes.

Dotés de propriétés lytiques importantes, qui en font des agents de dégradation dangereux mais parfois des alliés utiles (production d'enzymes), les champignons jouent un rôle important dans l'équilibre biologique (**BELAID, 2010**).

✓ **Les protozoaires**

Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées. Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne, *Giardialambliia* et *Cryptosporidium parvum*. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (CAMPOS, 2008).

✓ **Les helminthes**

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines. Le nombre d'oeufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10³ d'oeufs /l. Parmi ces oeufs on trouve notamment les Ascaris et les tænia (BELAID, 2010).

I-3- Impacts des eaux usées non traitées

➤ **Impacts sur la Santé :**

- Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité de l'eau potable.
- Augmentation du fardeau des maladies en raison de l'insalubrité des aliments (contamination du poisson, des légumes et d'autres produits irrigués) (UNESCO, 2017).

➤ **Impacts sur l'environnement :**

- Réduction de la biodiversité.
- Dégradation des écosystèmes aquatiques (par exemple eutrophisation et zones mortes).
- Augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES).
- Bioaccumulation de toxines (UNESCO, 2017).

➤ **Impacts sur l'économie :**

- Baisse de la productivité industrielle.
- Baisse de la productivité agricole.
- Diminution des prises de poissons et de crustacés, ou baisse de la valeur marchande du poisson et des mollusques et crustacés.
- Augmentation du fardeau financier sur les soins de santé.

-
- Augmentation des coûts de traitement de l'eau (pour l'approvisionnement humain et d'autres usages) (UNESCO, 2017).

I-4- Paramètres des eaux usées

I-4-1-Paramètres organoleptiques

✓ Couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement (REJESK, 2002). La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. (RODIER et al., 2005).

✓ Odeur-Saveur

Ces deux paramètres sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement. L'odeur et la saveur anormales sont dues à des molécules organiques contenues en très faibles quantités dans les eaux. Ces molécules peuvent être soit des molécules d'origine naturelles (métabolites d'algues, d'actinomycètes...) soit d'origine de pollutions domestiques ou industrielles (VILAGINES, 2010).

I-4-2- Paramètres physiques

➤ Température (T°) et le potentiel d'hydrogène (pH)

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, et est importante dans la nitrification et la dénitrification biologique (RODIER, 2005).

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (RODIER, 2005).

➤ Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**RODIER, 2009**).

➤ **Matière en suspension (MES)**

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation. C'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de la teneur en germes pathogènes. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé généralement pourrait être requis pour faire face aux risques sanitaires (**FABY, 2003**).

I-4-3- Paramètres chimiques

➤ **Demande biologique en oxygène (DBO)**

La demande biochimique en oxygène (DBO), Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours (**METAHRI, 2012**).

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes (**METAHRI, 2012**).

➤ **Nitrites (NO_2^-)**

Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites

constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (**RODIER, 2005**).

➤ **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (**RODIER et al., 2009**).

➤ **Phosphate**

Dans les eaux résiduaires le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphate) mais aussi sous forme de composés organophosphorés. Ces différents composés sont soit solubilisés soit fixés sur les matières en suspension (**RODIER et al., 2009**).

➤ **L'azote-ammoniacal (NH_4^+)**

L'azote ammoniacal est souvent désigné par le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote. L'ammoniaque 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 du pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+) (**TARDAT et BEAUDRY, 1999**).

➤ **Azote total (N_2)**

Ce paramètre devient de plus en plus important lors de l'expression de l'azote total en mg/l. Sa valeur globale dans les eaux usées recouvre toutes les formes, c'est le total d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDAL et l'azote des formes oxydées (Nitrites NO_2^- , Nitrates NO_3^-) (**RODIER, 2005**).

$$\text{Azote globale} = \text{Azote de KJELDAL} + \text{Nitrites} + \text{Nitrates}$$

➤ **Ortho phosphates (PO_4^{3-})**

Dans les eaux résiduaires le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (ortho phosphate, poly phosphate) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces

différents composés sont soit solubilisés soit fixés sur les matières en suspension (**RODIER et al., 2009**).

I-4-4- Paramètres bactériologiques

➤ *Les coliformes*

Les coliformes sont des micro-organismes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux (**RODIER, 2009**).

Organismes coliformes groupe de bactéries Gram négatif, aérobies et anaérobies facultatifs, nonsporulées, fermentant le lactose, hôtes typiques du gros intestine de l'homme et des animaux (**ISO**).

Les *coliformes fécaux*, ou *coliformes thermotolérants*, sont un sous-groupe des *coliformes totaux*. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom *d'Escherichia coli* (**HACENE, 2016**) (**Figure 1**).



Figure 01 : *Escherichia-coli* sous microscope électronique à G X 1000 (DENIS et al., 2000**)**

➤ *Les Streptocoques fécaux*

Les Streptocoques fécaux sont des bactéries à Gram positif, en forme de cocci allongés et ovales, souvent associées par paire ou en chaîne courtes, qui forment des colonies totalement ou partiellement roses ou rouges foncés (**HANS, 1988**).

Les Streptocoques témoins d'une contamination d'origine fécale, les microorganismes : *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus durans*, *Streptococcus avium* (BRANGER, 2007).

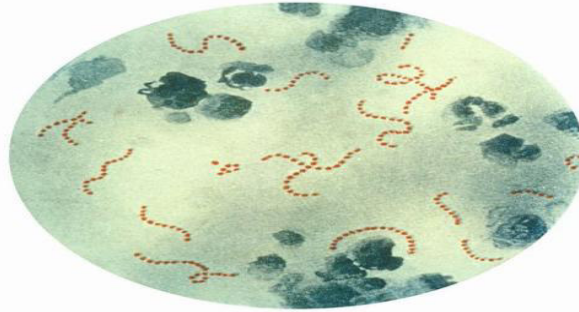


Figure 02 : les streptocoques fécaux (LEQUIPE-SKYROCK, 2009)

➤ ***Les Salmonelles***

Les salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, à Gram négatif. Ce genre contient plus de 2000 sérotypes différents. Les salmonelles peuvent se trouver dans les sols et les eaux, et dans plusieurs résidus. Le genre *Salmonella* contient plusieurs sérotypes pathogènes pour l'homme et les animaux. Les animaux domestiques et sauvages sont des réservoirs des salmonelles.

La transmission des infections à salmonelles se fait principalement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Plusieurs sérotypes de *Salmonella* sont largement distribués dans la nature et associés aux matières fécales des animaux (ANONYME, 2013).

➤ ***Vibrion cholerae***

Sont des bacilles à Gram négatif, et leurs colonies sont brillantes translucides. Elles sont à sporulées, généralement mobiles ou immobiles, aéro-anaérobie facultatives. Elles possèdent une oxydase positive, une catalase positive et elles réduisent les nitrates.

Les bactéries du genre *Vibrion* sont aquatiques. Elles se trouvent dans les différents eaux (eaux de surface, eaux de mer). Elles sont la particularité de colonisé différents animaux marins tels que les poissons, les crustacées, ect... (GUIRAUD, 2012).

Les espèces de *Vibrion* concernant l'homme se rapportent principalement aux *Vibrions* cholériques des eaux douces et marines et aux *Vibrions* halophiles des eaux marines. Les cholériques sont halotolérants et peuvent se développer en présence de Chlorure de Sodium (DELLARAS et al., 2010).

II-PROCEDE D'EPURATION DES EAUX USEES

II-1-L'épuration

l'épuration des eaux usées consiste à détecter les éléments polluants et à extraire les éléments dissouts qui sont transformés en matières sedimentables suite à un traitement approprié Ainsi, à la sortie de la station, il en résulte d'une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, des sous-produits désignés sous le terme de boues résiduaires (WARTHER et OGADA, 1999).

II-2- Les stations d'épurations (STEP)

Les stations d'épurations constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel (BRIERE, 1994).

✚ Station de Chenoua (Tipaza)

La STEP de Chenoua est implantée à l'ouest de la ville de Tipaza à proximité de la méditerrané (chemin de wilaya N 109 Tipaza) située à 70 km à l'ouest de la capitale d'Alger, elle a été conçue dans le but d'épurer les eaux usées urbaines pour protéger l'oued Nador (figure 03).



Figure 03 : Localisation de site d'implantation de la station d'épuration de Chenoua (ONA, 2011).

II-3- Objectifs de la STEP

- Sauvegarder des ressources en eau.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Elimination des nuisances olfactives.
- Récupérer et bénéficier de l'eau propre et des boues.
- Réduction des émissions des gaz à effets de serre (**WARTHER et OGADA, 1999**).

II-4- Etapes de traitement

L'épuration des eaux usées dans la STEP de la ville de Chenoua consiste à un prétraitement, des traitements biologiques secondaires et clarification.

II-4-1- Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration. Le prétraitement est une étape qui consiste en un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques, destinés à séparer les eaux usées des matières volumineuses, en suspension ou flottantes, et extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement (**ONA, 2011**). Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

✓ Le dégrillage

L'objectif du dégrillage est de débarrasser des matières plus volumineuse sa la sur faceouentre deux eaux. Le dégrillagesoulagele travail de la station d'épuration des points de vue biologique mécanique de l'ouvrage et parailleur doit toujours s'effectueravant une opération de relèvement (**ONA, 2011**).

Le dégrillage est un procédé qui consisteàretenir les solides contenus dans les rejetés, les éléments les plus grossontretenus par desgrilles (méthode du grillage) ou par des tamis (Tamisage) le tamisage s'apparente au dégrillage mais avec des débits bien inférieurs car les grilles sont remplacées pardestoiles métalliques ou des tissus (**ONA, 2011**).



Figure 04 : Dégrilleurs grossier (Photo originale)

✓ **Dessablage**

Le dessablage réalisé par décantation, vise à éliminer les sables et les graviers. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage (ONA, 2011).

✓ **Dégraissage-Déshuilage**

Les opérations dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau. L'injection des micro bulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Souvent ces opérations sont combinées dans un même ouvrage où la réduction de vitesse dépose les sables et laisse flotter les graisses. On enlève ainsi de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns ainsi que 80 à 90 % des graisses et matières flottantes (ONA, 2011).

II-4-2- Traitement secondaire (Biologique)

Le traitement biologique des eaux usées est effectué grâce à une série de processus importants qui ont en commun l'utilisation de microorganismes (parmi lesquels signalons les bactéries) pour effectuer l'élimination des composants solubles dans l'eau. Ces processus mettent à profit la capacité des microorganismes à assimiler la matière organique et les nutriments (azote et phosphore) dissous dans l'eau usée pour leur propre croissance. Lorsqu'ils se reproduisent, ils s'agrègent entre eux et forment des floccules macroscopiques

avec suffisamment de masse critique pour se décanter en un temps raisonnable (METAHRI, 2012). (figure 05).



Figure 05 : Bassin biologique de la station de Chenoua (photo originale)

Dans le métabolisme cellulaire, l'accepteur final d'électrons joue un rôle fondamental dans les processus d'oxydation de la matière organique. Cet aspect a aussi une influence sur les possibilités d'application au traitement des eaux usées. Concernant ce que l'on appelle, l'accepteur final d'électrons, on distingue trois cas :

✓ **Systèmes aérobies**

L'oxygène est l'accepteur final d'électrons préféré par toutes les cellules. S'il y a de l'oxygène dans l'environnement, celui-ci sera l'accepteur final d'électrons, ce qui implique d'obtenir des rendements énergétiques élevés et une importante production de vases, à cause de la croissance importante des bactéries en conditions aérobies (KHAOULANI, 2015).

✓ **Systèmes anaérobies**

Dans ce cas l'accepteur final d'électrons est la matière organique elle-même qui agit en tant que source de carbone. En conséquence de ce métabolisme, la plupart du carbone est destiné à la formation de sous-produits de la croissance (biogaz, c'est-à-dire CO₂ et méthane) alors que la fraction de carbone utilisée pour la synthèse cellulaire est basse. Pour ce qui est du traitement, cela entraîne deux avantages : il se produit une faible quantité de boues en même temps que du biogaz est produit, ce qui peut être valorisé. Il est généralement mis à profit pour produire de l'énergie électrique, qui est consommée par l'installation elle-même (GREGORIO et PIERRE, 2008).

✓ Systèmes anoxiques

Les systèmes dont l'accepteur final d'électrons n'est ni l'oxygène, ni la matière organique. En conditions anoxiques, l'accepteur final d'électrons est généralement l'azote, les sulfates, l'hydrogène, etc. Lorsque l'accepteur final d'électrons est le nitrate, en conséquence du processus métabolique, l'azote de la molécule de nitrate est transformé en azote gazeux. Ainsi, ce métabolisme permet l'élimination biologique de l'azote de l'eau usée (dénitrification) (GREGORIO et PIERRE, 2008).

II-4-3- Clarification (Décanteur premier et secondaire)

Après le traitement primaire, l'eau traitée atteint les bassins de sédimentation qui sont des bassins circulaires ouverts et chaque bassin de sédimentation est équipé d'un pont racleur rotatif composé d'un passage carré avec un fond et un racleur de surface. Les racleurs ramènent les boues déposées en bas du châssis vers la poche centrale, et ce dernier est récupérée par gravité vers la station de pompage des boues. D'un autre côté, les racleurs de surface séparent l'eau pure en la poussant et en le versant doucement, Ces deux principes s'appellent la décantation primaire et la flottation. L'eau claire qui sort des étangs n'est plus nocive et peut être drainée sans souci (ONA, 2011) (figure 06 et 07)



Figure 06 : Décanteur premier (photo originale)



Figure 07 : Décanteur secondaires ((photo originale)

III-Réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de limiter les déficits en eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de palier aux pénuries d'eau engendrées par les changements climatiques (REUSE-DEGREMONT® ,2020) (figure 08).

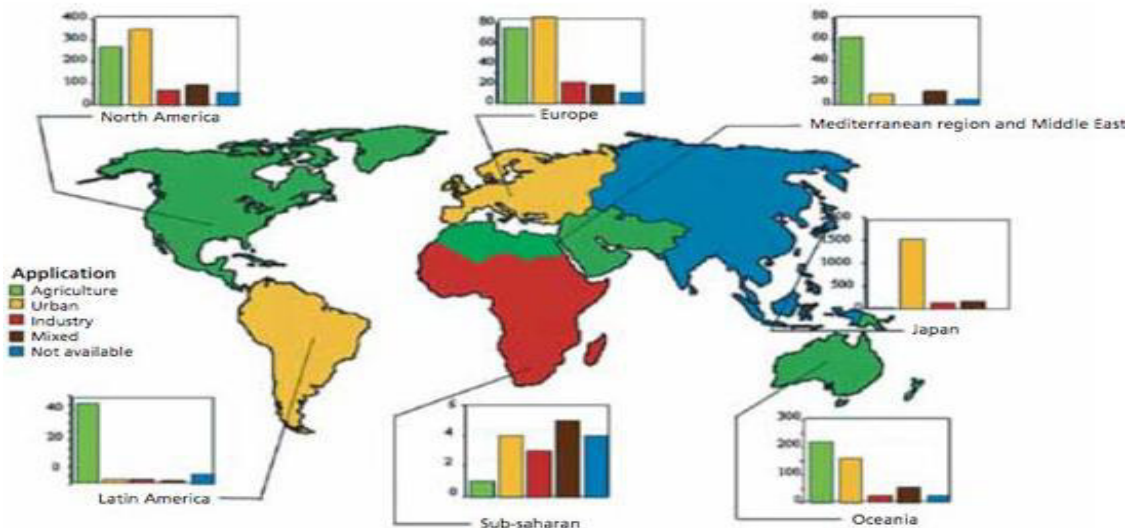


Figure 08 : Schéma de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde par champ d'application (BIXIO et al., 2005).

III-2- Quels sont les effets des eaux usées épurées ?

III-2-1- Les effets positifs

- La production de biogaz comme combustible de cuisine ou de conversion à l'électricité dans les centrales de plus grande envergure.
- L'utilisation de boues comme combustible de substitution dans les processus industriels, particulièrement dans la fabrication du ciment, où des matériaux non combustibles sont incorporés dans les mâchefers.
- Le phosphore ajouté aux sols irrigués par les eaux usées contribue à la bonne conduite des cultures tout au long de la période de croissance.
- Les effluents d'eaux usées pour l'irrigation périurbaine (et pour compenser les engrais commerciaux), le paysage urbain, la chasse d'eau des toilettes et le refroidissement industriel. (QADIR et SCOTT, 2011).

III-2-2- Les effets négatifs

- Un excès de sodium et de magnésium peut entraîner la détérioration de la structure du sol et des effets indésirables sur les propriétés hydrauliques.
- Détérioration de la qualité naturelle des eaux de surface recevant des eaux usées.
- Contamination possible des eaux souterraines dans des conditions de forte perméabilité du sol et de nappe phréatique peu profonde des eaux usées (comme lessivage du sel).
- Ils peuvent entraîner une variété de maladies transmissibles chez les agriculteurs, les vendeurs et les consommateurs telles que la diarrhée, la fièvre typhoïde, la dysenterie, le choléra, l'ascaridiose, l'hépatite, **(QADIR et SCOTT, 2011)**.

III-3- La réutilisation des eaux usées en Algérie

Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle (pluies, eaux des barrages et des forages), l'Algérie ne peut plus se permettre de tourner le dos à la possibilité de réutiliser les énormes quantités d'eaux usées rejetées dans la nature ou à la mer. C'est donc à l'enracinement d'une nouvelle culture de l'eau, qu'il faut s'atteler pour espérer l'émergence d'une mentalité et d'un comportement nouveaux **(MRE, 2003)**. Où est le traitement des eaux usées en Algérie connaît actuellement un grand essor avec la création de nouvelles stations d'épuration (STEP) et le renouvellement et la mise à niveau des anciennes stations d'épuration. Une centaine de STEP existantes ou en voie de réhabilitation permettront de produire un grand volume d'eau qui sera réutilisée au profit de l'irrigation ou de l'industrie. Cela explique aujourd'hui, l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées pour l'irrigation de 100000 hectares **(MRE, 2012)**.

III-3-5- Avantage des réutilisations des eaux usées épurées

Pour les agriculteurs, l'incitation principale est le bénéfice attendu de l'utilisation des eaux usées en irrigation, ainsi qu'elle est une source fiable même en années de sécheresses. **(METAHRI, 2012)**.

Les avantages peuvent brièvement récapitulés comme suit :

- ✚ Economie d'eau claire
- ✚ Economie de fertilisant
- ✚ Accroissement de rendement
- ✚ Protection de l'environnement

III-3-6- Les différentes réutilisations des eaux usées épurées

- ✓ **Utilisations agricoles** : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc. La réutilisation des eaux usées en irrigation, en plus de sa première mission, elle permet d'exploiter la matière fertilisante contenue dans les eaux épurées. On peut réaliser ainsi une grande économie d'engrais (ATTAB, 2011).
- ✓ **Utilisations Municipales** : arrosage des espaces verts, lavage des rues, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes (ATTAB, 2011).
- ✓ **Utilisations industrielles** : réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. (ATTAB, 2011).

III-4-7- Les Facteurs influençant la REUE en Algérie :

Tableau I : Grille d'évaluation des facteurs de réussite de la REUE en Algérie.

Les facteurs de réussite	Niveau de maîtrise
La volonté Politique.	
Cadre réglementaire.	
Cadre Institutionnel.	
Infrastructures d'assainissement.	
Niveau de développement des traitements de désinfection.	
Existence de laboratoires externes de contrôle.	
Acceptation sociale	
Formation, sensibilisation sur la REUE	

(ONA, 2014)

Facteur non maîtrisé

Facteur Bien maîtrisé

Facteur moyennement maîtrisé

II-Matériel et Méthodes

Dans Chaque station d'épuration des eaux usées, des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée sont effectuées pour déterminer les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et de déterminer le rendement d'élimination des polluants pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP de Chenoua (Tipaza) .

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de la station de CHENOUA alors que les analyses bactériologiques ont été réalisées dans le laboratoire d'hygiène de la wilaya de Tipaza. Le stage a durée presque deux mois (**F : février et M : mars**).

II-1- Matériel

Le matériel biologique utilisé dans ce travail est représenté par les prélèvements d'eau brute et épurée (Tableau II). 1 litre était la quantité d'eau prélevée et six le nombre de prélèvement pour les analyses physicochimiques quel que soit la nature d'eau (EB ou EE) et 500 ml était la quantité d'eau et deux était le nombre de prélèvements pour les analyses bactériologiques. Les dates de prélèvements sont mentionnées dans le tableau III, deux prélèvements sont réalisés dans chaque date pour chaque eau.

Le matériel non biologique est représenté par la verrerie, l'appareillage, les milieux de culture et les réactifs (**annexe I**).

Tableau II : Quantité et nombre de prélèvement.

Qualité d'étude	Etude physico-chimique		Etude bactériologique	
	EB	EE	EB	EE
Quantité de prélèvement	1 L	1 L	500 ml	500 ml
Nombre de prélèvement	6	6	2	2

Tableau III : Dates des prélèvements

Analyses	Dates de prélèvements des échantillons					
Analyses Physico-chimiques	02 Février 2020	11 Février 2020	17 Février 2020	26 Février 2020	02 Mars 2020	10 Mars 2020
Bactériologiques	26 Février 2020			02 Mars 2020		

II-2-Méthodes

II-2-1-Prélèvement des échantillons

Afin d'arriver à notre objectif, une série d'échantillons d'eau usées brutes et épurées ont été effectués grâce à un préleveur automatique qui prend un volume de 1 litre pour chaque échantillon (Figure 09). Pour les analyses bactériologiques, les prélèvements des eaux usées brutes et épurées se font manuellement. Ces échantillons ont été conservés dans une glacière à une température inférieure à 4°C avant d'être acheminés vers le laboratoire.

Pour établir la qualité de l'eau de la STEP, deux points de prélèvement ont été le siège de prélèvement :

- **Premier point** : à l'entrée de la station après le dégrilleur (eau brute).
- **Deuxième point** : à la sortie de clarificateur (eau épurée).



Figure 09 : Préleveur automatique de la STEP

II-2-2-Analyses physico-chimiques

Deux types d'analyses ont été effectués au sien de la station, des analyses journalières et des analyses hebdomadaires (tableau IV).

Tableau IV : les analyses physico-chimiques effectuées au niveau de la STEP

Analyses journalières	Analyses hebdomadaires
pH	DBO5, DCO, Nitrites, Nitrates, Azote total, Ortho-phosphates Azote ammoniacal
MES	
Conductivité électrique	
température	

II-2-2-1- Analyses journalières :

❖ Température (°C)

- **But** : Déterminer la température de l'eau brute et épurée.
- **Principe** : La température est déterminée à l'aide d'un thermomètre à mercure immergé dans l'eau pendant 10 minutes.

➤ **Mode opératoire :**

- Insérez l'électrode du thermomètre et rincez-la au préalable avec de l'eau distillée.
- Secouez-le doucement avec une bande magnétique.
- Allumez le thermomètre.
- La valeur de température est donnée après un court instant par l'appareil.
- Enfin, rincez l'électrode à l'eau distillée et placez-la dans la solution de stockage KCL

❖ **Le potentiel d'hydrogène (pH)**

➤ **But :** La détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

➤ **Principe :** Mesurer la différence de potentiel d'hydrogène existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongée dans une même solution à l'aide d'un pH mètre.

➤ **Mode opératoire :**

- Introduire l'électrode du pH mètre, préalablement rincée avec l'eau distillée dans un bécher contenant l'échantillon à analyser.
- Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- Mettre le pH-mètre en marche.
- La valeur du pH est donnée directement par l'appareille.
- A la fin rincer l'électrode avec de l'eau distillée et placer le dans la solution de conservation (KCL).

❖ **La conductivité électrique (CE) :**

➤ **But :** La détermination de la minéralisation de l'eau.

➤ **Principe :**

La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. L'appareil utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 qui permet la détermination directe de la conductivité électrique des solutions aqueuses.

➤ **Mode opératoire :**

- Préparer l'appareillage selon les instructions du fabricant et s'assurer qu'il est équipé d'une cellule de mesure en platine.

-
- Prendre un échantillon conservé dans des bonnes conditions (température ambiante et hygiène).
 - Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité.
 - Mettre l'électrode dans le bécher pure sur la touche READ, la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareille avec une unité de micro-siemens par centimètre ou bien milli-siemens par centimètre.
 - Si les résultats s'affichaient en $\mu\text{s}/\text{cm}$.
 - $1\text{ms}/\text{cm} = 1000 \mu\text{s}/\text{cm}$.
 - Rincer la sonde avec de l'eau distillée après chaque usage.

❖ **Les matières en suspension (MES) :**

➤ **But :** La détermination de la teneur des matières en suspension d'une eau brute ou épurée.

➤ **Principe :**

- La méthode par centrifugation permet une séparation nette des phases après une durée de fonctionnement d'environ 4000 tours pendant 20 minutes.
- Centrifugation de l'échantillon pour séparer les matières en suspension.
- Séchage à $105\text{ }^\circ\text{C}$, peser dans une balance analytique.

➤ **Mode opératoire :**

1-Les eaux brutes :

- Prendre 40 ml de l'échantillon et centrifuger à 4500 tr/min pendant 30 min.
- Récupérer le culot sera dans un creuset en porcelaine, puis sécher à $105\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 2 heures.
- Retirer le creuset de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser ensuite le creuset.

2-Les eaux épurées :

- Peser le 1litre puis placer le sur le support de filtration puis connecter l'appareil d'aspiration sous vide (pompe à vide).
- Verser 70 ml de l'échantillon progressivement sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé.

-
- Retirer avec précaution le filtre, le placer sur le support de séchage et le sécher dans l'étuve à 105°C pendant 1 à 2 heures.
 - Retirer le filtre de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
 - Peser le filtre.

➤ **Expression des résultats :**

$$P = (M_1 - M_0) \times 1000 / V \text{ en mg/l}$$

P : teneur de matières en suspension en milligrammes par litre.

M₀ : la masse en milligrammes du filtre avant filtration (cas des eaux usées épurées) ou bien du creuset en porcelaine vide (cas des eaux brutes).

M₁ : la masse en milligrammes du filtre après filtration et séchage (cas des eaux épurées) ou bien du creuset et e son contenue après séchage à 105 °C, en milligrammes par litre.

V : le volume en millilitre de la prise d'essai.

II-2-2-2- Les analyses hebdomadaires :

❖ La demande biologique en oxygène (DBO₅) :

- **But** : Le but de cette mesure est de déterminer l'oxydation biologique de l'eau brute, et l'estimation de la production des boues dans les bassins d'aération et la qualité de l'eau traitée.

➤ **Principe** :

- Un échantillon mesuré d'eau est placé dans chacun des six flacons bruns de DBO mètre (**annexe II**), connectés par leurs bouchons aux capteurs de pressions de l'appareil, l'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon.
- La DBO est mesuré au bout de 5 jours à 20 °C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène).
- La méthode consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon ; cette évaluation est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation.
- Cet oxygène est consommé par les bactéries, pendant la période de mesure, pour oxyder les matières organique.

-
- Les capteurs de pressions contrôlent la pression d'air dans les flacons d'échantillon. La variation de pression est convertie en mg/l de DBO lorsque la pression diminue dans les flacons.
 - Le gaz carbonique (CO₂) qui produit par les micro-organismes est absorbé par d'hydroxyde de lithium placé dans la cupule (une cupule par flacon).
 - Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en oxygène, et le deuxième à la mesure de la concentration résiduaire en oxygène au bout de 5 jours. Le DBO₅ est la différence entre les oxygènes concentration.
 - Les mesures seront effectuées à elle-même volume, et le deuxième échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20 °C.

➤ **Mode opératoire :**

- Verser le volume approprié de l'échantillon à l'aide d'une éprouvette (voir le tableau de sélection de volume) dans le flacon de l'appareille DBO mètre contenant un agitateur magnétique.
- Appliquer de la vaseline sur les bords de chaque flacon et sur la bordure est sur la bordure de cupule.
- Placer la cupule contenant environ 0,4g d'hydroxyde de lithium dans le goulot de chaque flacon.
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO.
- Ajouter de la soude pour absorber le CO₂ formé.
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation.
- Placer les flacons dans le DBO mètre.
- Raccorder le tuyau approprié à chaque flacon et server soigneusement le bouchon, chaque tuyau est étiqueté avec le n° de voie qui correspond à celui du panneau de commande.
- Placer l'appareil DBO mètre dans l'incubateur réglé à 20 °C pendant 05 jours.
- Mettre en marche l'appareil.
- Pour démarrer l'essai presser le n° de voie de flacon (1 à 6).
- Presser la touche ON pour sélectionner le gramme de mesure.
- Les touches « et » servant à diminuer ou augmenter le gramme.
- Presser et maintenir l'essai.
- Lire les résultats de la DBO directement à l'affichage de l'appareil DBO mètre en présent le n° de voie correspondant à chaque échantillon (voir annexe III, tableau VIII).

- On calcule la concentration en DBO la formule suivant : $[\text{DBO}_5] \text{ mg/l} = V \times F$

V : la valeur indiquée après 5 jours sur l'afficheur du flacon DBO.

F : le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisie.

Tableau V : Les volumes utilisés pour la mesure de la DBO_5 en fonction des concentrations de l'eau à analyser.

Gamme de DBO_5 (mg/l)	Volume d'échantillon nécessaire (ml)
0 – 35	420
0 – 70	355
0 – 350	160
0 -700	95

Remarque : au- de la 700 mg/l, procédure par dilution.

❖ **La demande chimique en oxygène (DCO) :**

➤ **But :** Le but de cette mesure est de renseigner du bon fonctionnement des bassins biologique et nous permet aussi d'estimer la DCO.

➤ **Principe :**

- La DCO, représente la quantité d'oxygène consommée par toutes les matières réductrices.

- L'oxygène est formé par un oxydant très puissant (dichromate de potassium) en condition acide et à ébullition pendant 2 heures.

- Les tests en cuve LCK Hach reposent pour le même principe de réaction que les mesures avec solution étalon. Seules les quantités d'échantillons et de réactifs ainsi que les méthodes d'évaluations (photométriques et non pas volumiques) changent.

- L'oxydation s'effectue à chaud.

- Cette méthode et effectuer sur deux gammes :

a- La haute gamme (LCK 114) : pour des concentrations allant de 105 à 1000 mg O_2 /l.

b- La base gamme (LCK 314) : pour des concentrations allant de 15 à 150 mg O_2 /l.

➤ **Mode opératoire :**

-
- Prendre une cuve de la gamme indiquée LCK 314 et bien l'agiter : l'agitation de la cuve est obligatoire afin de mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve DCO.
 - Pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution dans la cuve.
 - Fermer la cuve bien et nettoyer l'extérieur de celle-ci et bien agiter la cuve à code barre.
 - Chauffer le tube pendant 2 heures à 148 °C, le chauffage de la cuve à 148 °C pendant 2 heures dans le thermostat LT20 est une étape, afin de permettre aux substances oxydables de réagir avec le bicarbonate de potassium sulfurique en présence de catalyseur le sulfate d'argent.
 - Après les 2 heures, secouez énergiquement, laisser refroidir la cuve à température ambiante pendant un petit moment.
 - Bien nettoyer l'extérieur de la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié du spectrophotomètre (DR28000/DR38000).
 - La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mg O₂/l (la concentration en masse d'exogène consommé par la matière organique présente dans échantillon).
 - Mesurer par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 448 nm pour les eaux traitées et à 605 nm pour les eaux brutes.

❖ **Le dosage des nitrates (NO₃⁻) :**

- **But :** Le dosage des nitrates par la méthode KIT Hach LCK 339, pour des concentrations des nitrates allant de 1 – 60 mg/l ou de 0,23 – 13,5 mg/l N-NO₃⁻.
- **Principe :**
 - Les ions ammonium en présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur de pH d'environ 12,6. Ils réagissent avec les ions hypochloreux et salicylique et donnent une coloration bleue indophénol.
 - Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrates réagissent avec le 2.6-di méthyle phénol pour donner du 4-nitra-2.6-di méthyle phénol.
- **Mode opératoire :**
 - Enlever délicatement la feuille de protection du dos cape ZIP.

-
- Dévisser le dos cape ZIP.
 - Pipeter 1ml de l'échantillon dans la cuve à code barre.
 - Ajouter 0,2 ml de la solution A du LCK 339.
 - Fermer bien la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite.
 - Laisser reposer la cuve pendant 15 minutes et la mélange à nouveau.
 - Insérer la cuve dans le spectrophotomètre après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code à barre.
 - Le spectrophotomètre affichera les résultats en mg/l de N-NO_3^- à une longueur d'onde de 345 nm.

❖ **Le dosage des nitrites (NO_2^-) :**

➤ **Principe :**

- Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques donne des sels diazonium. Ces ci est formé avec les composés aromatiques, contenant un groupe amine ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.
- Les nitrites réagissent dans une prise d'essai à pH 1,9.

➤ **Mode opératoire :**

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
- Dévissez le dos cape ZIP.
- Pipeter 2 ml de l'échantillon.
- Vissez immédiatement le dos cape ZIP en dirigeant le cannetage vers le haut.
- Secouer énergiquement ; attendre 10 min et mélanger de nouveau.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve.
- Mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
- Les résultats sont exprimés en mg/l.
- Effecteur les mesures sepctrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

❖ **Le dosage de l'azote-ammoniacal (NH_4^+) :**

-
- **But** : le dosage de l'ammoniac par la méthode KIT Hach LCK 302, LCK 305 pour des concentrations d'ammoniac allant de 1 – 12 mg/l ; 47 – 130 mg/l N – NH₄⁺ .

➤ **Principe** :

Les ions ammoniums en présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur de pH d'environ 12,6. Ils réagissent avec les ions hypochloreux et salicylique et donnent une coloration bleue indophénol.

➤ **Mode opératoire** :

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
- Dévisser le dos cape ZIP.
- Pipeter 0,2 ml de l'échantillon dans la cuve à code barre pour LCK 302 et 0,5 ml de l'échantillon pour LCK 305.
- Vissez immédiatement le dos cape ZIP en dirigeant le canetage vers le haut et secouer énergiquement.
- Attendre 15 min et secouer à nouveau.
- Insérer la cuve dans le spectrophotomètre après avoir nettoyé son extérieur, en appuyant sur le menu code à barre.
- Le spectrophotomètre affichera le résultat en mg/l de N – NH₄⁺ à une longueur d'ordre 690 nm.

❖ **Le dosage de l'azote total** :

- **But** : le dosage de l'azote total par la méthode KIT Hach LCK 238, pour des concentrations de l'azote totale en deux gammes : (20-100 mg/l) et (4-5 mg/l).

➤ **Principe** :

- L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxy di sulfate et se transforme en nitrates.
- Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique avec du di méthyle phénol-2.6 en formant du nitro phénol.

➤ **Mode opératoire** :

A- Pour les eaux brutes :

-
- Prendre 0,2 ml d'échantillon, 2,3 ml de solution A, 1 tablette B.
 - Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
 - Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100 °C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro cap C.
 - Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous par le micro cap C sans qu'il n'y ait aucune particule restante.
 - Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé et 0,2 ml de la solution D.
 - Fermer et immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
 - Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
 - Effectuer les mesures spectrophotométriques à une longueur d'onde de 345 nm.

B- Pour les eaux épurées :

- Prendre 0,5 ml d'échantillon, 2 ml de la solution A, 1 tablette B. Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
- Chauffer directement : pendant 60 min à 100 °C dans thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro cap C.
- Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 345nm.
- Expression des résultats : la concentration en azote total est exprimée en milligramme par litre (mg/l).

❖ Le dosage d'ortho-phosphates :

- **But :** Le dosage d'ortho-phosphates par la méthode KIT Hach LCK 350 pour des concentrations d'ortho-phosphates allant de (1,5-15 mg/l), (2-20 mg/l).
- **Principe :**

Les ions phosphates réagissent en solution acide les molybdates et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

- **Mode opératoire :**

-
- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
 - Dévisser le dos cape ZIP.
 - Pipeter 0,5 ml d'échantillon et visse la cuve, orientant le cannetage vers le haut.
 - Secouez énergiquement et faire chauffer dans le thermostat à 100 °C pendant 1 heure.
 - Pipeter dans la cuve un foie 0,2 ml de réactif B.
 - Visser un dos cape C gris sur la cuve, puis mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite.
 - Reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau.
 - Insérer la cuve dans le spectrophotomètre après avoir nettoyé son extérieure, en appuyant sur le menu code à barre.
 - Le spectrophotomètre affichera le résultat en milligramme par litre (mg/l) de PO_4^{3-}
 - Effectuer les mesures sepctrophotométriques à la longueur d'onde de 890 nm.

❖ **Le dosage de phosphore total (Pt) :**

➤ **But :** Le dosage de phosphore total par la méthode KIT Hach LCK 348, LCK 350 pour les concentrations allant de (0,5-5 mg/l), (2-20 mg/l).

➤ **Mode opératoire :**

C'est le même mode opératoire que les ortho-phosphates.

II-2-3-Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**RODIER, 2005**).

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- Coliformes totaux et fécaux
- Streptocoques fécaux
- Salmonelle

-
- Vibrion

✓ **Technique de filtration sur membrane**

- Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration par flamage et mise en place de la pompe à vide par passage à la flamme.
- Montage porte-filtres en acier inox.
- Visser le corps à filtration.
- Placer la grille.
- Mettre la membrane filtrante en utilisant une pince stérilisée précédemment.
- Placer l'entonnoir à filtration.
- Fixer la pince en aluminium.
- Connecter la rampe à la fiole à vide.
- Connecter la sortie de la fiole à la pompe à vide.
- Remplir les entonnoirs à filtration (100 ml ajusté en éprouvette graduée stérile) mais robinet en position fermée.
- Ouvrir les vannes
- Mettre en marche la pompe à vide
- Rincer à l'eau stérile
- Démonter le système
- Retirer le filtre à l'aide d'une pince désinfectée à l'éthanol et le poser sur le milieu adéquat dans une boîte de Pétri de 5 cm de diamètre, face contaminée en haut, sans laisser de bulles d'air entre le filtre et le milieu de culture pour que tout le filtre soit au contact du milieu de culture, ce qui permet le développement des bactéries en surface
- Incuber à la température choisie pour chaque germe (37 °C, 44°C).

❖ **Recherche et dénombrement des bactéries Coliformes par filtration sur membrane :**

➤ **Principe :**

- Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45 µm

-
- Poser cette membrane sur un milieu sélectif : la gélose lactose au **TERGITOL** et au **T.T.C**

➤ **Ensemencement** :

- Mise en culture en zone stérile.
- Ouvrir le système de filtration et retirer la membrane avec une pince stérile.
- Dépose la membrane sur la gélose, face contaminée en haut. Les éléments nutritifs de la gélose traversent la membrane, ce qui permet le développement des bactéries en surface.

➤ **Incubation** :

- Mettre la membrane filtrante sur la surface d'une plaque de gélose **TTC TERGITOL** préalablement préparée.
- Incuber Les boites couvercle vers le haut pour que la condensation s'accumule dans le couvercle.
- Pour la recherche de coliformes totaux, placer les boites à 37°C pendant 24 et 48 heures.
- Pour la recherche de coliformes fécaux, placer les boites à 44 °C pendant 24 et 48 heures.

➤ **Dénombrement et Confirmation**

Après incubation, les colonies typiques sont dénombrées qui se présentent sous forme de petites colonies lisses, légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile.

➤ **Expression des résultats** :

Le nombre de colonies dénombrées sera rapporté à 100 ml d'eau à analyser.

❖ **Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux :**

- **Milieus utilisés** : Nous mettons la membrane filtrante sur le milieu de **Slanetz** et **Burtley**, milieu **BEA** (Bile Esculine Azoture).

➤ **Mode Opérateur** :

- Mise en culture en zone stérile.
- Ouvrir le système de filtration et retirer la membrane avec une pince stérile.
- Faire incuber les boites à 37°C pendant 24 et 48 heures.

-
- Après incubation, nous mettons comme typiques toutes les colonies bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre soit sur l'ensemble de la colonie, lisse, légèrement bombées
 - S'il y a des colonies typiques, transférer la membrane et les colonies, au moyen de pinces stériles, sans retournement, sur une boîte de gélose bile-esculine-azoture qui a été préchauffée à 44°C.
 - Faire incuber à 44°C ± 0,5°C pendant 2 heures.
 - Nous mettons toutes les colonies typiques montrant une couleur brune à noire dans le milieu environnant comme donnant une réaction positive, et les compter comme streptocoque.
 - Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile.

➤ **Résultat :**

Les résultats sont exprimés en nombre de colonies trouvées dans 100 ml d'eau à analyser suivant la formule suivante :

Nombre de colonies = $C \cdot 100 / d \cdot 10$

C : Nombre de colonies comptées sur les boîtes

D : Dilution utilisée

❖ **Salmonelles**

La recherche de Salmonelles se fait :

1^{er} jour:

Un premier enrichissement, introduire 100 ml de l'eau à analyser dans 100 ml de milieu de sélénite cystéine (SFB) puis incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

2^{ème} jour :

Un deuxième enrichissement, Ce flacon fera l'objet :

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur le milieu Sélénite en tube à raison de 0,1 ml (SFB2).

- D'autre part, d'un isolement sur gélose **Hecktoen**.

* L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

3^{ème} jour:

Lecture des boîtes et identification d'une part, le tube de sélénite fera l'objet d'un isolement ; D'autre part, la boîte de gélose **Hektoen** subies une lecture en prendre compte du

fait que les *Salmonella* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noire. Les colonies suspectées subiront une confirmation sur gélose **TSI**.

❖ **Vibrion cholérique :**

➤ **Milieux utilisés :** EPA (Eau Peptone Alcaline), GNAB (Gélose Nutritive Alcaline Biliée), GN (Gélose Nutritive inclinée).

➤ **Mode opératoire :**

La recherche des Vibrion cholérique se fait en trois jours :

Jour 1 :

- Effectuer un premier enrichissement sur le milieu EPA (Eau Peptone Alcaline) 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 250 ml d'eau à analyser.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Jour 2 :

- A partir du premier enrichissement : effectuer un deuxième enrichissement qui consiste à ensemencer 1 ml d'EPA dans un tube de 10 ml d'EPA simple d'une part, et d'isolement sur GNAB 1 (Gélose Nutritive Alcaline Biliée) d'autre part.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Jour 3 :

- A partir du deuxième enrichissement : effectuer un deuxième isolement sur GNAB 2
- Incuber 37°C pendant 24 heures.

Lecture des résultats sur les boîtes de gélose GNAB 1 : l'identification se limite à la présence ou l'absence des colonies spécifiques. En tenant compte que les vibrions se présentant le plus souvent sous forme de colonies lisses et transparentes.

III-RESULTATS ET DISCUSSION

III-1-Paramètres physico-chimiques

Le suivi de la qualité physico-chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution. Il s'agit de faire le bilan journalier et mensuel de la pollution, par la mesure de la température, le pH, les matières en suspension (MES), la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), l'azote total, l'azote ammoniacal (NH_4^+), le nitrate (NO_3^-), l'ortho-Phosphate (PO_4^{3-}), et le phosphore total de l'eau brute et l'eau épurée durant la période de fonctionnement allant du mois de février et mois de mars 2020.

III-1-1-Paramètres physiques

Les résultats des paramètres physiques sont regroupés dans l'Annexe III (Tableaux VII, VIII IX, X).

III-1-1-1-Température :

D'après les résultats présentés sur la figure 10, on peut remarquer la légère différence entre les températures d'eau entrante et sortante de la station d'épuration. Les valeurs de température de l'eau brute sont comprises entre 15,7 °C et 17,4°C avec une moyenne de 16,6 °C, tandis que les valeurs de température de l'eau épurée sont comprises entre 8,8 °C et 15,9 °C avec une moyenne de 12,62 °C.

On remarque que les résultats sont inférieurs aux normes (30 °C) de rejet de l'**OMS (2006)** on peut dire qu'on a de bons résultats et que les normes sont respectées, ce qui favorise le développement des populations bactériennes de type mésophiles, et favorise la dégradation de la matière organique en conséquence. Selon **MEINCK et al., (1977)**, la température de l'eau est très importante, car elle intervient dans plusieurs paramètres, principalement dans le cas d'oxygène dissous qui est indispensable pour les êtres vivants aérobiques, responsables de l'épuration de l'eau. Plus la température est élevée, plus la quantité d'oxygène diminue.

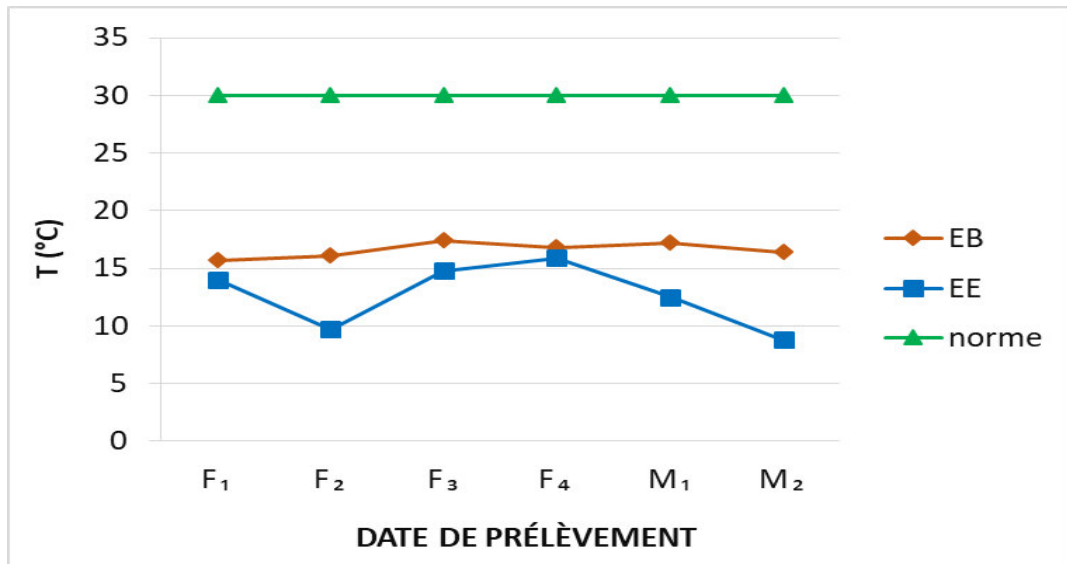


Figure 10 : Variations des valeurs de la température de l'eau usée brute (EB) et l'eau épurée (EE).

III-1-1-2- Potentiel d'hydrogène (pH)

Les variations du pH de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP sont représentées dans la figure 11. Elle nous montre que les valeurs du pH se situent entre 7,5 et 7,95. On remarque que les valeurs de pH de l'eau brute et l'eau épurée se rapproche. Ces moyennes se situent dans les normes de rejet comprises entre 6,5 et 8,5 (OMS, 2006). Ceci implique que le pH des échantillons analysés est propice pour l'activité des microorganismes selon **BOUBKI, (2016)**.

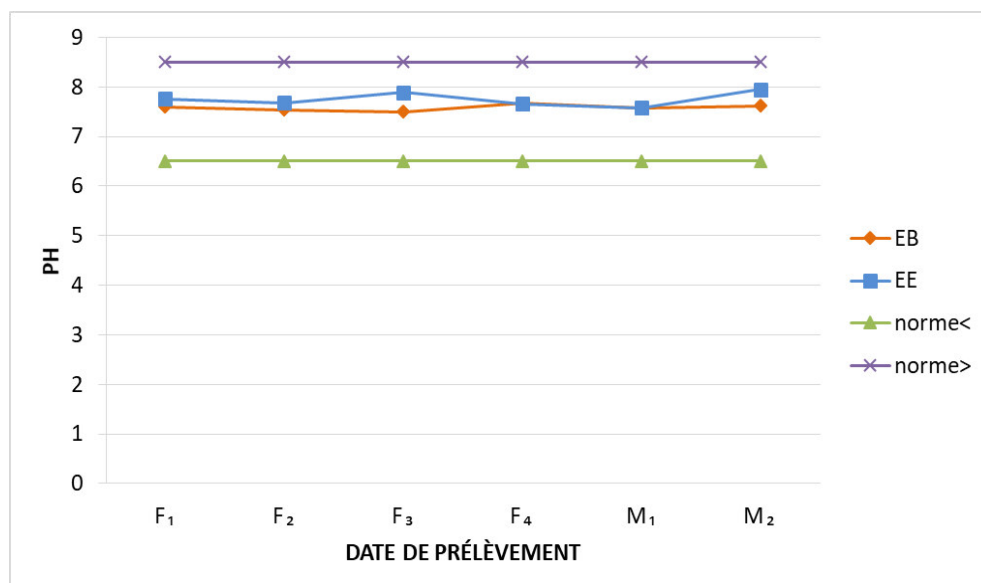


Figure 11 : Variations des valeurs du pH de l'eau usée à brute et épurée de la STEP.

III-1-1-3-Conductivité électrique

Selon les résultats obtenus dans la figure 12, on a observé que les valeurs de la conductivité obtenues d'après les analyses, varient entre 1240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1472 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 1361,333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'entrée. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux qui arrivent à la STEP. A la sortie les valeurs se situent entre 1203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1276 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 1279 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces résultats sont inférieurs à la norme de rejets de l'OMS (2006) qui est à 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

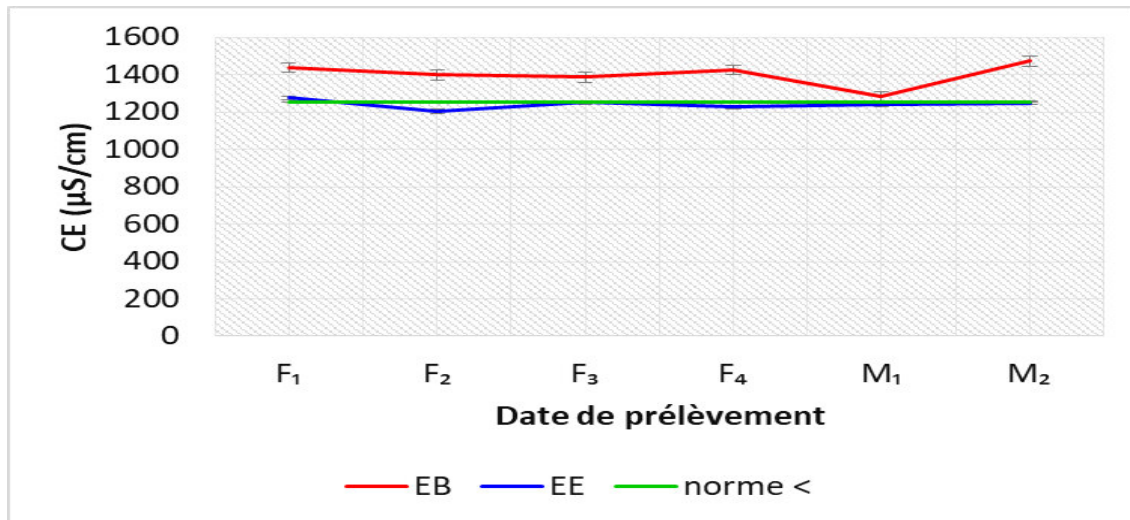


Figure 12 : Variations de la conductivité dans l'eau brute et l'eau épurée.

III-1-2-Paramètres Chimiques :

III-1-2-1-Matières en suspension

La figure 13, montre la variation de la concentration de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP en fonction de la période de prélèvement, avec une moyenne de 224 mg/l pour l'eau brute. La teneur en MES de l'eau épurée est très faible avec une moyenne de 9,25mg/l, ceci est dû à la décantation des matières précipitées. Cette valeur reste largement inférieure à la norme de rejet 30 mg/l fixée par l'OMS (2006).

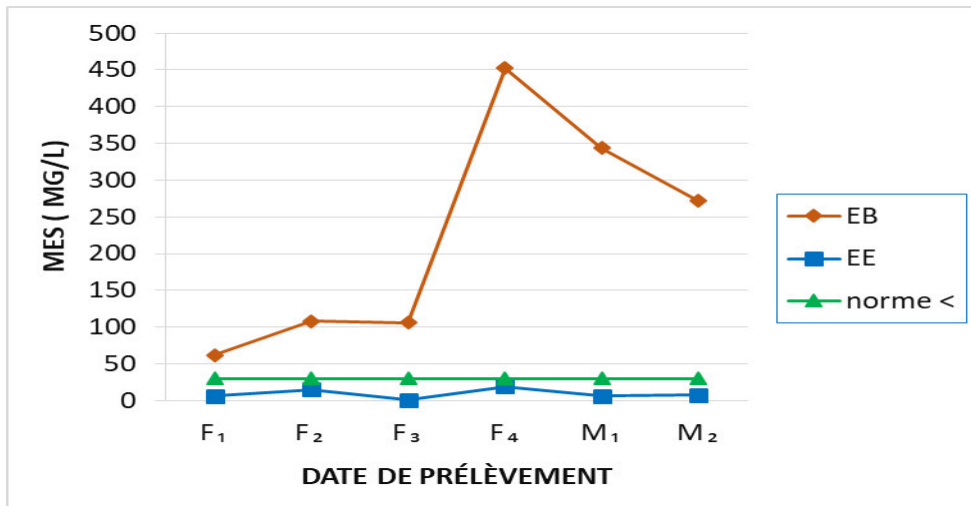


Figure 13 : Variations des teneurs en matières en suspension de l'eau usée brute et épurée.

III-1-2-2-DCO

Les valeurs de la DCO à l'entrée varient entre 303 mg d'O₂/l et 668 mg d'O₂/l avec une moyenne de 433,5 mg d'O₂/l, alors que celles de la sortie varient entre 20,9 mg d'O₂/l et 41,9 mg d'O₂/l avec une moyenne de 27,083 mg d'O₂/l. Il faut noter que les valeurs DCO pour l'eau épurée sont bien inférieures par rapport aux valeurs de l'eau brute, ce qui signifie que le traitement effectué sur l'eau brute est très acceptable par rapport à la norme de rejet qui est de 90 mg d'O₂/l (OMS, 2006).

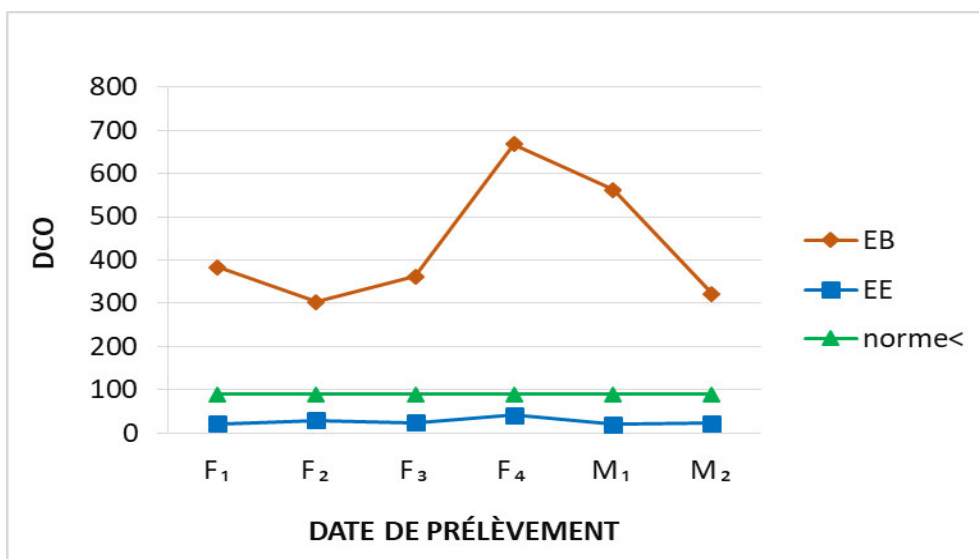


Figure 14 : Variations de DCO de l'eau brute et épurée.

III-1-2-3-DBO₅

Les concentrations de la DBO à l'entrée de la station varient entre 149 mg d'O₂/l et 359 mg d'O₂/l avec une moyenne de 289,333 mg d'O₂/l. Les concentrations de la DBO à la sortie de la station varient entre 5mg d'O₂/l et 12 mg d'O₂/l avec une moyenne de 8,35 mg d'O₂/l. Les valeurs DBO de l'eau entrée à la station sont bien supérieures aux valeurs DBO de l'eau traitée. La concentration de la DBO dans l'eau épurée est inférieure à la norme admise pour le rejet qui est de 30 mg/l.

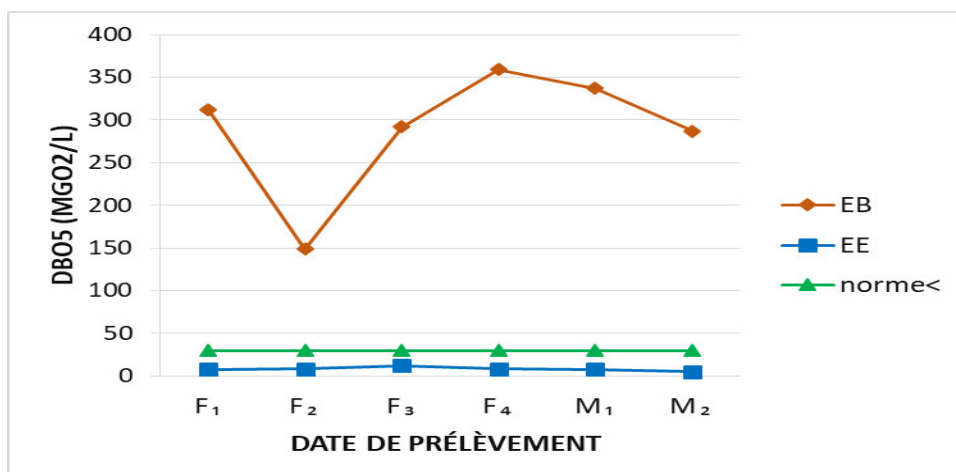


Figure 15 : Variations de la DBO₅ de l'eau brute et épurée.

✓ La biodégradabilité (K)

C'est la propriété des composés chimiques susceptible de subir une biodégradabilité sous l'action des micro-organismes décomposeurs présents dans le biotope où ils sont rejetés. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K tel que $K = DCO/DBO_5$ (RAMADE, 1989).

Si $K < 1,5$: L'effluent est biodégradable.

Si $1,5 < K < 2,5$: L'effluent est moyennement biodegradable.

Si $K > 2,5$: L'effluent n'est pas dégradé.

On remarque que trois pics pour les prélèvements (F₂, F₄, M₂) avec des valeurs respectives de (3.51, 4.87, 4.54) dépassent les normes (2.5). Dans ce cas, les eaux qui arrivent à la STEP peut être mélangées avec des eaux d'origine industrielle qui sont raccordées au même réseau d'assainissement (réseau unitaire). Avec une moyenne de 2,4. Pour les valeurs qui restent durant toute cette étude, elles sont inférieures à 2,5 ce qui signifie que l'effluent possède une bonne biodégradabilité.

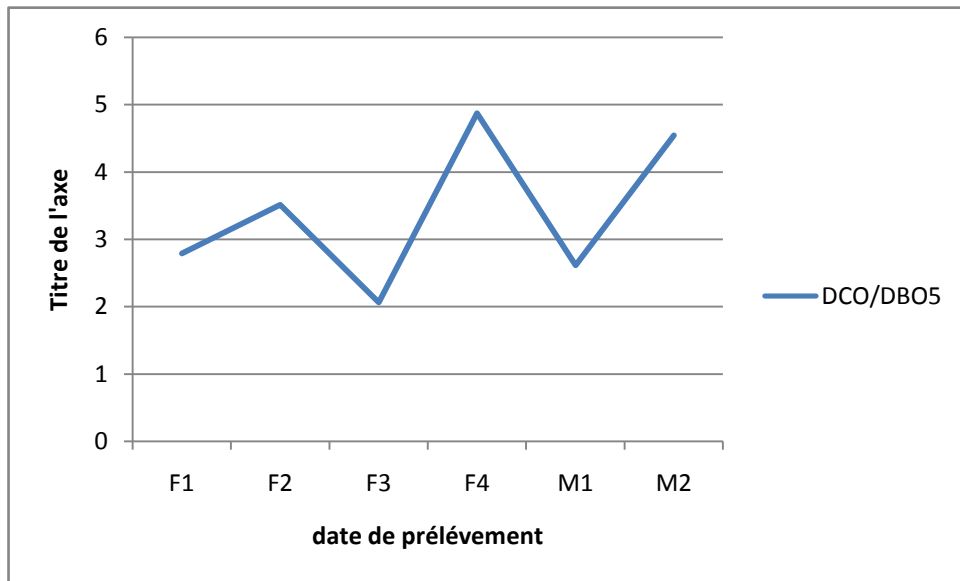


Figure 16 : Représentation du rapport DCO/DBO

III-1-2-4-Nitrites (NO_2^-)

D'après les résultats qu'on a obtenus sur la figure 17, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brutes est très faible variant de 0,14 à 0,408 mg/l avec une moyenne de 0,212 mg/l. Tandis que, pour les eaux traitée oscille entre 0,05 et 0,162 mg/l, avec une moyenne de 0,084 mg/l, donc les résultats sont inférieurs aux normes de rejet de l'OMS (2006).

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque où la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates (RODIER, 1996).

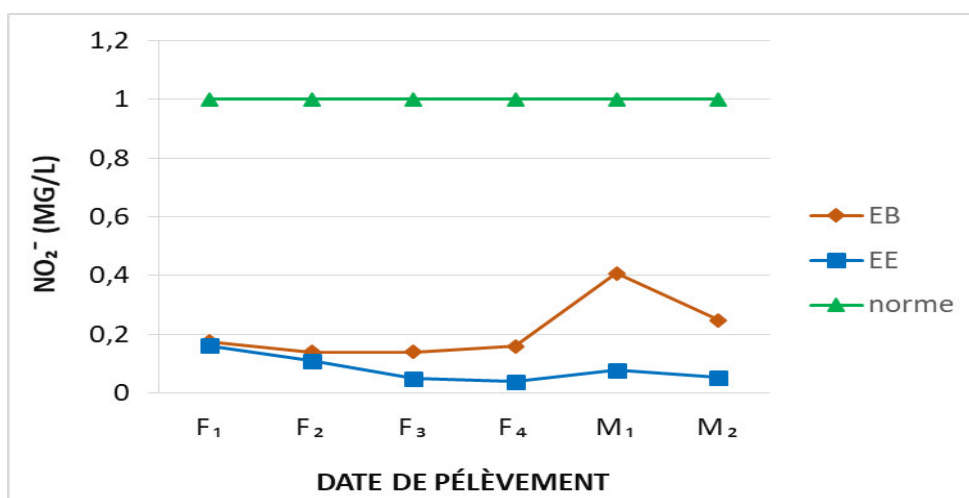


Figure 17 : Variations des Nitrites à l'entrée et la sortie de la STEP.

III-1-2-5-Nitrates (NO_3^-)

Selon les résultats obtenus sur la figure 18, on observe que les valeurs des nitrates obtenues d'après les analyses, varient entre 0,629 à 4,02 mg/l avec une moyenne de 1,9906 mg/l à l'entrée et de 0,81 à 2,12 mg/l avec une moyenne de 1,3646 mg/l à la sortie, les résultats sont supérieurs à la norme de rejets de l'OMS (2006):<1 mg/l.

On constate que les valeurs de l'eau brute ont diminué progressivement en février et leur augmentation depuis début mars, en raison du changement de température qui affecte l'action des bactéries nitrifiantes qui transforment le nitrite en nitrate.

Les résultats montrent qu'il y a quelques valeurs de nitrates après traitement biologique sont supérieurs à celle des eaux brutes, ce qui est tout à fait normal à cause de la nitrification de l'azote ammoniacal. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau.

Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques : mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribué à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (METAHRI, 2012).

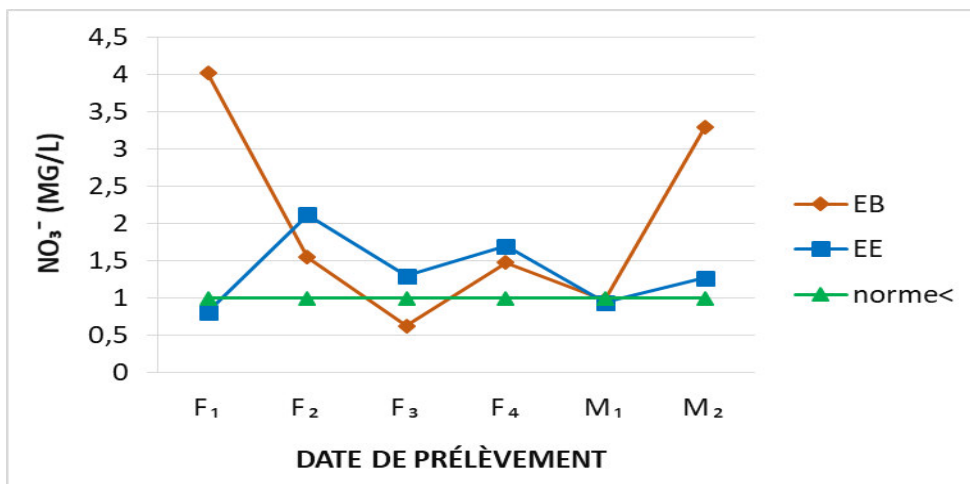


Figure 18 : Variations des teneurs en nitrates à l'entrée et la sortie de la STEP.

III-1-2-6-L'azote ammoniacal (NH_4^+)

La figure ci-dessous représente la variation de l'azote ammoniacal de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP, la concentration de l'azote ammoniacal dans l'eau brute varie entre 23,1 et 29,2 mg/l avec une moyenne de 26,23 mg/l, alors qu'à la sortie les valeurs oscillent entre 0,105 et 1,07 mg/l avec une moyenne de 0,5243 mg/l. Les résultats de l'eau brute sont supérieurs à la norme de rejets de l'OMS (2006). On constate que les résultats de l'eau épurée sont quasi constants et sont très proches de la norme de rejets.

Dans l'eau usée l'azote se présente en plusieurs formes mais essentiellement sous la forme d'azote organique qui sera transformé en Azote ammoniacal et peut donc, en qualité d'éléments nutritifs, intervenir dans le développement de certaines bactéries (PERMO, 1994). Les teneurs en ammonium représentent ainsi un indice de pollution récente (DUSSART, 1992).

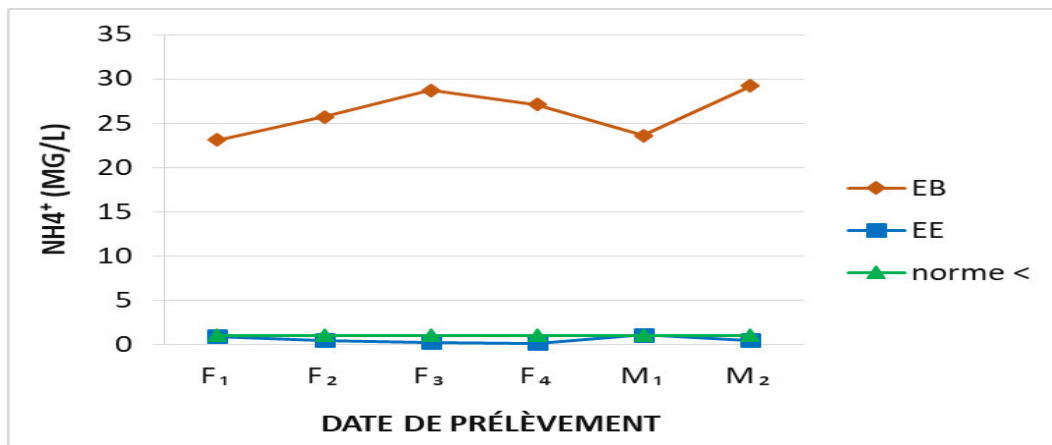


Figure 19 : Variations de l'ammonium de l'eau brute et épurée.

III-1-2-7-Azote total (NT)

Selon les résultats obtenus sur la figure 20, on remarque que la concentration de l'azote total dans l'eau brute varie entre 39 à 76,2 mg/l avec une moyenne de 52,28 mg/l, alors qu'à la sortie la valeur oscille entre 4,67 à 7,15 mg/l avec une moyenne de 5,84 mg/l. Les résultats de l'eau épurée ne dépassent pas 50 mg/l ce qui est conforme à la norme. Les valeurs de l'eau brute changent d'un échantillon à l'autre en fonction des conditions météorologiques.

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacal dissoute, il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniac gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammonium (NH_4^+) (MARTIN, 1979).

L'azote des eaux usées se présente sur tout sous forme ammoniacale (NH_4^+). Pour enlever la pollution azotée, il faut un traitement biologique plus long où les boues activées

sont alternativement aérées puis privées d'oxygène. Dans un premier temps, les bactéries nitrifiantes vont oxyder l'ammoniaque en nitrates (NO_3^-) puis des bactéries dénitrifiantes prennent le relais pour réduire (en absence d'aération) les nitrates en azote atmosphérique non polluant (N_2).

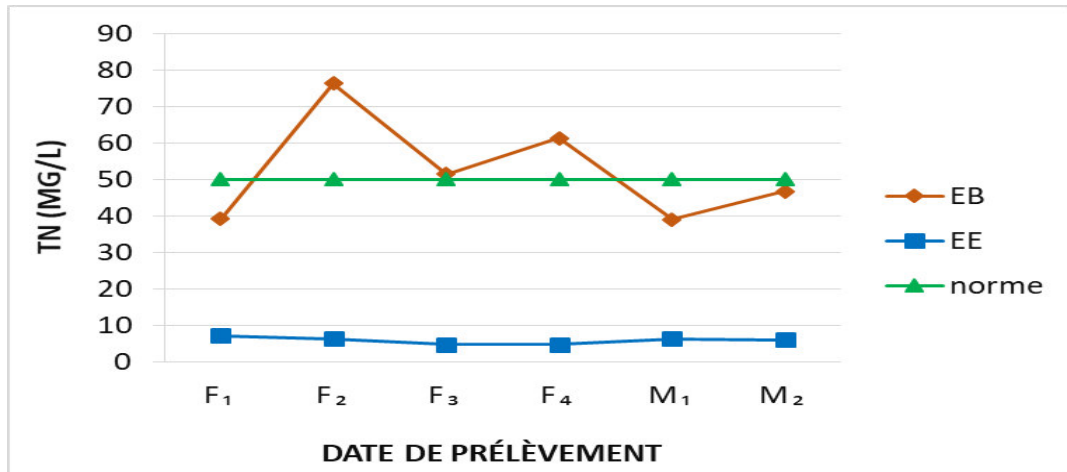


Figure 20 : Variations de l'azote total de l'eau brute et l'eau épurée.

III-1-2-8-Ortho-phosphates

Selon les résultats obtenus sur la figure 21, on remarque que la concentration de l'ortho phosphate de l'eau brute varient entre 2,78 à 5,75 mg/l avec une moyenne de 3,45 mg/l. A la sortie, on note également une forte augmentation fin février (F₄) cela est due à l'activité des microorganismes qui participent à la transformation du phosphore organique en polyphosphates et ortho phosphates. La valeur oscille entre 2,27 à 2,89 mg/l avec une moyenne de 2,595 mg/l et cette concentration varie d'un échantillon à l'autre. A la sortie de la station, les valeurs PO_4^{3-} ont diminué par rapport à l'entrée pendant presque toutes les périodes, ce qui explique le débit d'eau dans les différentes purifications. A noter que pour les deux courbes, les valeurs de PO_4^{3-} restent toujours au-dessus du repère définies par l'OMS (2006).

L'origine du phosphore dans les eaux usées domestiques est déduire de la connaissance des sources de phosphore naturel et de son utilisation (VILI et EBRUN, 1989). Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphate soluble.

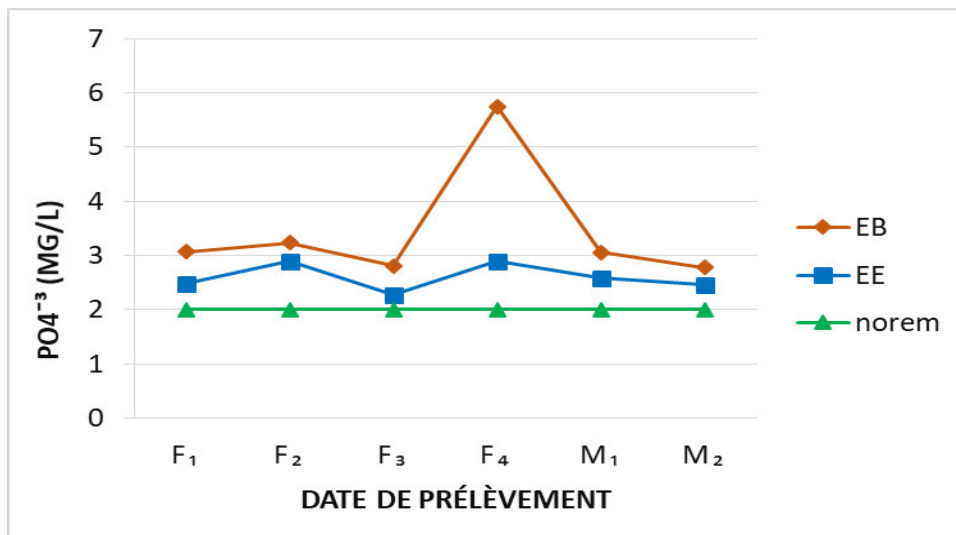


Figure 21 : Variations de l'ortho phosphate de l'eau brute et l'eau épurée.

III-1-2-9-Phosphate total

Selon les résultats obtenus sur la figure 22, on remarque que la concentration de la phosphate total dans l'eau brute varient entre 4,33 et 9,90 mg/l avec une moyenne de 6,37mg/l, alors qu'à la sortie les valeurs oscillent entre 2,40 et 2,95 mg/l avec une moyenne de 2,73 mg/l. Les résultats sont supérieurs à la norme de rejets de l'OMS (2006).

On constate une forte augmentation de la valeur des phosphates à la fin du mois de février (F₄), et cela est dû à l'utilisation fréquente du métabolisme humain et des détergents (source de phosphates dans les eaux usées) pendant cette période afin de nettoyer les maisons et les rues pour recevoir le printemps.

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisé et le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique (RODIER, 2005).

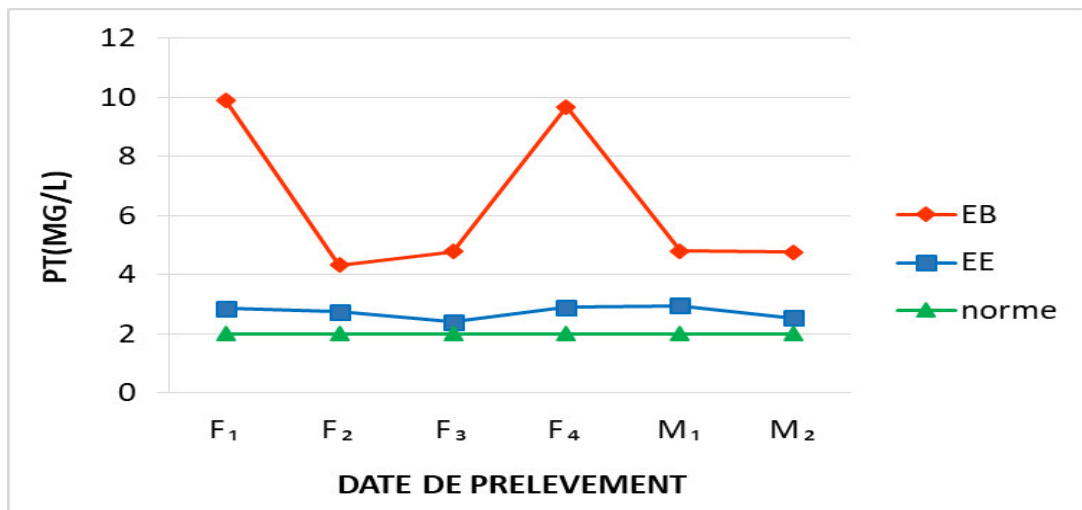


Figure 22 : Variation de phosphate total de l'eau brute et l'eau épurée.

III-2-Paramètres bactériologiques

- Dénombrement :

Les résultats du dénombrement des bactéries obtenus durant notre période d'étude montrent que les concentrations en coliformes totaux, coliformes fécaux et en streptocoques fécaux isolés à partir des échantillons d'eaux sont très importantes et varient respectivement entre l'entrée de la station, sortie du clarificateur et la sortie de la station (Tableau XII, Annexe III).

III-2-1-Eau brute

La figure 23 représente les résultats bactériologiques qui ont été étudiées durant les mois de février et mars pour l'eau brute. Concernant les coliformes totaux, nous avons enregistré en février la valeur de $250 \cdot 10^4$ UFC /100 ml, et en mars, nous avons obtenu la valeur de $600 \cdot 10^4$ UFC /100 ml, avec une moyenne de $425 \cdot 10^3$ UFC /100 ml.

Concernant les coliformes fécaux, La valeur de $20 \cdot 10^4$ UFC /100 ml a été enregistrée en février et en mars de $30 \cdot 10^4$ UFC /100 ml, à un taux moyen de $250 \cdot 10^3$ UFC /100 ml. Le germe *Escherichia coli* est le type de coliformes fécaux d'habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante (RODIER, 2005). Cette bactérie se multiplie fréquemment dans le tractus digestif de l'homme et des animaux à sang chaud (GANTZER et al., 1998).

Concernant les streptocoques fécaux, la valeur de $19 \cdot 10^4$ UFC /100 ml a été enregistrée en février et en mars de $28 \cdot 10^4$ UFC /100 ml, avec un taux moyen de $235 \cdot 10^3$ UFC /100 ml.

Le nombre de bactéries enregistrées au mois de mars est supérieur à celui enregistré au mois de février, et cette différence est due à l'augmentation de la température et des matières en suspension, ce qui favorise la croissance des communautés bactériennes.

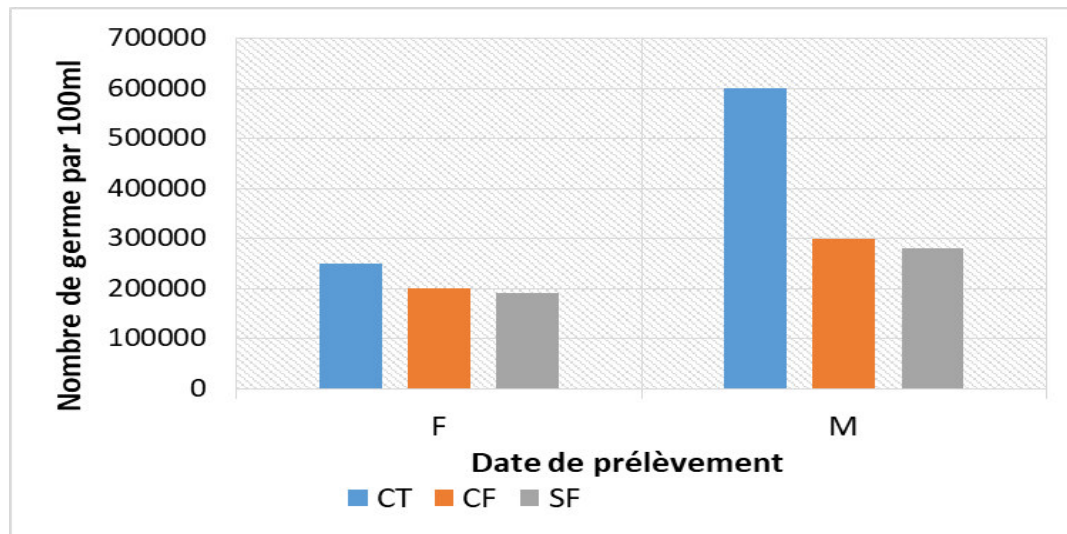


Figure 23 : Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux brutes.

La comparaison des résultats obtenus durant cette étude avec ceux de **NADRI et GHEZAL, (2018)** présentés dans la figure 24, montre que les résultats sont similaires, car ils augmentent avec l'élévation de la température, c'est-à-dire d'une autre manière, à l'approche des mois chauds, le nombre de bactéries augmente dans les eaux usées parce que c'est le milieu approprié pour la reproduction.

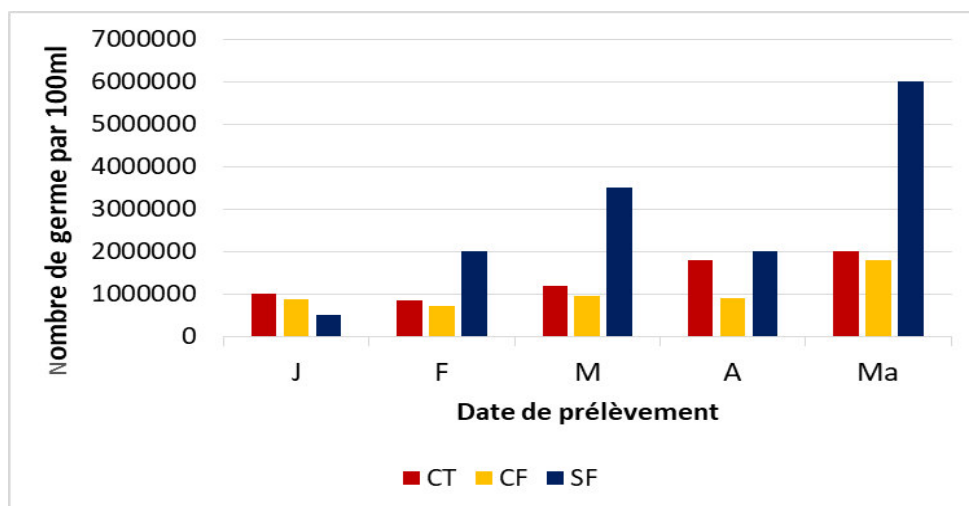


Figure 24 : Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux brutes (NADRI et GHEZAL, 2018).

III-2-2-Eau épurée

La figure 25 représente les résultats bactériologiques (CT. CF. SF) qui ont été étudiées durant le mois de février et mars pour l'eau brute. La diminution des valeurs des coliformes totaux est due aux processus d'épuration utilisés au niveau de la STEP (**GEORGE, 1997**). Mais pas définitivement en raison de l'absence de traitement tertiaire dans la station de Chenoua. Les valeurs des CT d'eau épurée varient entre 54.10^3 UFC/100ml et 43.10^3 UFC/100 ml, et l'eau traitée sortie de la station avec une moyenne de 48.500 UFC, donc les résultats sont supérieures à la norme de rejets de **l'OMS (2013)** (5000UFC/100 ml).

Les valeurs d'eau traitée varient entre 24.10^3 UFC/100ml et 36.10^3 UFC/100ml. La moyenne des coliformes fécaux des eaux usées épurée (30.10^3 UFC) est largement supérieure aux valeurs exigées par les normes **d'OMS (2013)** (2000UFC/100ml).

Les valeurs des streptocoques fécaux d'eau traitée varient entre 11.10^3 UFC/100ml et 18.10^3 UFC /100 ml, avec une moyenne de (14500 UFC) qui est largement supérieure aux valeurs exigées par les normes (1000 UFC/100 ml **d'OMS (2013)**).

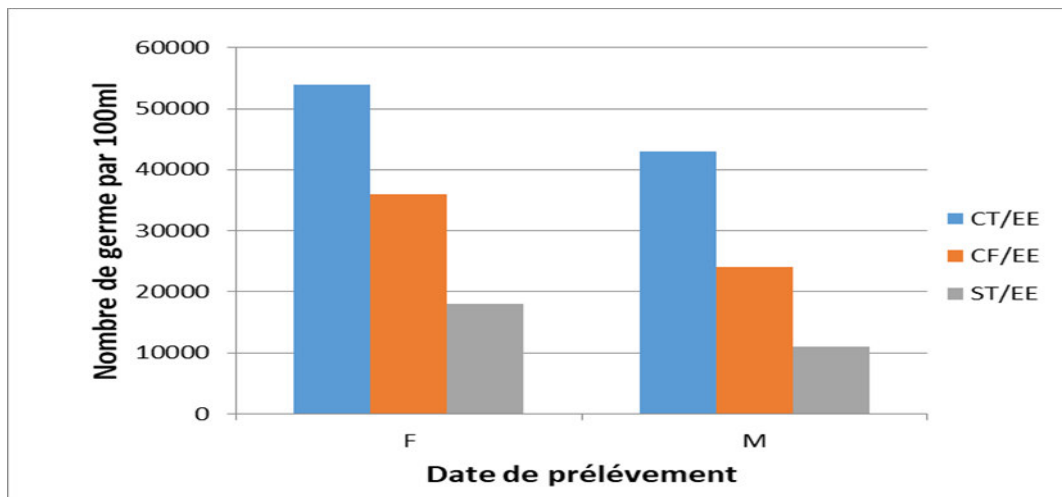


Figure 25 : Taux de germes (CT. CF. SF) dans les eaux épurées.

- La figure 26 représente les résultats bactériologiques en eau pure pour l'année 2018. On note que ces résultats sont faibles par rapport aux résultats obtenus dans cette étude, mais ils restent toujours supérieurs au standard spécifique, alors, en ce qui concerne (SF) et au mois de janvier et avril, on note que le standard spécifique égal à **(1000 UFC/100ml d'OMS 2013)**.

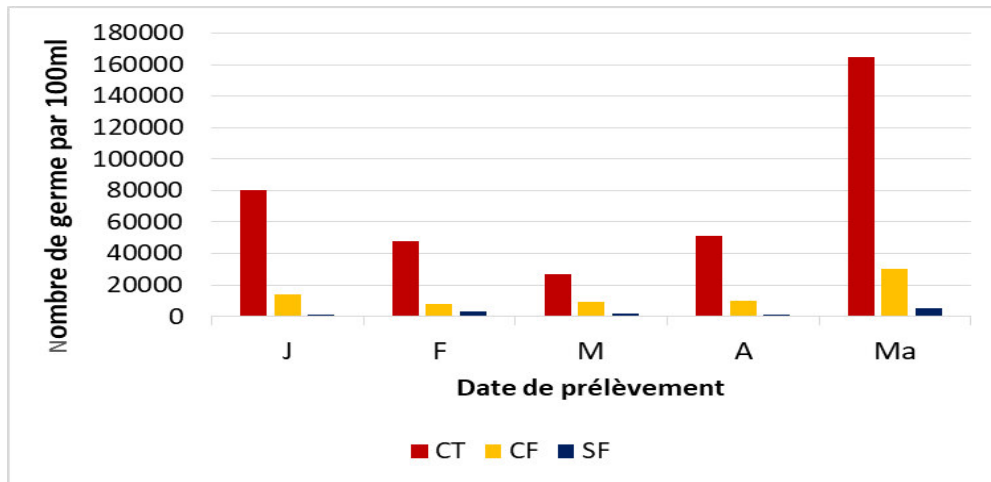


Figure 26: Taux des germes (CT, CF, SF) dans les eaux épurées (NADRI et GHEZAL, 2018).

- ✚ La différence entre les résultats de 2018 et les résultats de cette étude peut s'expliquer par l'augmentation de la croissance démographique et l'expansion des projets, et donc l'accès à une eau généralement très polluée en plus la variation des changements climatiques.

✓ D'autres germes Pathogènes

Salmonelles et Vibrions cholériques :

Durant la période d'étude, les germes pathogènes salmonelles et vibrion cholérique n'ont pas été détectés dans la STEP, malgré la présence des bactéries indicatrices de contamination fécale. Selon **ABOUKACEM et al., (2007)** ceci peut être expliqué par l'absence des porteurs asymptomatiques de la population habitante dans cette région d'une part, et d'autre part la difficulté de la recherche de ces germes du fait de leurs nombre faible par rapport aux autres germes.

❖ Les différentes possibilités de réutilisations des eaux usées épurées de station de Chenoua :

1-Types de cultures qui peuvent être irriguées avec de l'eau de traitement secondaire

- Irrigation des cultures vivrières consommées cuites (pommes de terre) mais il faut faire attention lors de leur arrosage et pour cela il est recommandé d'utiliser une irrigation souterraine ou locale (goutte à goutte).

-Irrigation des cultures destinées à l'industrie ici le risque est loin des hommes car elles ne sont pas consommées fraîches et seront exposées pendant la phase de fabrication à des procédés technologiques qui garantissent leur propreté et leur absence de tout pathogène.

-Irrigation des plantes ornementales commerciales

- Irrigation des cultures fourragères le danger est loin des hommes car ils se dessèchent et sont ensuite mangés par les animaux.

Il n'est pas permis d'irriguer les prairies vertes désignées et non destinées aux loisirs, à l'irrigation des cultures fraîches et au pâturage direct, car elles sont en contact direct avec les gens et constituent une menace pour la santé publique et ont besoin d'irrigation avec de l'eau de traitement tertiaire.

2- autres usages

L'eau traitée peut être utilisée bilatéralement dans les travaux de construction, comme le mélange de béton avec l'utilisation de houblon et l'extinction des incendies par avion car elle n'entre pas en contact direct avec les personnes

Conclusion

En s'appuyant sur les procédés physico-chimiques et biologiques, les stations d'épuration ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de deux effluents secondaires, l'eau épurée et les boues. Les résidus peuvent faire objet d'une valorisation agricole, industrielle, municipale ou injectés dans les milieux récepteurs en respectant les normes de rejets adaptées à ce sujet.

En entreprenant cette étude, une évaluation de l'efficacité du traitement sur les paramètres physicochimiques et biologiques, des eaux usées brutes et traitées au niveau de la station d'épuration ouest de Tipaza par les procédés biologiques a été effectuée.

Le suivi au laboratoire des paramètres de qualité à savoir :

- Paramètres organiques (DCO et DBO₅),
- Paramètres physiques (les MES, la température, le potentiel hydrique, la turbidité),
- Paramètres chimiques (l'ammonium, nitrite, nitrate, phosphore et pH),
- Paramètres biologiques (la recherche des Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux, Salmonelles, Vibrion).

Nous ont permis de tirer les conclusions suivantes.

1. La STEP de Chenoua (Tipaza) est capable de produire une bonne qualité de l'eau épurée, les abattements enregistrés montrent un assez bon fonctionnement avec une élimination importante de 96% pour les MES, 97% pour la DBO₅ , 94% pour la DCO, 89% pour l'azote totale et l'azote ammoniacal 98%. Ces rendements sont très satisfaisants.
2. Les analyses physicochimiques montrent, un abattement remarquable des paramètres de pollution physique, organiques ainsi que pour les différentes formes azotées mesurées à la sortie de la STEP qui sont conformes aux normes de rejet fixées par l'OMS et la législation Algérienne ; cependant la quantité de phosphore mesurée est supérieure à la valeur limite préconisée par l'OMS voir 2 mg/l.
3. Du point de vue bactériologiques montrent la présence des divers germes tels que les Coliformes totaux, et les Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux à des nombre très élevés dépassant les normes prescrites par l'OMS, ceci peut s'expliquer par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à l'élimination des germes pathogènes.
4. Les analyses bactériologiques des échantillons montrent que les eaux usées de la STEP de Chenoua sont caractérisées par l'absence de Salmonelles et Vibrions.

Sur la base des observations et des comparaisons que nous avons étudiées, nous concluons que l'eau traitée de filtration secondaire de la station de Chenoua ne convient pas à la réutilisation pour toutes les demandes de la communauté, et pour cette raison, il est important de compléter les étapes d'épuration par des traitements avancés de chloration qui éliminent les micro-organismes pour assurer un risque réduit et d'avoir de bon résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ***ABOUKACEM A. CHALAU A. SOULAYMANI A. RHAZI-FILALI F. et BENALI D (2007).** Étude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et ouislance à la traversée de la ville de meknés (Maroc). Rev Microbiologie. ind. sna.et Environ. N°1.
- * **ANONYME, (2013).** Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2013. Lignes directrices concernant les travaux analytiques en microbiologie, DR-12-SCA-02, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Édition courante.
- [http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/DR12SCA02_lignes_dir_micro.pdf]
- ***ASANO T, (1998).** Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475p.
- ***ATTAB S, (2011).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaou par l'utilisation d'un filtre à sable Local 2p.
- ***BAUMONT S, CAMARD J. P, ET LEFRANC A. (2009).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), 222p.
- ***BELAID N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, Université de Limoges, 236p.
- ***BIXIO D, DE HEYDER B, CHIKUREL H, MUSTON M, MISKA V, JOKSIMOVIC D, SCHÄFER A.I, RAVAZZINI A, AHARONI A, SAVIC D. AND THOEYE C. (2005).** Municipal wastewater reclamation : where do we stand ? An overview of treatment technology and management practice. Water. Science. Technology, 5(1) 77–85.
- ***BOUBKI T ET BOUDJEMA H, (2016).** Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki Alger, Mémoire Master, Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou Bouziani M, (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, édition Ibn Khaldoun.
- ***BRIERE F.G, (1994).** (V). Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.
- ***CAMPOS C. (2008).** New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. Desalination, 218, 34–42.
- ***DEBBABI, A. (2013).** Evaluation des performances épuratoires des STEP à boues activées ; cas de la wilaya de Souk-Ahras. Mémoire de Master en hydrauliques urbaines. Université Mohamed Cherif Messaadia de Souk-Ahras. 31, 32 pp.

- *DELLRAS C, TREBAOL B. et DURAND J. (2010).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. LAVOISIER. 100, 135, 136, 152p.
- *DENIS F ; DABERNAT H. ; MONTEIL H, (2000).** Bacteriologie clinique. 2^{ème} édition Marketing, paris.
- *DUSSART B, (1992).** Limnologie, l'étude des eaux continentales. Paris, Boubée, 681p
- *DUGNIOLLE, (1980).** L'assainissement des eaux résiduaires domestique CSTC-revue n° 3-septembre P 44-52.
- *FABY.J.A, (2003) :** L'IRRIGATION AVEC DES EAUX USEES TRAITEES, MANUEL D'UTILISATION, Document technique FNDAE (Fonds Notionnels pour le Développement des Adductions d'Eau) Hors- série N° 11. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord.
- *GREGORIO C et PIERRE M. (2008).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. France. Presses univ, Franche-Comté.
- *GROSCLAUDE, G. (1999).** L'eau milieu naturel et maîtrise. Ed INRA, Paris 1999 tome I.
- *GROSCLAUDE, G. (1999).** L'eau usages et polluants. Ed INRA, Paris 1999 tome II.
- *GUIRAUD J, (2012).** Microbiologie Alimentaire. Edition dunod. P86.
- *HACENE H, (2016).** Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome 1, 477p
- *KARAALI, R., KHATAF, M. ET REGGAM, R. (2008).** Etudes comparatives de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : cas de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est Algérie). Mémoire diplôme d'ingénieur. Université 08 Mai 45. Guelma. 25-32 et 61-65 p.
- *KHAOULANI S. (2015).** Traitement d'eaux usées par adsorption sur des polymères de cyclo dextrine et développement de capteurs chimiques à base de membranes de verres de chalcogénures des tinées à la détection des ions Hg²⁺. Thèse de doctorat, L'Université du Littoral Côte d'Opale, France.
- *MARTIN G, (1979).** Le problème de l'azote dans les eaux, Ed technique et documentation, Paris, p279.
- *METAHRI M. S, (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.
- *MRE, (2003).** Le secteur de l'eau en Algérie ministère de ressources en eau, Algérie, 2003
- *MRE, (2012).** MRE, 2012. Ministère des ressources en eau, Algérie, 2012.

- ***ONA (2011)**. Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Tipaza, Ministère des Ressources en Eaux, Office National de l'Assainissement, Algérie, 64p.
- ***ONA, (2014)**. Centre de formation aux Métiers de l'assainissement. Réutilisation agricole des eaux usées épurées. Formation 2013-2014. Algérie. 22-30-36 p.
- ***PERMO (1994)**. La pratique de l'eau : traitements de l'eau aux points d'utilisation, comportement de l'eau dans les installations, origine des ordres et solutions.
- * **QADIR et A. SCOTT, (2011)**. Manzoor et chistorcher A. scott, L'irrigation avec des eaux usées et la santé, p 112.
- ***RAMADE F, (1989)**. Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Edition Ediscience internationale, Paris.
- ***REJESEK, (2002)**. « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
- ***REUSE-DEGREMONT®, (2020)**. Réutilisation des eaux usées, Reuse-Degremont®. Suezwaterhandbook.fr
- ***RODIER J. (1996)**. L'analyse de l'eau, 8ème édition ; DUNOD, Paris, 1383p.
- ***RODIER J. (2005)**. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème, édition. DUNOD, Paris.
- ***RODIER J et al, (1996)**. «L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer». 8èmeédition. DUNOD, Paris.
- * **RODIER J, BAZIN C, BROUTIN J.P. (2005) : CHAMBON P. CHAMPSAUR, H. et**
- ***RODIER J. (2009)**. L'analyse de l'eau, 9ème édition ; DUNOD, Paris, 1579p.
- ***RODIER J, LEGUBE B, MERLET N et COLL, (2009)**. L'analyse de l'eau. 9e édition. Editions dunod. 997p.
- ***TARDAT-HENRY M et BEAUDRY J, (1999)**. Chimie des eaux. Editeur : le Griffon d'argile Inc. 152p.
- ***UNESCO, (2017)**. Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017.
- ***VILAGINES R, (2010)**. Eau environnement et sante publique 3èmeédition. Edition Tec DOC. 54p.
- ***WARTHER.J et OGADA.T, (1999)**. Sewage sludge combustion. Progress in energy and combustion science. PP : 55-116.

Annexes I

Matériel pour les analyses physico-chimiques

➤ <i>Appareillage</i>	➤ <i>Verrerie</i>
<ul style="list-style-type: none">• Préleveur automatique• Étuve température• capsules• Spectrophotomètre• Réfrigérateur• Incubateur• Rampe de filtration• Bain marie• Dessiccateur• DBO mètre• Conductimètre• Thermostat LT 200• Pincés stériles• Membrane filtrante• Boire a pipette	<ul style="list-style-type: none">• Bécher en verre• Pipette graduées• Entonnoir• Fioles à vide• Eprouvette• Flacons avec bouchons pour DBO5

Réactifs

- Eau distillé
- Pastilles d'hydroxyde de potassium
- LCK 114/314
- LCK 302/303/305
- LCK 350
- LCK 339
- LCK 338
- LCK 238
- LCK 348

Matériel pour les analyses bactériologiques

- Rampe de filtration
- Pince
- Papier filtre
- Pinces stériles
- Pipette pasteur
- Pipette boutonnée
- Pipette graduée
- Bec bunsen
- Boite de pétrie
- L'entonnoir
- Etuve memmert

Réactifs

Milieux de culture :

- ❖ Milieu TTC + La gélose au tergitol
- ❖ Milieu TTC + Gélose SLANETZ
- ❖ Bouillon au sélénite de sodium cystéine(SFB)
- ❖ Gélose HECTOINE
- ❖ Eau peptonée Alcaline(EPA)
- ❖ Gélose nutritive Alcaline biliée(GNAB)

Annexes II

Figure 27 : Matériel des analyses physico-chimiques (Les photos originales, 2020)



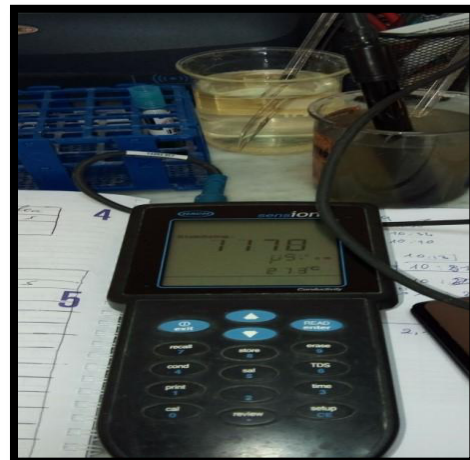
DBO Mètre



Thermostat



Spectrophotomètre



Conductimètre



Etuve



Rampe de filtration



Capsules



PH-mètre

Figure 28 : Réactifs utilisés dans le paramètre physico-chimique.



LCK 235/338 (Azote total)



LCK 114/314 (DCO)



LCK 341/342 (Nitrite)



LCK 303/305 (Ammonium)



LCK 339 (Nitrate)



LCK 350/349 (Phosphate)

Figure 29 : Matériel des analyses bactériologiques



Etuve memmert



Rampe de filtration



Bec bunsen



Les flacons



Boite de pétrie



Pipette boutonée

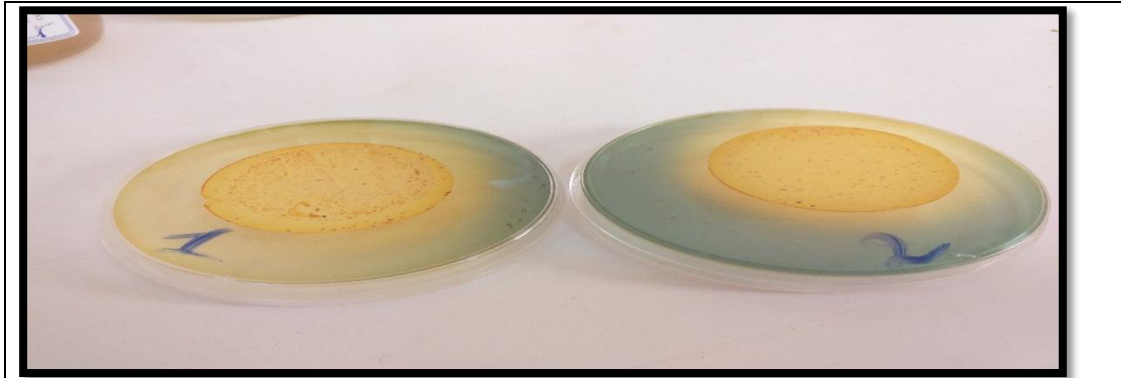


Figure 30 : Lecteur des résultats des coliformes totaux et fécaux (photo originale).

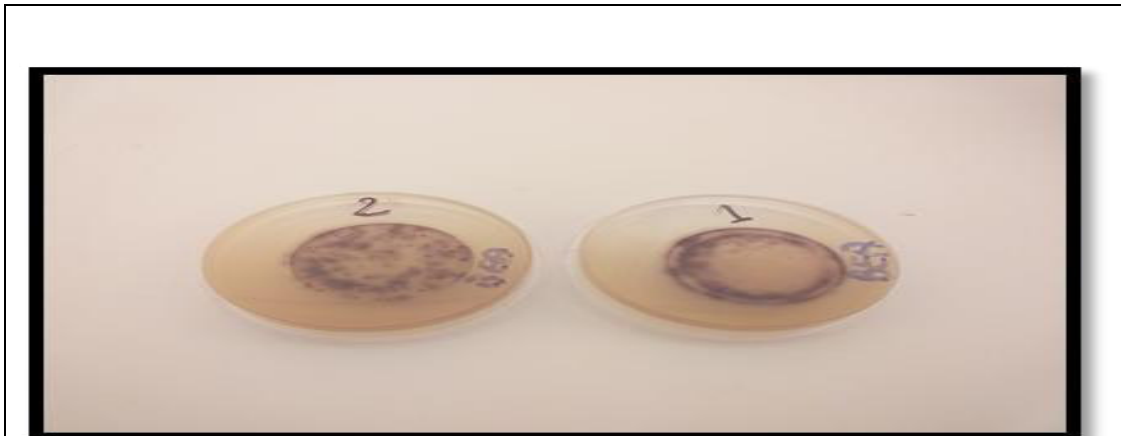


Figure 31 : Lecteur des résultats des Streptocoques fécaux (photo originale).

Annexes III

Tableau VI : Normes de rejets internationales OMS (2006)

Paramètre	Unité	Nombre de rejet	Référence
Température	°C	<30	OMS (2006)
pH	/	$6,5 \leq Ph \leq 8,5$	OMS (2006)
MES	mg/l	<30	OMS (2006)
MVS	g/l	/	OMS (2006)
DBO ₅	mg/l	<30	OMS (2006)
DCO	mg/l	<90	OMS (2006)
NT	mg/l	50	OMS (2006)
NH ₄ ⁺	mg/l	1	OMS (2006)
NH ₃ ⁻	mg/l	1	OMS (2006)
NO ₂ ⁻	mg/l	1	OMS (2006)
PO ₄ ³⁻	mg/l	2	OMS (2006)
PT	mg/l	2	OMS (2006)
CE	µS/m	<1250	OMS (2006)

Tableau VII : Résultats des pH et Température et conductivité électrique de l'eau de la station Chenoua.

Date de prélèvements	PH		T (°C)		COND (µS/m)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
02/02/2020	7,60	7,76	15,70	14,00	1437	1276
11/02/2020	7,54	7,68	16,1	9,7	1399	1203
17/02/2020	7,50	7,89	17,4	14,8	1386	1250
26/02/2020	7,67	7,66	16,8	15,9	1425	1225
02/03/2020	7,58	7,58	17,2	12,5	1281	1240
10/03/2020	7,62	7,95	16,4	8,8	1472	1248
Moyenne	7,585	7,7533	16,6	12,616 6	1361,3 33	1279

Tableau VIII : Résultats de MES et DBO₅ et DCO de l'eau de la station Chenoua.

Date de prélèvements	MES (mg/l)		DBO ₅ (mg O ₂ /l)		DCO	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
02/02/2020	62	6	312	8	384	22,3
11/02/2020	108	15	149	8,50	303	29,9
17/02/2020	106	1	292	12	362	24,8
26/02/2020	452	19,5	359	8,60	668	41,9
02/03/2020	344	6	337	9	562	20,9
10/03/2020	272	8	287	5	322	22,7
Moyenne	224	9,25	289,333	8,35	433,5	27,0833

Tableau IX : Résultats des NT et NH₄⁺ et NO₃⁻ de l'eau de la station Chenoua.

Date de prélèvements	NT (mg/l)		N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
02/02/2020	39,2	7,15	23,1	0,89	4,02	0,81
11/02/2020	76,2	6,26	25,7	0,433	1,55	2,12
17/02/2020	51,4	4,67	28,7	0,217	0,629	1,30
26/02/2020	61,2	4,76	27,1	0,105	1,48	1,75
02/03/2020	39	6,26	23,6	1,07	0,975	0,938
10/03/2020	46,7	5,96	29,2	0,431	3,29	1,27
Moyenne	52,2833	5,8433	26,2333	0,5243	1,9906	1,3646

Tableau X : Résultats des NO₂⁻ et PT et PO₄⁻³ de l'eau de la station Chenoua.

Date de prélèvements	N-NO ₂ ⁻ (mg/l)		PT (mg/l)		PO ₄ ⁻³ (mg/l)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
02/02/2020	0,176	0,162	9,90	2,86	3,07	2,48
11/02/2020	0,14	0,11	4,33	2,74	3,23	2,89
17/02/2020	0,14	0,05	4,79	2,40	2,81	2,27
26/02/2020	0,16	0,05	9,68	2,90	5,75	2,89
02/03/2020	0,408	0,078	4,80	2,95	3,06	2,58
10/03/2020	0,248	0,054	4,76	2,53	2,78	2,46
Moyenne	0,212	0,084	6,3756	2,73	3,45	2,595

Tableau XI : Normes des analyses bactériologiques

	Unité	Nombre de rejet	Référence
Coliformes totaux	UFC/100 ml	5000	OMS (2013)
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	2000	OMS (2013)
Streptocoques fécaux	UFC/100 ml	1000	OMS (2013)

Tableau XII : Résultats des analyses bactériologique

Date de prélèvements		26/02/2020	02/03/2020	Moyenne
Coliformes totaux	EB	25.10^4	60.10^4	425.10^3
	EE	54.10^3	43.10^3	395.10^2
Coliformes fécaux	EB	20.10^4	30.10^4	250.10^3
	EE	36.10^3	24.10^3	39.10^3
Streptocoques fécaux	EB	19.10^4	28.10^4	235.10^3
	EE	18.10^3	11.10^3	145.10^2
Salmonelles	EB	<i>Abs</i>	<i>Abs</i>	<i>0</i>
	EE	<i>Abs</i>	<i>Abs</i>	<i>0</i>
Vibrion	EB	<i>Abs</i>	<i>Abs</i>	<i>0</i>
	EE	<i>Abs</i>	<i>Abs</i>	<i>0</i>