

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POLULAIRE

MINISTTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRE



Option : Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes aquatiques

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE MASTER EN
BIOLOGIE

**Contribution à l'étude physico-chimique et
bactériologique des eaux de la station
d'épuration de CHENOUA (W. TIPAZA) et
possibilité de leur réutilisation après
traitement**

Présenté par

M^{lle} BOUNOUD Rahma

Membre de Jury:

Présidente	M ^{me} METIDJI H.	MAA à UB1
Examinatrice	M ^{me} Med MAHMOUD F.	MAA à UB1
Promotrice	M ^{me} KHEDDAM H.	MAA à UB1
Co-promotrice	M ^{me} KHETTAR S.	MAA à UB1

Année universitaire : 2014/2015

Remerciements

Ce Travail n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaires, pour venir à bout de toutes les difficultés que j'ai dû croiser tout au long de mon chemin d'étude.

Je tiens tout d'abord de remercier Présidente Mme. MJTJDJJ pour sa présence pour évaluer et participer à la conclusion de notre mémoire de fin d'étude.

Je tiens à réitérer ces remerciements à Mme. Med MAHMOUD pour avoir accepté d'être examinatrice et membres du jury.

Je souhaite exprimer mon plus profond remerciement à ma promotrice Mme. KHEDDAM, pour son suivi au quotidien, pour ses conseils, sa disponibilité, son travail Constructif et pour toute la confiance qu'elle a su me témoigner à travers l'autonomie qu'elle m'a accordée durant cette étude.

Mes profonds remerciements vont aussi à Mme. CHABNJ Jbtissem Chef de Station d'épuration de CHENOUA qui m'a toujours aidé durant la période du stage.

Je remercie Enormément, Melle. Nadia, Mme. Nacera, Mme. Ouarda et Mlle. Faiza les laborantines de la station d'épuration de CHENOUA ET de laboratoire de Sidi Amar et de Tipaza qui ont suivi mon travail, de leurs confiance, leurs patience, leurs générosité et leurs disponibilité durant ces mois ainsi que de leurs soutien qui a permis de mener à bien mon travail au sein de la STEP de Tipaza,

Je n'oublie pas bien sur mes proches et mes amis : Yousra, Meriem, Amina, Jkram, Hayat, Hanane Et a toute la promotion Master 2 Biodiversité et Fonctionnement des écosystèmes aquatiques

2014/2015.

Dédicace

A mon idéal, mon très cher père qui m'a encouragé, ma source de force pour tenir jusqu'au bout, mon Papa, l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi. Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.

A la personne qui m'importe le plus dans ce monde, ma Maman. Elle qui a toujours été mon modèle et ma source d'inspiration avec ses conseils, sa présence, sa tendresse m'ont été et me seront toujours indispensables.

***A ma grande mère et mon grand-père maternels
Leur présence parmi nous illumine nos jours. Que DIEU vous protège.***

A mes frères, Khaled, Zakaria et Farés.

A mes tantes Wakiba, Hakima, Souad, Fatima, Aouichaet Yamina

A mes oncles maternels qui ont toujours été là pour moi.

Résumé

Notre travail consiste à étudier les caractéristiques physicochimique et bactériologique des eaux de la station d'épuration CHENOUA (Wilaya de TIPAZA), dont le but est la possibilité de leur réutilisation après traitement, durant la période allant du mois de mars jusqu'au mois de juin 2015.

Nous avons effectués six prélèvements pour l'analyse des eaux usées brutes et six autres pour l'analyse des eaux usées traitées, afin d'étudier les paramètres physico-chimiques suivantes: la température, le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension, la demande biochimique en oxygène DBO₅, la demande chimique en oxygène DCO, l'azote ammoniacal, les nitrates, les chlorures et les bicarbonates ; ainsi que les paramètres bactériologiques, notamment la recherche et le dénombrement : des coliformes fécaux, d'*Escherichia coli*, et des entérocoques intestinaux.

Les analyses ont été suivies au niveau de trois laboratoires spécialisés : laboratoire de la station d'épuration CHENOUA, laboratoire d'eau potable de Barrage Boukerdane Sidi Amar (wilaya de TIPAZA) et laboratoire de la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger. Les résultats physico-chimiques ont révélés que la température de l'eau est saisonnières, un pH alcalin, et des éléments minéraux généralement ne dépassant pas les normes recommandées par le **J.O.R.A (2012)** et l'**OMS (1989)** pour les eaux de rejet et de réutilisation en irrigation.

L'analyse bactériologique a indiqué que les eaux traitées renferment une charge bactérienne très importante en germes d'origine fécale (Coliforme fécaux, d'*Escherichia coli*, et des entérocoques intestinaux), ces derniers dépassent les normes de rejets et de réutilisation en irrigation recommandées par le **J.O.R.A (2012)** et l'**OMS (1989)**.

D'après notre étude, Nous avons relevé qu'il est possible de réutiliser les eaux traitées de la station d'épuration CHENOUA seulement sous certaines conditions, que nous allons citer par la suite.

Mots clés : Eaux usées, Eaux traitées, Station d'épuration CHENOUA, Paramètres physicochimiques, Paramètres bactériologiques.

Summary

Our job is to study the physicochemical and bacteriological characteristics of the water eruption station at Chenoua (Wilaya TIPAZA), whose goal is the possibility to reuse after treatment, during the period from March to June, 2015.

We made six samples for analysis of raw water and six for the analysis of treated wastewater, to consider the following physicochemical parameters: temperature, pH, electrical conductivity, suspended solids, biochemical oxygen BOD₅ demand, the chemical oxygen COD demand, ammonia nitrogen, nitrates, chlorides and bicarbonates; and bacteriological parameters, including the detection and enumeration: fecal coliforms, *Escherichia coli* and intestinal enterococci.

The analysis were performed at three laboratories Specialised: Laboratory Chenoua treatment plant, drinking water laboratory at Boukerdane Dam Sidi Amar (wilaya of TIPAZA) and Laboratory Corporation of Water and Sanitation of Algiers. The physicochemical results have revealed that the water temperature is seasonal, alkaline pH, and mineral elements generally do not exceed the standards recommended by the **JORA** (2012), and **WHO** (1989) for the waste water and irrigation reuse.

The bacteriological analysis indicated that the treated water contain a major bacterial load in the faecal germs (fecal Coliform, *Escherichia coli* and intestinal enterococci), they exceed the discharge standards and reuse in irrigation recommended by **JORA** (2012) and **WHO** (1989).

In our study, we discovered that it is possible to reuse the treated water from the treatment plant Chenoua only under certain conditions, which we will mention later.

Keywords: Wastewater, treated water, wastewater treatment plant Chenoua, Physicochemical parameters, bacteriological parameters

مهمتنا هيدراسه الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمحطة تنقية المياه بشنوة (ولاية تيبازة) هدفها هو
امكانية إعادة استعمالها بعد معالجتها الممتدة بين شهر مارس وحتشهر 2015.

قمنا باجراء ستة عينات لتحليل مياه الصرف الصحي و ستة اخرين لتحليل مياه الصرف الصحي
دادات الفيزيائية و الكيميائية التالية : درجة الحرارة ، درجة الحموضة، الموصلية
الكهربائية، المواد الصلبة العالقة، الأوكسجين الحيوي الممتص DBO_5 ، الطلب الكيميائي للأوكسجين DCO
نيتروجين النشادر (ازوت الأمونيا)، النترات، الكلوريدات، و البيكاربونات بما في ذلك الاعدادات البكتريولوجية
بكتيريا القولون البرازية الاشريكية القولونية و المكورات المعوية.

اجريت التحاليل على مستوى ثلاث مخابر مختصة: المخبر الواقع بمحطة التطهير بشنوة، مخبر المياه
الصالحة للشرب الواقع بسد بوكردان سيدي عمر (ولاية تيبازة)، و مخبر شركة المياه و الصرف الصحي

كشفت النتائج الفيزيوكيميائية ان حرارة المياه موسمية، الحموضة أساسية و العناصر المعدنية عموما لا
تتجاوز المعايير الموصى بها من قبل الجريدة الرسمية (2012) J.O.R.A و منظمة الصحة العالمية
O.M.S(1989) من اجل مياه الصرف الصحي و اعادة استعمالها في الري.

شار التحليل البكتريولوجي ان المياه المعالجة تحتوي على حمولة بكتيرية كبيرة متمثلة في الجراثيم
الاشريكية القولونية (بكتيريا القولون البرازية، الاشريكية القولونية، المكورات المعوية).

تتجاوز هذه الأخيرة معايير التفريغ، و اعادة الاستعمال في الري الموصى بها من طرف الجريدة
الرسمية (2012) J.O.R.A و منظمة الصحة العالمية (1989) O.M.S.

أنه من الممكن إعادة استعمال المياه المعالجة من محطة تنقية المياه شنوة

معينة، و التيسنذكرها .

الكلمات الأساسية: مياه الصرف الصحي، المياه المعالجة، محطة التطهير بشنوة، الفيزيوكيميائية ،
الاعدادات البكتريولوجية.

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Station d'épuration de CHENOUA.....	9
Figure 2.	Schéma général de la STEP de CHENOUA.....	10
Figure 3.	Préleveur automatique de l'eau brute et l'eau traitée.....	15
Figure 4.	Variation de la température de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	25
Figure 5.	Variation du pH de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	26
Figure 6.	Variation des matières en suspension de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	27
Figure 7.	Variation de la conductivité électrique de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	28
Figure 8.	Variation de la DBO ₅ de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	30
Figure 9.	Variation de la DCO de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	31
Figure 10.	Variation de l'azote ammoniacal de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	32
Figure 11.	Variation de nitrate de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA...	33
Figure 12.	Variation du bicarbonate de l'eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	34
Figure 13.	Variation du chlorure de l'eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	34
Figure 14.	Représentation de la variation des coliformes fécaux des eaux traitées de la STEP de CHENOUA.....	35
Figure15.	Représentation de la variation des <i>Escherichia coli</i> des eaux traitées de la STEP de CHENOUA.....	36
Figure16.	Représentation de la variation des Entérocoques intestinaux des eaux traitées de la STEP de CHENOUA.....	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.	Quelques pathologies humaines transmises par l'eau polluée.....	4
Tableau II.	Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	6
Tableau III.	Les paramètres physico-chimiques spécifiques des eaux usées traitées utilisées à des fins d'irrigation.....	7
Tableau IV.	Les paramètres bactériologiques spécifiques des eaux usées traitées utilisées à des fins d'irrigation.....	8
Tableau V.	Fréquences des analyses effectuées au niveau de la station de Tipaza.....	16
Tableau VI.	Sélection du volume des échantillons	19
Tableau VII.	Variation du rapport de la biodégradabilité DCO/DBO ₅ de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA.....	29

ABREVIATIONS

- B.E.A.** : Gélose bile esculine azide.
- C.E.T.** : Centre Enfouissement Technique.
- C.R.F.** : Centre de Repos Familiale.
- Eq/hab** : Equivalent par habitant.
- I.S.O.** : Organisation internationale de normalisation.
- meq/l** : Milliéquivalent par litre.
- M.O.** : Matière Organique.
- M.V.S.** : Matières volatiles sèche.
- O.N.A** : office national de l'assainissement.
- S.E.A.A.L.** : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.
- S.T.E.P.** : Station d'épuration.
- T.S.A.** : Trypticase-Soja-Agar.
- T.T.C.** : Chlorure Triphényl 2, 3, 5-Tétrazolium (additif).

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées	
I.1. Généralités sur les eaux usées.....	2
I.1.1. Origine des eaux usées.....	2
I.1.1.1. Eaux usées domestiques.....	2
I.1.1.2. Eaux usées industrielles.....	2
I.1.1.3. Eaux de ruissellement	2
I.1.2. Principaux polluants des eaux usées.....	2
I.1.2.1. Matière en suspension (MES).....	2
I.1.2.2. Substances nutritives.....	3
I.1.2.3. Métaux lourds.....	3
I.1.2.4. Pollution microbologique.....	3
I.2. Possibilités de réutilisation des eaux usées traitées.....	4
I.2.1. Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie.....	5
I.2.1.1. Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture.....	5
I.2.1.1.1. Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	6
I.2.1.1.2. Normes de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation en Algérie.....	7
I.3. Présentation de la station d'épuration de CHENOUA (Tipaza).....	8
I.3.1. Principe du fonctionnement de la station d'épuration de CHENOUA.....	9
I.3.1.1. Traitements des eaux.....	11
A. Prétraitement.....	11
B. Traitement biologique.....	12
I.3.1.2. Traitement des boues.....	12
Chapitre II : Matériels et méthodes	
II.2. Matériels.....	14
II.2.1. Matériels biologiques.....	14
II.2.2. Matériels non biologique.....	14
II.3. Prélèvements et transport des échantillons.....	14
II.3.1. Points de prélèvements.....	14
II.4. Méthodes d'analyses.....	15
II.4.1. Analyses physicochimiques	15
II.4.1.1. Détermination électrique du pH avec électrode combinée à une sonde de température.....	16
II.4.1.2. Dosage des Matières en suspension (MES) par filtration.....	16
II.4.1.3. Détermination de la conductivité électrique.....	17

SOMMAIRE

II.4.1.4.Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅) par méthode BODTrack II.....	18
II.4.1.5.Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) par méthode Kit Hach LCK 114/314.....	19
II.4.1.6.Dosage de l'azote ammoniacal par méthode Kit Hach LCK 302/LCK303/LCK305.....	20
II.4.1.7.Dosage des nitrates par méthode Kit Hach LCK.....	20
II.4.1.8.Dosage des bicarbonates.....	20
II.4.1.9.Dosage des chlorures titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr).....	21
II.4.2.Analyses Bactériologiques.....	22
II.4.2.1.Recherche et dénombrement des Bactéries coliformes et d' <i>Escherichia coli</i> Méthode par filtration sur membrane.....	22
II.4.2.2.Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux Méthode par filtration sur membrane.....	24
Chapitre III : Résultats et discussions	
III.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	25
III.1.1.Température.....	25
III.1.2.Potentiel d'hydrogène.....	25
III.1.3.Matières en suspension (MES).....	26
III.1.4.Conductivité électrique (CE).....	27
III.1.5.Pollution organique.....	28
III.1.5.1.Détermination du rapport de la biodégradabilité.....	29
III.1.5.2. Evolution de la Demande biochimique en oxygène DBO ₅	29
III.1.5.3. Evolution de la demande chimique en oxygène DCO.....	30
III.1.6. Azote.....	31
III.1.6.1.Azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺ (ou ammonium).....	32
III.1.6.2.Nitrates N-NO ₃ ⁻	33
III.1.7.Sels minéraux des eaux usées traitées.....	33
III.1.7.1.Bicarbonate HCO ₃ ⁻	34
III.1.7.2.Chlorure Cl ⁻	34
III.2.Résultats des analyses bactériologiques.....	35
III.2.1.Coliformes fécaux.....	35
Conclusion.....	38
Références bibliographique	

SOMMAIRE

Annexes

Introduction

L'eau est une ressource limitée, indispensable à la vie humaine et animale. Elle intervient également dans toutes les activités humaines et dans le développement socioéconomique de tout pays (**HOUESSO, 2009**).

L'augmentation des prélèvements d'eau va intensifier notablement la pression sur les ressources en eau sur 60 % de la superficie de la planète, notamment sur de vastes régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine (**WWAP, 2001**).

Les potentialités hydriques naturelles de l'Algérie sont estimées actuellement à 18 milliards de m³ par an. L'irrigation occupe une place importante dans la consommation d'eau (62 % de la demande totale du pays) (**MOZAS et GHOSN, 2013**).

En Algérie, les eaux usées représentent un volume très appréciable de près de 2 milliards de m³, si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon. Un tel volume, une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eau, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture ou l'industrie (**HANNACHI et al., 2014**).

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en eau, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement et de la santé publique (**FAO, 2003**).

La présente étude a pour objectifs la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la station d'épuration CHENOUA, dont le but de cette surveillance est la possibilité de réutiliser les eaux usées après traitement en agriculture.

Notre travail est basé sur trois chapitres :

- le premier chapitre traite les généralités sur les eaux usées, présentation de la zone d'étude, et les caractéristiques des eaux traitées pour l'irrigation ;
- le second chapitre, récapitule les méthodes des analyses physicochimiques et bactériologiques effectuées ;
- le dernier chapitre inclut les résultats obtenus et leurs discussions ;

Et nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les résultats obtenus.

I.1. Généralités sur les eaux usées**I.1.1. Origine des eaux usées**

BAUMONT et al. (2004), définit Les eaux usées comme étant des eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées. Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées.

I.1.1.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont énumérées comme étant notamment celles issues des installations sanitaires, des cuisines, du nettoyage des bâtiments, des lessives à domicile, de certains petits établissements et qui sont destinées à être déversées dans une station d'épuration (**GOBERT et HUSSON., 2012**).

I.1.1.2. Eaux usées industrielles

Les eaux industrielles usées ce sont toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles, autres que les eaux ménagères usées et les eaux de ruissellement (**DELARRAS et al., 2010**).

Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc(**EDLINE, 1979**).

I.1.1.3. Eaux de ruissellement

Fraction de l'eau de pluie, de la neige fondue ou de l'eau d'irrigation qui s'écoule à la surface du sol et retourne tôt ou tard dans un cours d'eau (eaux d'écoulement sur parking, voiries d'accès, toiture...) (**CHIBEL, 2012**)

I.1.2. Principaux polluants des eaux usées

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition (**RODIER et al., 2009**).

I.1.2.1. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux (**DEVILLERS et al., 2005**). Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur (**BAUMONT et al., 2004**).

Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) (DEVILLERS et al.,2005).

I.1.2.2. Substances nutritives

Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes (BELAID, 2010).

Le rejet de composés azotés et phosphorés peut provoquer un développement exagéré de végétaux dans les eaux de surface (eutrophisation) (RODIER et al.2009). L'eutrophisation est « l'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs », notamment des composés de l'azote et /ou phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures, entraînant une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question (DELARRAS et al.,2010).

I.1.2.3. Métaux lourds

Les métaux lourds sont les éléments les plus nocifs dans les eaux résiduaires, notamment dans les boues où ils sont accumulés pendant les différentes phases de l'épuration. Leur origine est avant tout industrielle mais aussi diffuse (corrosion des tuyauteries). Les métaux les plus fréquemment retrouvés dans les eaux résiduaires sont le fer, l'aluminium, le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure et le nickel (RODIER et al.2009).

I.1.2.4. Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes(**Tableau I**)(BELAID, 2010).

TableauI. Quelques pathologies humaines transmises par l'eau polluée.

Maladie	Agent infectieux	Type d'organismes
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	Bactérie
Dysenterie	<i>Shigelladysenteriae</i>	Bactérie
Entérite	<i>Clostridium perfringens</i> et autres bacteries	Bactérie
Typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>	Bactérie
Hépatite virale	Virus A de l'hépatite	Virus
Poliomyélite	<i>Poliovirus</i>	Virus
Cryptosporidiose	<i>Cryptosporidium sp.</i>	Protozoaire
Dysenterie amibienne	<i>Entamoebahistoltytica</i>	Protozoaire
Bilharziose	<i>Schistosomasp.</i>	Vers plat
Ankylostomose	<i>Ancylostomasp.</i>	Vers nématode

(BERG et al., 2009)

I.2. Possibilités de réutilisation des eaux usées traitées

Le recyclage des eaux usées, pour de nouveaux usages, après traitement, peut s'avérer une ressource en eau dite « non conventionnelle », en complément de la mobilisation des eaux de surface et souterraine (AFD, 2011).

En fonction des exigences de qualité des utilisateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies (BOUTIN et al., 2009):

- les usages non potables, concernant principalement les secteurs agricole, industriel et urbain ;
- les usages potables qui peuvent, après un traitement poussé être « directs », ou « indirects » à la suite d'un passage dans le milieu naturel.

Chacune de ces classes regroupe diverses catégories. L'ordre d'apparition des usages s'effectue de la pratique la plus répandue vers l'utilisation la moins pratiquée.

➤ Usages non potables:

- l'irrigation agricole : cultures céréalières, arbres fruitiers, forêts, protection contre le gel, ... ;
- les utilisations industrielles : eaux de refroidissement, eaux de procédés, générateurs de vapeurs, nettoyage des équipements, protection contre les incendies, ... ;

- les utilisations urbaines : entretien de voirie, lavage des WC (chasse) et des voitures, nettoyage des édifices publics ornementaux, irrigation des parcs, cimetières, jardins publics, ...;
- les usages récréatifs : lacs et bassins artificiels, soutien au débit d'étiage des cours d'eau, entretien des habitats naturels et des zones humides, production de neige, pêcheries, ... ;
- la recharge de nappe : lutte contre l'intrusion d'eau de mer ou d'eau saumâtre dans le cas d'une surexploitation de l'aquifère, réapprovisionnement des nappes en situation critique, stockage de l'eau traitée en prévision de futures utilisations, ...

➤ **Usages potables :**

- la production indirecte d'eau potable : augmentation de la disponibilité en eau, mode de production souvent lié à la recharge de nappe ;
- la production directe d'eau potable : l'usine de Windhoek (Namibie) est l'exemple le plus connu de production d'eau potable à partir d'eaux usées traitées mais cette pratique est peu répandue.

I.2.1. Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie

En Algérie, Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 pour les seules agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m³ à l'horizon 2020 (**HANNACHI et al., 2014**).

Selon **HANNACHI et al (2014)**, l'Algérie dispose de 134 stations d'épuration (STEP et lagunes) en fonctionnement avec une capacité installée estimée à 12 millions équivalent habitant.

Actuellement, l'eau usée traitée provenant des stations d'épuration existantes, est rejetée dans les oueds, mais dans les régions où les besoins en eau ne sont pas satisfaits. Il serait donc illogique de continuer de déverser l'eau traitée dans les oueds (**REMNI, 2010**).

I.2.1.1. Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies (**HANNACHI et al., 2014**).

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle. Parmi les stations d'épuration

exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas (Départements), quelques-unes sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. A fin 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m³/an, afin d'irriguer plus de 10 000 hectares de superficie agricoles (HANNACHI et al.,2014).

I.2.1.1.1. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Les pratiques d'irrigation avec des eaux usées sont analogues aux pratiques d'irrigation avec d'autres sources d'eau et dépendent des conditions locales (Tableau II), et notamment du climat, des propriétés physiques et chimiques du sol, des conditions de drainage et de la tolérance aux sels des cultures à produire (OMS, 2012).

Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation :

- 1- SALINITÉ: Contenu total en sel soluble ;
- 2- SODIUM : Proportion relative des cations sodium (Na⁺) par rapport aux autres ;
- 3- ALCALINITÉ et la DURETÉ: Concentration d'anions Carbonate (CO₃²⁻) et bicarbonate (HCO₃⁻) en relation avec la concentration en calcium (Ca²⁺) et en magnésium (Mg²⁺) ;
- 4- CONCENTRATION EN ÉLÉMENTS QUI PEUVENT ÊTRE TOXIQUES ;
- 5- pH DE L'EAU D'IRRIGATION.

Les deux premiers critères sont d'importance majeure car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration (COUTURE, 2003).

Tableau II. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrume	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.

Cultures fourragères	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(J.O.R.A,2012)

I.2.1.1.2. Normes de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation en Algérie

En Algérie, la présence de normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées (Tableau III)(Tableau IV) (HANNACHI et al., 2014).

Tableau III. Les paramètres physico-chimiques spécifiques des eaux usées traitées utilisées à des fins d'irrigation

	Paramètres	Unité	Concentration maximale admissible
PHYSIQUES	Ph	-	6.5 pH 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
CHIMIQUES	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure	meq/l	10
	Azote (NO ₃ -N)	mg/l	30
	Bicarbonate	meq/l	8.5

(J.O.R.A, 2012)

Tableau IV. Les paramètres bactériologiques spécifiques des eaux usées traitées utilisées à des fins d'irrigation

GROUPES DE CULTURES	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)
<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation non restrictive. • Culture de produits pouvant être consommés crus. 	<100
<ul style="list-style-type: none"> • Légumes qui ne sont consommés que cuits. • Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire. 	<250
<ul style="list-style-type: none"> • Arbres fruitiers. • Cultures et arbustes fourragers. • Cultures céréalières. • Cultures industrielles. • Arbres forestiers. • Plantes florales et ornementales. 	Seuil recommandé <1000
<ul style="list-style-type: none"> • Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée. 	pas de norme recommandée

(J.O.R.A, 2012)

I.3. Présentation de la station d'épuration de CHENOUA (Tipaza)

La S.T.E.P. 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 Alger (**Figure 1**).

La station d'épuration de Tipaza a été certifiée selon la norme internationale ISO 14001 version 2004 cette distinction demeure la première en son genre à l'échelle nationale et africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation du système d'assainissement. Elle a été mise en service en 2008 pour assurer l'épuration de la ville de Chenoua, Tipaza, Nador et Sidi Moussa avec une capacité de 11200 m³/j pour 70000 eq/hab. La collecte des eaux usées vers la S.T.E.P est assurée par un réseau principal qui développe une longueur de 11150 mètre dont 8000 gravitaires et sept

stations de relevage (station de relevage CRF, station de relevage SIDI MOUSSA et station de relevage de Port). Le système d'assainissement CHENOUA de l'unité de Tipaza a été transféré à SEAAL, le 02/01/2012 (ONA, 2012).



Figure 1. Station d'épuration de CHENOUA (Google Earth,2013)

I.3.1. Principe du fonctionnement de la station d'épuration de CHENOUA

Le système épuratoire des eaux résiduaires de la ville de Tipaza est constitué d'une station d'épuration à boues activées, à faible charge. Le processus de traitement est composé de deux phases de traitement de la filière « Eau » et un traitement de la filière « Boue »(Figure 2).

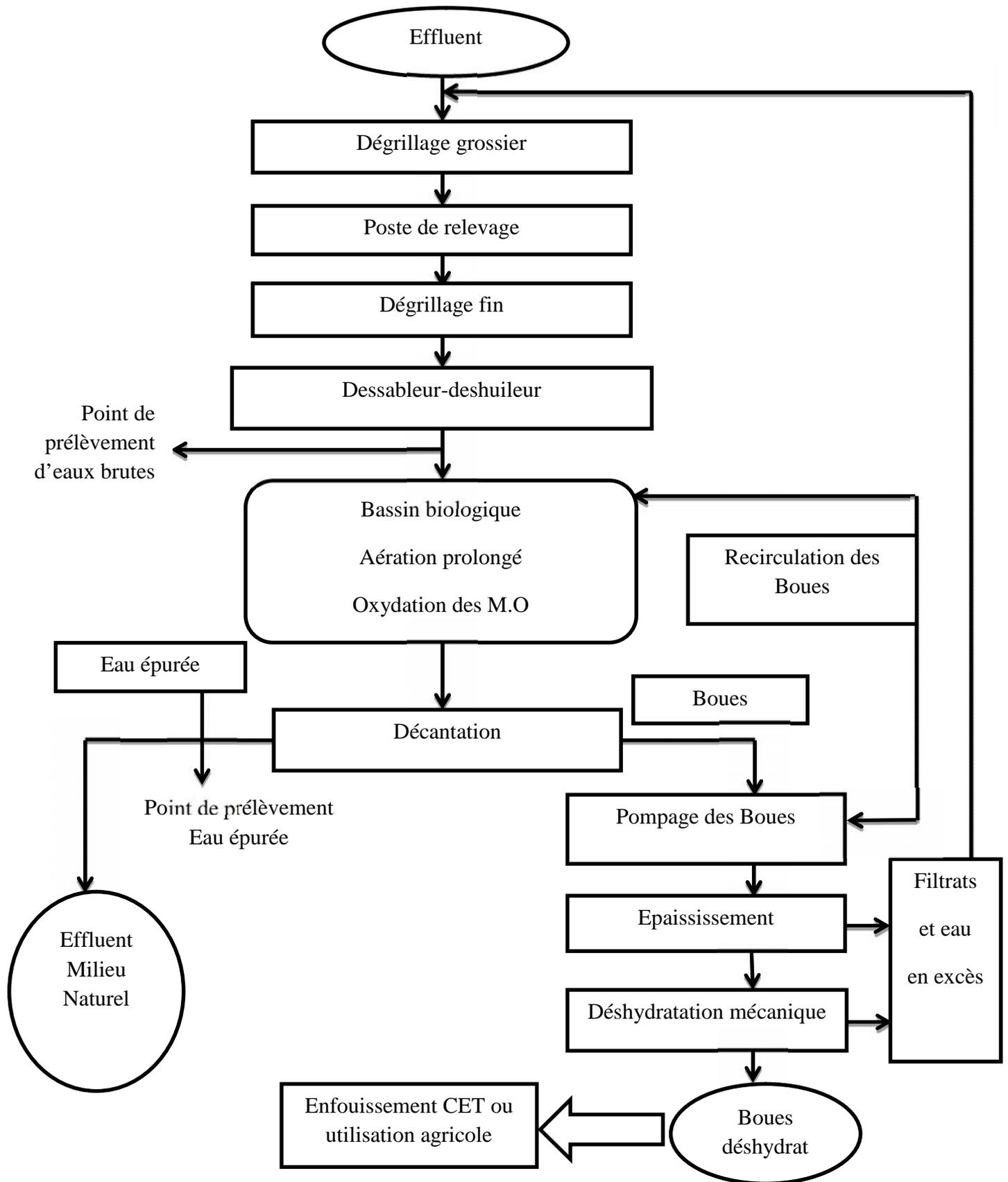


Figure 2. Schéma général de la STEP de CHENOUA (MEDJIAH, 2014)

I.3.1.1. Traitements des eaux

Selon le protocole de la station d'épuration CHENOUA, le traitement des eaux est constitué des phases suivantes :

A. Prétraitement**❖ Poste de relevage et dégrillage grossier**

Les eaux brutes à traiter arrivent en tête de station dans un poste de relevage constitué d'un puisard de 45 m³ avec :

- Un compartiment d'entrée équipé d'un piège à cailloux et grille grossière du type de barreaux plat et nettoyage manuel, d'une largeur de 150 cm, inclinés à 70° et une distance entre barreaux de 5cm.
- Un compartiment d'aspiration de 30 m³ équipé de 4 pompes : 3 de service et 1 de réserve.

• Dégrillage fin

En amont du dessaleur-déshuileur est installée une grille fine, à nettoyage mécanisé sur le canal d'amenée.

Parallèlement, un chenal by-pass est équipé d'une grille fine à nettoyage manuelle. Pour assurer la continuité du fonctionnement de la station en cas d'arrêt de la grille mécanique, deux vannes murales permettent d'isoler cette grille mécanique et l'eau sera dirigée vers le canal by-pass par surverse.

• Convoyeur à bande

Les refus ou rejets du dégrilleur sont convoyés par un transporteur à bande vers un conteneur de stockage de 8m³.

• Déshuileur/déssableur

Pour éviter la décantation des sables dans le bassin biologique, et pour éliminer les huiles et graisses contenues dans l'eau brute, un déssableur-déshuileur en béton armé est installé en aval du dégrilleur fin. Il est dimensionné pour un débit de 1167m³/h.

Un jeu de vannes murales permet d'isoler l'ouvrage pour la maintenance et diriger le flux vers le canal by-pass.

Le mélange sable-eau obtenu est déchargé dans un classificateur de sable drainé vers un conteneur de stockage.

B. Traitement biologique**• Bassin biologique**

Le traitement biologique est du type à boues activées à faible charge, fonctionnant en aération prolongée.

Le traitement biologique est effectué dans le compartiment aérobie à l'aide du processus aérobie par lequel les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent par les six aérateurs de surface.

Chaque bassin d'aération est équipé d'une sonde à oxygène et d'un déversoir à seuil variable.

La concentration en oxygène sera contrôlée par les déversoirs réglables à la sortie des bassins d'aération et par la mise en service d'un ou plusieurs aérateurs de surface.

1) Décanteurs secondaires

Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur tournant constitué d'une passerelle équipée de racleurs de fond et de racleurs de surface.

Les racleurs de fond ramènent les boues déposées au fond de l'ouvrage vers la poche centrale, ces dernières sont récupérées par gravité vers le poste de pompage des boues.

Les racleurs de surface récupèrent et dirigent les écumes flottantes vers la bêche de reprise.

2) pompes de recirculation des boues

Le poste de reprise des boues en aval des décanteurs dans la filière (boue) permet la recirculation des boues activées et le pompage des boues en excès vers l'épaississeur.

I.3.1.2. Traitement des boues**• Epaisseur de boues**

Les boues en excès seront épaissies par gravité dans cet ouvrage, un mécanisme de rotation lent augmente l'efficacité du processus d'épaississement et augmente le contenu des matières solides.

- **Déshydratation par filtres à bandes**

Les boues épaissies sont déshydratées par filtres à bandes pour garantir une opération continue, même pendant les périodes de maintenance, deux filtres complètement indépendants sont installés en parallèle.

Chaque filtre est équipé de sa propre pompe à polymères et de sa propre pompe d'alimentation en boues.

Un polymère est ajouté à la boue pour améliorer ses caractéristiques de déshydratation, il permet d'obtenir de plus hautes concentration en matière sèche.

Notre travail a été réalisé au niveau de la station d'épuration (S.T.E.P.) des eaux usées de CHENOUA (Tipaza) durant la période allant du mois de mars au mois de juin 2015.

L'objectif principal de cette étude est de suivre les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées en deux points de traitement : à l'entrée et à la sortie du S.T.E.P, afin de prévoir s'il y a une possibilité de réutiliser les eaux usées après traitement en agriculture.

II.2. Matériels

II.2.1. Matériels biologiques

⇒ Eaux usées brutes (E.B) : Six prélèvements durant le mois de mars jusqu'au mois de juin 2015.

⇒ Eaux usées traitées (E.T) : Six prélèvements durant le mois de mars jusqu'au mois de juin 2015.

II.2.2. Matériels non biologique

Pour effectuer les analyses physico-chimiques et bactériologiques, nous avons utilisé un matériel non biologique représenté par : les appareillages, les verreries et les réactifs (Voir annexe 01).

II.3. Prélèvements et transport des échantillons

II.3.1. Points de prélèvements

Pour étudier les caractéristiques des eaux usées épurées de la S.T.E.P de CHENOUA, deux points de prélèvement ont été choisis par la station :

- ✓ premier point : prélèvement d'eau brute (EB) à l'entrée de la S.T.E.P, après le dégrilleur fin ;
- ✓ deuxième point : prélèvement d'eau épurée ou traitée (ET) à la sortie de la S.T.E.P, après la décantation secondaire.

Le prélèvement d'eau usée a été effectué à partir de :

- **Préleveurs automatiques**

En cas de présence de préleveurs non asservi au débit le réglage se fait par rapport au temps avec la reconstitution du prélèvement proportionnel au débit (**Figure3**).

Le temps de remplissage de chaque flacon est de 24h divisé par le nombre de flacons du préleveur (12 flacons). Chaque 12min on prélèvera 100ml pendant 2h.



Figure 3. Préleveur automatique des eaux brutes et eaux traitées

II.4. Méthodes d'analyses

II.4.1. Analyses physicochimiques

Les analyses des différents paramètres de pollution au niveau de la STEP de CHENOUA sont menées comme suite (**Tableau V**) :

Tableau V. Fréquences des analyses effectuées au niveau de la station de Tipaza

Analyses journalières	Analyses hebdomadaires
Température	DCO
pH	DBO ₅
Conductivité électrique	Nitrites (NO ₂ ⁻)
MES.MVS	Nitrates (NO ₃ ⁻)
	Ammoniac (NH ₄ ⁺)
	Azote totale (N _T)
	Orthophosphate (PO ₄ ⁻³)
	Phosphore totale (P _T)

II.4.1.1. Détermination électrique du pH avec électrode combinée à une sonde de température

- ✓ Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincée avec de l'eau distillée, dans un bécher contenant l'échantillon à analyser.
- ✓ Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- ✓ Appuyer sur la touche (Read/Entrer), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.
- ✓ La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température.
- ✓ A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

II.4.1.2. Dosage des Matières en suspension (MES) par filtration

- ✓ Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à température ambiante.
- ✓ Peser le filtre à 0,100mg.
- ✓ Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de la filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.
- ✓ Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement et d'un seul trait 200ml dans une fiole jaugée.

- ✓ Les résultats doit, pour être correct, être obtenu à partir d'un résidu sec (après filtration) d'au moins 2mg.
- ✓ Verser les 200ml d'échantillon dans l'entonnoir, puis rincer la fiole jaugée avec un peu d'eau distillée, et verser également dans l'entonnoir.
- ✓ Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. Une fois l'échantillon filtré, rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- ✓ Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec.
- ✓ Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates. Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à (105 ± 2) °C pendant au moins 2h.
- ✓ Retirer le tout de l'étuve, passer au dessiccateur environ 30min puis peser (Masse M_1).

- **Calcule de la teneur en matières en suspension**

Calculer de la teneur en matières en suspension (p) d'après l'expression :

$$p = (M_1 - M_0) \times 1000/V$$

- p : teneur en matières en suspension, en milligrammes par litre ;
- V : volume, en milligrammes, de la prise d'essai ;
- M_0 : masse, en milligrammes, de la capsule vide ;
- M_1 : masse, en milligrammes, du creuset et de son contenu après séchage à 105°C et dessiccation.

II.4.1.3.Détermination de la conductivité électrique

- ✓ Prendre l'échantillon conservé dans de bonnes conditions (température ambiante, hygiène).
- ✓ Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode dans la conductivité.
- ✓ Mettre l'électrode dans le bécher, puis appuyer sur la touche READ, la valeur de conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro

siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou bien milli siemens par centimètre (mS/cm).

II.4.1.4. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5) par méthode BODTrak II

- ✓ Chauffez ou refroidir l'échantillon à 19 à 21°C.
- ✓ Homogénéisez l'échantillon dans un mixeur s'il contient de gros solide en suspension.
- ✓ Choisissez la taille de l'échantillon correcte pour la plage d'échantillon (**Tableau VI**). Le mesurer dans une éprouvette graduée.
- ✓ Versez le contenu d'un sachet de substance nutritive dans l'éprouvette.
- ✓ Transférer l'échantillon préparé de l'éprouvette dans une bouteille BODTrak II.
- ✓ Mettez un agitateur BODTrak II dans la bouteille, la fermez avec un couvercle hermétique.
- ✓ Mettez deux pastilles d'hydroxyde de potassium dans le couvercle hermétique ; mettez les bouteilles sur le châssis du BODTrak II.
- ✓ Connectez le tube avec la bouteille échantillon correspondante et serrez le couvercle hermétique. Mettez l'instrument dans l'incubateur devra être de $20 \pm 1^\circ\text{C}$.
- ✓ Appuyer sur le numéro du canal correspondant à la bouteille. Appuyer sur la touche ON, le menu de sélection de la page apparaît.
- ✓ Utilisez les touches fléchées pour choisir la plage du test. Appuyer et continuez à appuyer sur ON pour démarrer le test, un graphique s'affichera. Pour la sélection de la gamme, on divise la valeur de la DCO (mesure au préalable) par le facteur de biodégradabilité de l'échantillon pour « estimer » la valeur de DBO_5 .

Tableau VI. Sélection du volume des échantillons

Plage de la DBO (mg/l)	Volume de l'échantillon (ml)
0 à 35	420
0 à 70	355
0 à 350	160
0 à 700	95

Au-delà de 700mg/l, procéder pour dilution.

II.4.1.5. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) par méthode Kit Hach LCK 114/314

Ce mode opératoire décrit la méthode de mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) pour deux gammes : 150 à 1000 mg O₂/l (haute gamme : LCK 114) et 15 à 150 mg O₂/l (basse gamme : LCK 314) :

- ✓ Prendre une cuve de la gamme indiquée 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 2ml de l'échantillon dans la cuve.
- ✓ Bien agiter Cuve à code barre.
- ✓ Chauffer le tube pendant 2h à 148°C : Le chauffage de la cuve à 148°C pendant 2heures dans le thermostat LT200 est une étape essentielle, afin de permettre aux substances oxydables de réagir avec le bicarbonate de potassium sulfurique en présence de catalyseur le sulfate d'argent.
- ✓ Secouer énergiquement, laisser refroidir la cuve pendant un petit moment.
- ✓ Nettoyer la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié du DR2800/DR3800.
- ✓ La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mg O₂/l.

II.4.1.6. Dosage de l'azote ammoniacal par méthode Kit Hach LCK 302/LCK303/LCK305

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration de l'Azote Ammoniacale allant de 1-12mg/l ,2-47mg/l et 47-130mg/l N-NH₄ :

- ✓ Enlevez délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip.
- ✓ Dévissez le Dosi Cap Zip.
- ✓ Pipeter 0,2ml de l'échantillon dans la cuve à code barre pour LCK302/ LCK303 et 0,5ml de l'échantillon pour LCK305.
- ✓ Vissez immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut et secouer énergiquement.
- ✓ Attendre 15 min ; bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre. Le DR2800 affiche des résultats en mg/l de N-NH₄.

II.4.1.7. Dosage des nitrates par méthode Kit Hach LCK

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration des nitrates allant de 1-60mg/l ou 0,23-13,5mg/l N-NO₃

- ✓ Pipeter 1 ml d'échantillon dans la cuve à code barre.
- ✓ Ajouter 0,2 ml de la solution A (LCK 339).
- ✓ Fermer la cuve et mélanger le contenu en retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- ✓ Laisser reposer la cuve pendant 15min.
- ✓ Insérer la cuve dans le DR2800 après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code barre. Le spectrophotomètre (DR2800) indique des résultats en mg/l de N-NO₃.

II.4.1.8. Dosage des bicarbonates

- ✓ Prendre 100ml de l'échantillon à analyser et mesurer le pH.
- ✓ Si le pH est supérieur à 8,3 versé lentement de l'acide chlorhydrique 0,01N pour obtenir 8,3. Noter le volume V₁ (ml) d'acide lu au dosimat. Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0,01N jusqu'à obtenir un pH 4,5. Noter le volume V₂ (ml) d'acide versé pour amener le pH à 4,5.

- ✓ Si le pH est inférieur à 8,3 versé lentement de l'acide chlorhydrique 0,01 N pour obtenir 4,5. Noter le volume V_2 (ml) d'acide lu au dosimat.

- **Expression des résultats**

La concentration totale en ions bicarbonates (HCO_3^-), exprimée au mg/l, est donnée par la formule :

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{(V_2 \times N \times 1000)}{V} \times M_2$$

Avec :

M_2 : la masse molaire de bicarbonates 61g.

V : le volume en millilitres de la prise d'essai 100ml.

V_2 : le volume total d'acide chlorhydrique en millilitres lu au dosimat.

N : la normalité de la solution acide.

II.4.1.9. Dosage des chlorures titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)

- ✓ Introduire, au moyen d'une fiole, 100ml de l'échantillon (volume V_a), dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- ✓ Ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre. Noter le volume V_s nitrate d'argent versé.

- **Expression des résultats**

La concentration en chlorure C_{Cl^-} , exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$C_{\text{Cl}^-} = \frac{(V_s - V_B)C \times f \times F_C}{V_a}$$

V_s : le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage de l'échantillon.

V_B : le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage du blanc.

V_a : le volume en millilitres de l'échantillon pour essai.

C : la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur.

f : 35453 (masse molaire du $Cl \times 1000$, exprimé en mg/mol).

F_C : facteur de correction de la solution d' $AgNO_3$.

II.4.2. Analyses Bactériologiques

II.4.2.1. Recherche et dénombrement des Bactéries coliformes et d'*Escherichiacoli* Méthode par filtration sur membrane

- ✓ Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet aspirer la flamme).
- ✓ Laisser refroidir.
- ✓ Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- ✓ La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- ✓ Agiter soigneusement la quantité d'eau désirée (100 ml).
- ✓ Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- ✓ Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- ✓ Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitole et au T.T.C.) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- ✓ Incubation à $36 \pm 2^\circ C$ pendant $22h \pm 2h$, le couvercle vers le bas.

A. Dénombrement et confirmation

- ✓ Après la période d'incubation, on dénombre (nombre c) les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées a contours réguliers et pigmentées en jaune que soit leur diamètre.
- ✓ Repiquer 5 à 10 colonies (nombre A) bien déterminées respectivement sur :
 - Le milieu T.S.A. :

Déposer la colonie en stries sur toute la surface du milieu. Incubation à $36 \pm 2^\circ C$ pendant $22 \pm 2h$.

- Un bouillon au tryptophane :

Incuber à $44 \pm 0.5^\circ C$ pendant $22 \pm 2h$.

- ✓ Après la période d'incubation effectuer le double test de confirmation suivant :
 - Sur le milieu T.S.A., un des deux essais à l'oxydase suivants :
 - Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.
 - Essai avec réactif : verser sur un papier filtre 2 à 3 gouttes de réactif à l'oxydase puis étaler dessus à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

Dans les deux cas, considérer la réaction positive s'il y a apparition d'une couleur violette dans les 30 secondes qui suivent.

- Sur le bouillon au tryptophane, une recherche d'indole comme suit :
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
 - L'apparition d'une coloration rouge brique à la surface du bouillon confirme la présence d'indole.
- ✓ Interprétation du test de confirmation :

Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.

Toutes les colonies ayant une réaction négative à oxydase, mais positive à l'indole, sont des *Escherichia coli*

- **Expression des résultats**

Calcul de la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes :

Le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} \times c$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre total de colonies repiquées (cinq à dix colonies).

c : nombre total de colonies caractéristiques (jaunes) trouvées dans la boîte.

II.4.2.2. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux Méthode par filtration sur membrane

- ✓ Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen.
- ✓ Prendre le filtre stérile à l'aide d'une pince stérilisé à l'alcool (flambée).
- ✓ Placer le filtre au centre de la membrane poreuse de la rampe.
- ✓ Fermer l'entonnoir et verser l'échantillon à analyser (100ml).
- ✓ Attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré pour retirer le filtre.
- ✓ Placer le filtre dans la boîte de Pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley avec T.T.C.
- ✓ S'assurer que le filtre adhère bien sur la surface de la gélose (absence de bulles d'air).
- ✓ Mettre la boîte de Pétri dans l'incubateur à $44 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant $44 \pm 4\text{h}$.

A. Dénombrement et confirmation

- ✓ Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.
- ✓ Si des colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable 44°C .
- ✓ Faire incuber a $44 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 2h. retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

• Expression des résultats

La mesure est à exprimer en UFC pour 100 ml d'eau.

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1. Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique (DEVILLERS *et al.*,2005). La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduares chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes (DEVILLERS *et al.*,2005).

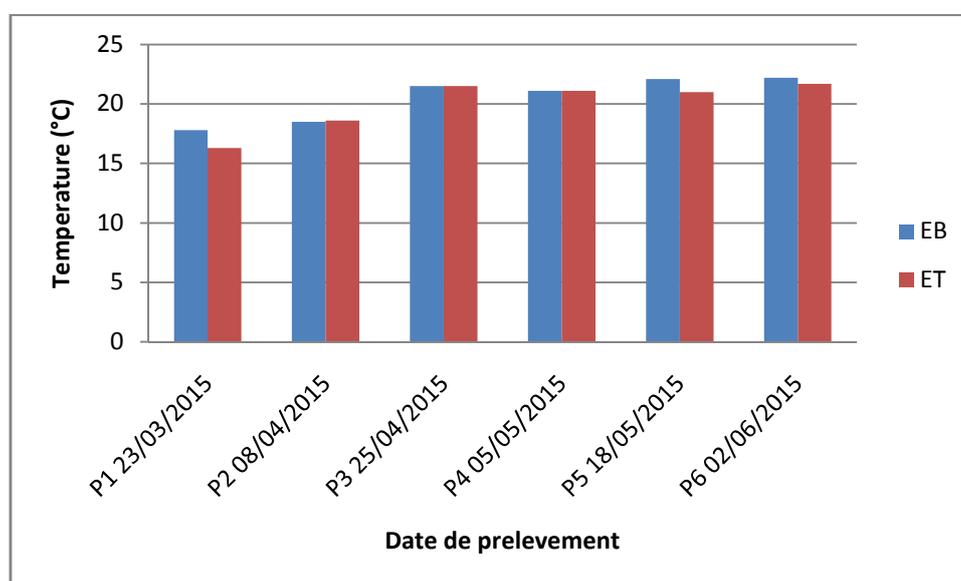


Figure 4. Variation de la température de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons que les valeurs de la température des eaux usées brutes (EB) et traitées (ET) ne dépassent pas les normes de rejets : <30°C recommandées par le J.O.R.A (2006). Les valeurs de la température sont parfois identiques cela est peut-être dû au fait que les mesures n'ont pas été prises in situ, à cause de l'absence des moyens techniques.

III.1.2. Potentiel d'hydrogène

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C (DEVILLERS *et al.*,2005). Le pH de l'eau usée affecte la solubilité des métaux ainsi

que l'alcalinité des sols. La gamme normale dans l'eau usée municipale est pH = 6,5 à 8,5, mais les eaux usées industrielles peuvent modifier le pH de manière significative (FAO, 2003).

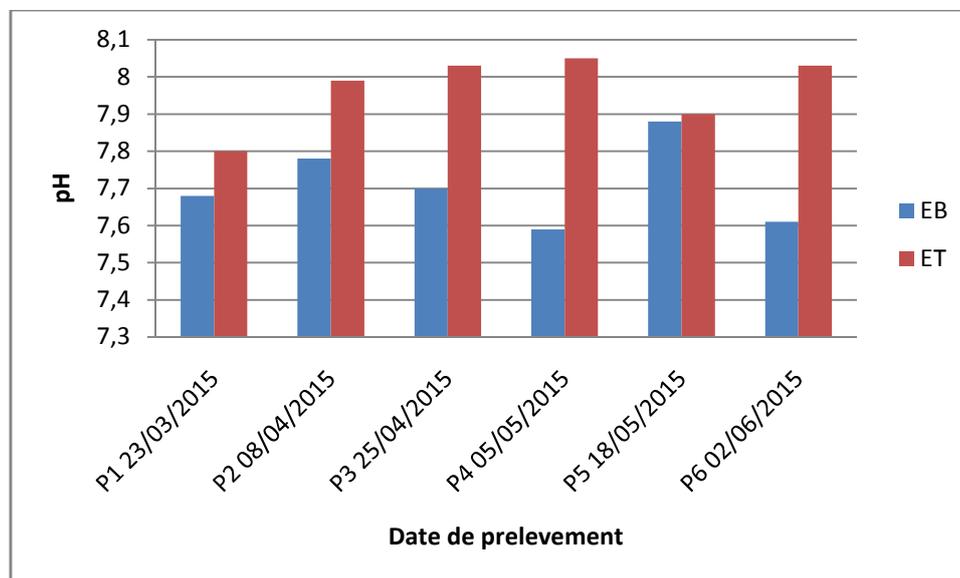


Figure 5. Variation du pH de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons que les valeurs du pH de l'EB varient entre une valeur minimale de 7,59 et une valeur maximale de 7,88 et celui de l'eau traitée entre une teneur minimale de 7,8 et une teneur maximale de 8,05. Ces résultats ne dépassent pas les normes de rejets : 6,5 pH 8,5 recommandées par le J.O.R.A (2012). Donc nous constatons que les valeurs du pH des eaux usées et traitées ne présentent aucun risque pour la réutilisation en irrigation (J.O.R.A, 2012).

III.1.3. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont les particules minérales ou organiques présentes dans les eaux usées. Elles comprennent les matières décantables et les colloïdes, mais pas les matières dissoutes. Le seuil de coupure de l'analyse correspond à des particules dont la taille est supérieure à 0,45 μm (CAUCHI et al., 2011). La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales (RODIER et al., 2009). Une partie de MES sont des matières organiques biodégradables, qui sont analysées dans les mesures de DCO et DBO₅ (CAUCHI et al., 2011).

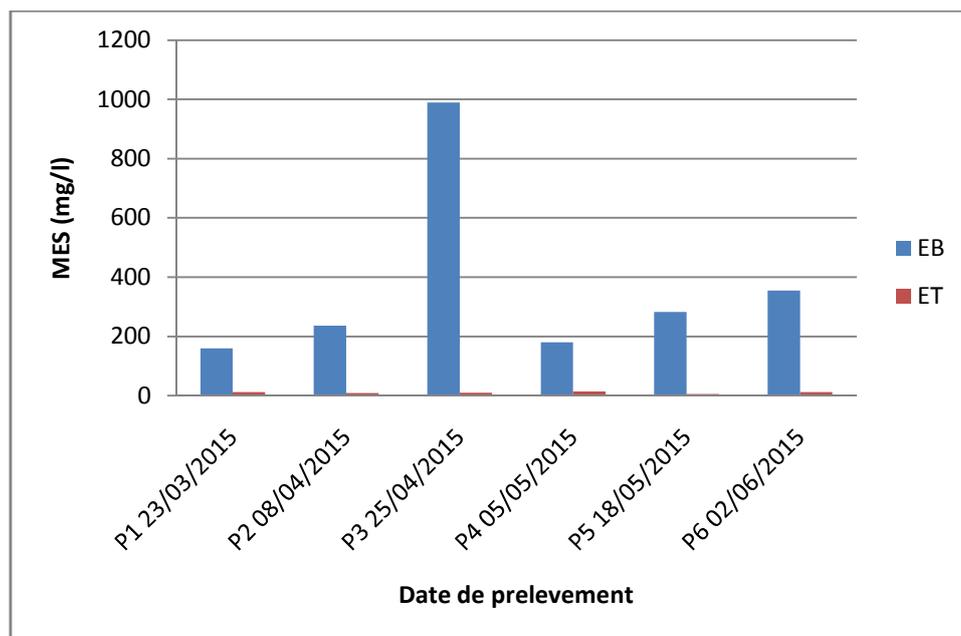


Figure 6. Variation des matières en suspension de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons que durant la période de prélèvements la station a reçu des effluents à des charges polluantes très importantes avec une valeur maximale de 990 mg/l à l'entrée de la STEP. Après traitement (ET), les résultats obtenus montrent que les teneurs sont très réduites avec une valeur minimale de 5,5 mg/l. Ces valeurs ne dépassent pas les normes de rejets de 30mg/l recommandées par le **J.O.R.A (2012)**. Nous constatons donc, que le rendement d'élimination des MES est très efficace, il est de plus de 92%, ce résultat est probablement due au bon fonctionnement du prétraitement ainsi qu'à leurs élimination par voix biologique. Selon le **J.O.R.A (2012)**, les résultats des MES après traitement ne présentent aucun risque pour la réutilisation des eaux épurées en irrigation.

III.1.4. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs (**DEVILLERS et al., 2005**).

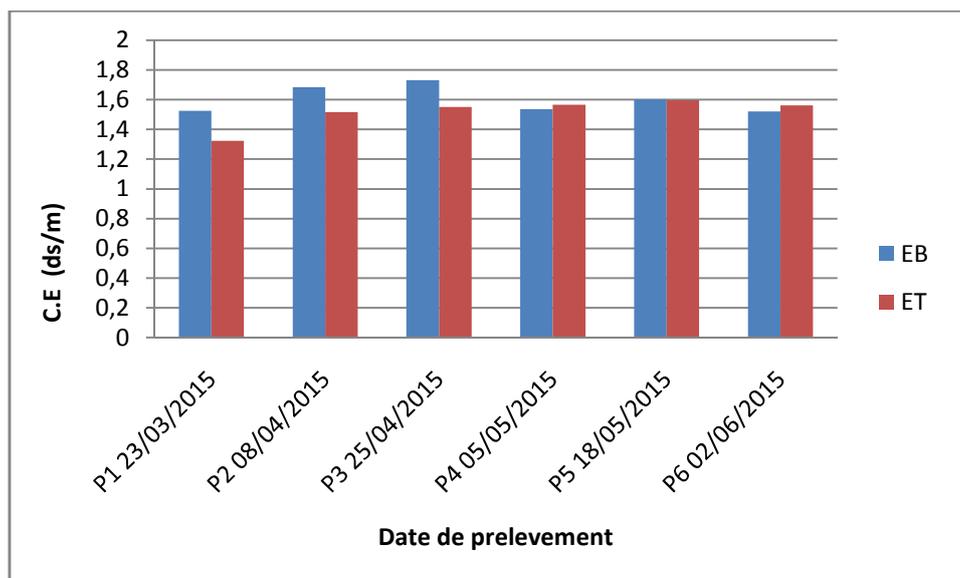


Figure 7. Variation de la conductivité électrique de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence entre les valeurs de la conductivité électrique des EB et celle des ET. Ce résultat peut être expliqué par le fait que le traitement nécessite le rajout des coagulants qui sont des produits chimiques. Les valeurs des ET ne dépassent pas les normes de rejets de 3ds/m recommandées par le **J.O.R.A.,(2012)**.

Selon le **FAO (1985)**, l'irrigation se fait après la comparaison entre la conductivité électrique et les tolérances des cultures au sel ayant la capacité d'absorber des quantités élevées de sels (**Tableau 1, Annexe 02**).

III.1.5. Pollution organique

III.1.5.1. Détermination du rapport de la biodégradabilité

Le rapport DCO/DBO_5 donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; on convient généralement des limites suivantes :

- $DCO/DBO_5 < 2$: l'effluent est facilement biodégradable ;
- $2 < DCO/DBO_5 < 3$: l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées ;
- $DCO/DBO_5 > 3$: l'effluent n'est pas biodégradable.

Selon **Rodier et al. (2009)** le rapport DCO/DBO₅ des eaux usées domestiques généralement compris entre 1,5 et 2,5 comme c'est le cas de la STEP de Tipaza.

Tableau VII. Variation du rapport de la biodégradabilité DCO/DBO₅ de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

	DCO (EB)	DBO ₅ (EB)	DCO/DBO ₅	Biodégradabilité
P1 23/03/2015	233	157	1,48	facilement biodégradable
P2 08/04/2015	340	188	1,80	facilement biodégradable
P3 25/04/2015	1020	230	4,43	n'est pas biodégradable
P4 05/05/2015	356	177	2,01	biodégradable
P5 18/05/2015	519	283	1,83	facilement biodégradable
P6 02/06/2015	484	235	2,05	biodégradable

D'après les résultats obtenus du rapport de la biodégradabilité DCO/DBO₅, Nous remarquons que la plupart des valeurs sont inférieures à 2,5 ce qui traduit que les effluents qui arrivent à la STEP sont biodégradable sauf celle du mois d'avril qui est très élevée (4,43), cela est peut-être due à une pollution accidentelle ou à une erreur de mesure.

III.1.5.2. Evolution de la Demande biochimique en oxygène DBO₅

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, etc.). En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. Plus la DBO₅ est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée (**DEVILLERS et al., 2005**).

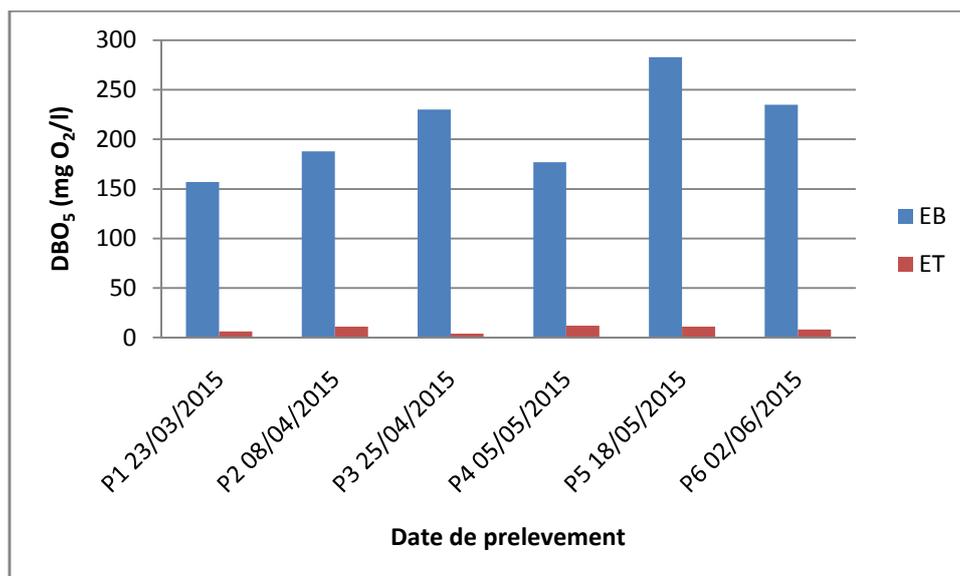


Figure 8. Variation de la DBO₅ de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons que les valeurs de la DBO₅ varient entre 157 et 283 mg O₂/l pour les EB et entre 4 et 12 mg O₂/l pour les ET. La moyenne de rendement d'élimination dépasse les 95%. Cette dernière montre qu'il y a une chute des valeurs de la DBO₅ des eaux épurées quel que soit la pollution des EB. Ces résultats ne dépassent pas les normes de rejets de 30 mg O₂/l recommandées par le **J.O.R.A. (2012)**. Ceci traduit le bon fonctionnement du bassin d'aération et donc l'oxydation des matières organiques par les boues épuratrices.

III.1.5.3. Evolution de la demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine organique ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfures et chlorures). Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement (**RODIER et al. 2009**).

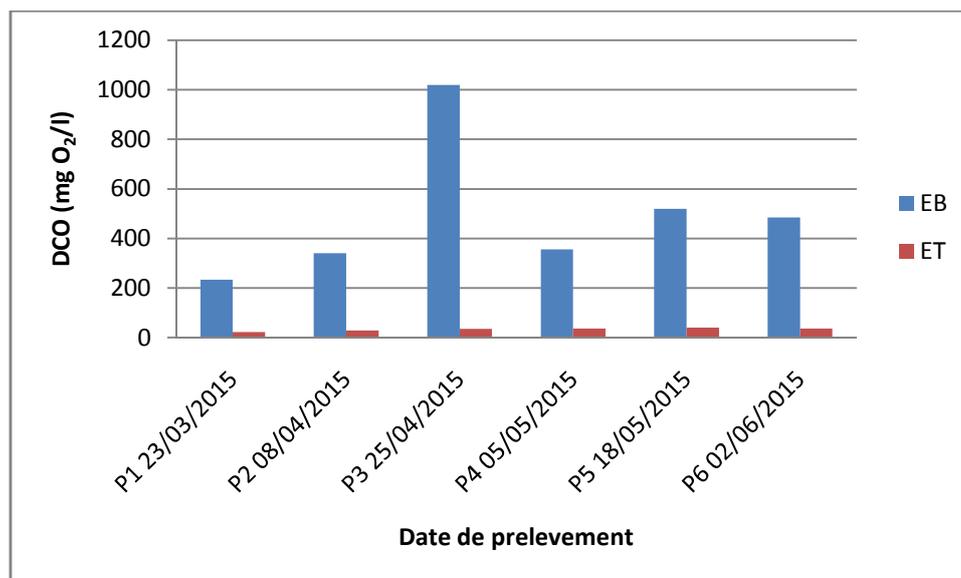


Figure 9. Variation de la DCO de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

D'après les résultats, mes valeurs de la DCO des EB varient entre 233 et 1020 mgO₂/l alors que les valeurs des ET varient entre 21,7 et 40 mgO₂/l. Nous remarquons que les valeurs de la DCO des EB sont élevées et peuvent atteindre jusqu'à 1020 mgO₂/l, par contre on note une réduction significative des valeurs de la DCO des ET. La moyenne de rendement d'élimination est de 92%. Les résultats obtenus pour ET ne dépassent pas les normes de rejets de 90 mgO₂/l recommandées par le **J.O.R.A.,(2012)**, donc ces ET ne posent pas des risques pour la réutilisation en irrigation(**J.O.R.A.,2012**).

III.1.6. Azote

L'azote est un nutriment essentiel à l'activité biologique dans l'eau. Cependant, au-dessus d'une certaine concentration, sa présence peut entraîner des problèmes sérieux de pollution (**AUBRY,2003**). L'azote est présent dans les eaux usées sous les différentes formes chimiques suivantes : ion ammonium N-NH₄⁺, ion nitrite N-NO₂⁻ et ion nitrate N-NO₃⁻ (**METAHRI,2012**). L'azote ammoniacal et l'ion nitrite sont des paramètres à considérer pour évaluer la pollution organique d'une eau, alors que l'ion nitrate provient essentiellement du lessivage des sols et de l'infiltration pour les eaux profondes (**RODIER et al.,2009**).

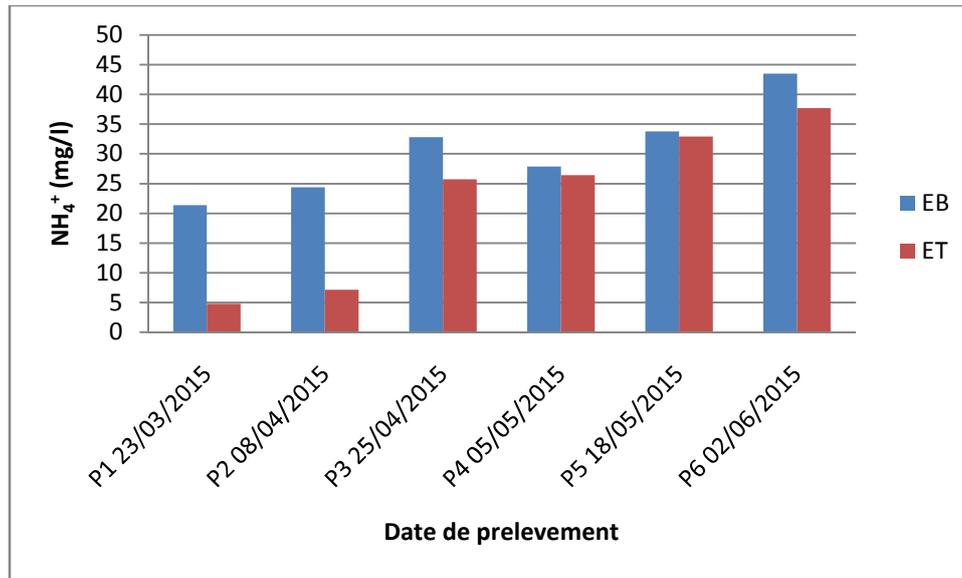
III.1.6.1. Azote ammoniacal N-NH_4^+ (ou ammonium)

Figure 10. Variation de l'azote ammoniacal de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

D'après les résultats obtenus, les concentrations des ions NH_4^+ des EB varient entre 21,4 et 43,5 mg/l. Après le traitement biologique, nous remarquons qu'il y a une faible réduction des ions d'azote ammoniacal à des valeurs comprises entre 4,77 et 37,7 mg/l. Ces valeurs peuvent être expliquées par une mauvaise nitrification causée peut être par une mauvaise aération dans le bassin. Selon **MELQUIOT (2003)**, la nitrification est un traitement physicochimique permettant l'élimination de l'azote présent dans l'eau résiduaire, l'ammoniaque (NH_4^+) s'oxyde en se transformant en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-). Nous constatons que les valeurs du NH_4^+ dépassent les normes de rejets de 2mg/l recommandées par l'**OMS(1989)** et le **FAO(2003)**.

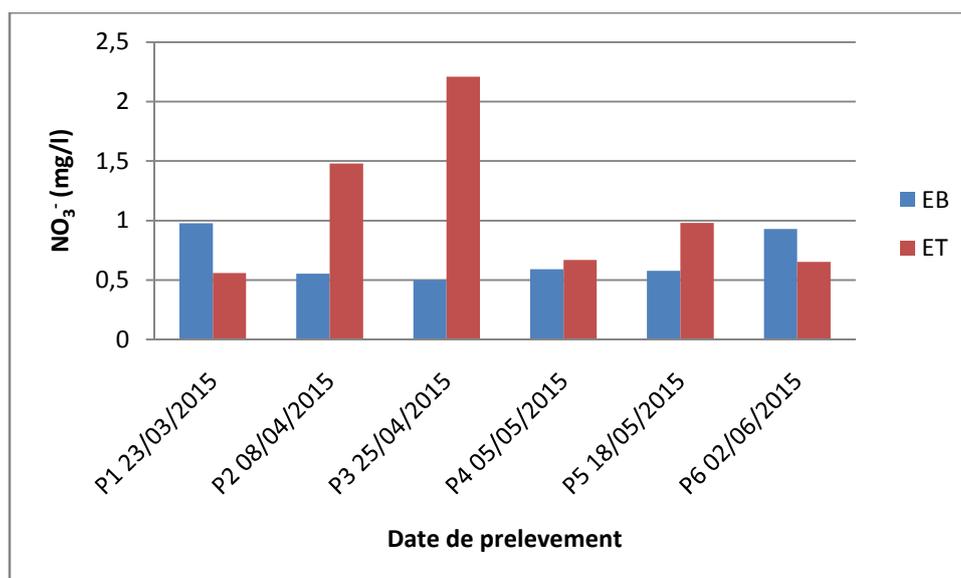
III.1.6.2. Nitrates N-NO₃⁻

Figure 11. Variation de nitrate de l'eau usée et eau traitée de la STEP de CHENOUA

Les valeurs de nitrates (NO₃⁻) enregistrées pendant les six prélèvements sont comprises entre 0,499 et 0,977 mg/l pour les EB alors que les valeurs des ET varient entre 0,559 et 2,21 mg/l. Nous constatons que la plupart des concentrations des nitrates après traitement biologique sont supérieures à celles des EB, ce qui est tout à fait normal à cause de la nitrification de l'azote ammoniacal. Les résultats obtenus (ET) ne dépassent pas les normes des rejets de 30mg/l recommandées par le **J.O.R.A (2012)**. Donc les eaux épurées peuvent être réutilisées en irrigation(**J.O.R.A,2012**).

III.1.7. Sels minéraux des eaux usées traitées

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca²⁺), de magnésium (Mg²⁺), de sodium (Na⁺), les chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄²⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires (**COUTURE,2003**).

III.1.7.1. Bicarbonate HCO_3^-

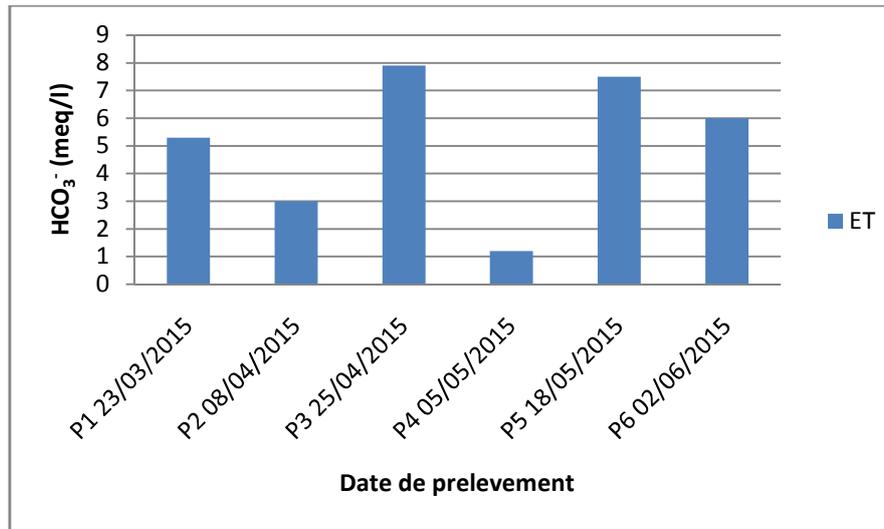


Figure 12. Variation du bicarbonate de l'eau traitée de la STEP de CHENOUA

Les teneurs des bicarbonates (HCO_3^-) dans les ET de la STEP varient entre 1,2 et 7,9 meq/l. ces valeurs sont inférieures aux normes de rejets de 8.5meq/l recommandées par le **J.O.R.A. (2012)** et ne posent pas des risques pour la réutilisation en irrigation(**J.O.R.A,2012**).

III.1.7.2. Chlorure Cl^-

De grande quantité de sodium combiné avec du chlorure donne à l'eau un goût salé. Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation (**COUTURE,2003**).

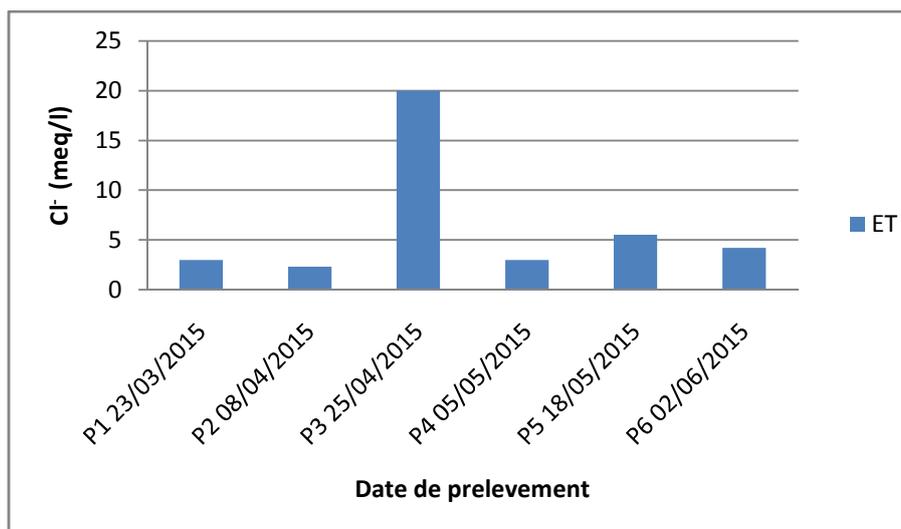


Figure 13. Variation du chlorure de l'eau traitée de la STEP de CHENOUA

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de Chlorure (Cl⁻) des ET sont comprises entre 2,3 et 20 meq/l. La majorité des résultats enregistrés sont inférieurs aux normes de rejets et de réutilisation après traitement (10 meq/l) recommandées par le J.O.R.A (2012) sauf pour le prélèvement du mois d'avril qui dépassent les normes, ce résultat peut être dû à une pollution accidentelle.

III.2. Résultats des analyses bactériologiques

III.2.1. Coliformes fécaux

Le groupe de bactéries *Escherichia coli* (coliformes thermotolérants) est utilisé dans la plupart des directives concernant l'eau, ces bactéries étant les indicateurs liés à la contamination fécale les plus couramment surveillés (OMS, 2012).

Les entérocoques intestinaux présents dans l'intestin de l'homme et autres animaux homéothermes. Ils sont utilisés comme indicateur d'une pollution fécale de l'eau (PRESCOTT *et al.*, 2003).

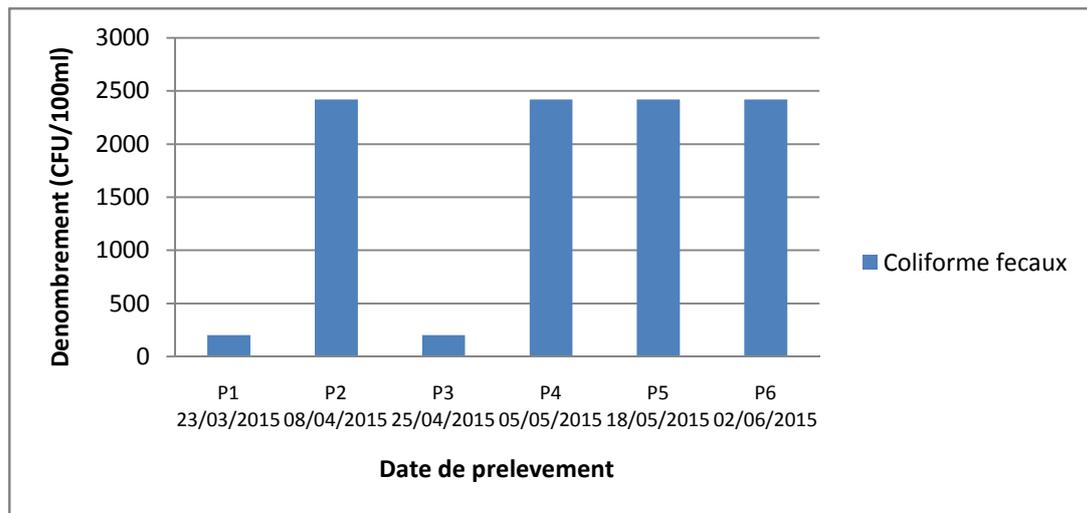


Figure 14. Représentation de la variation des coliformes fécaux des eaux traitées de la STEP de CHENOVA

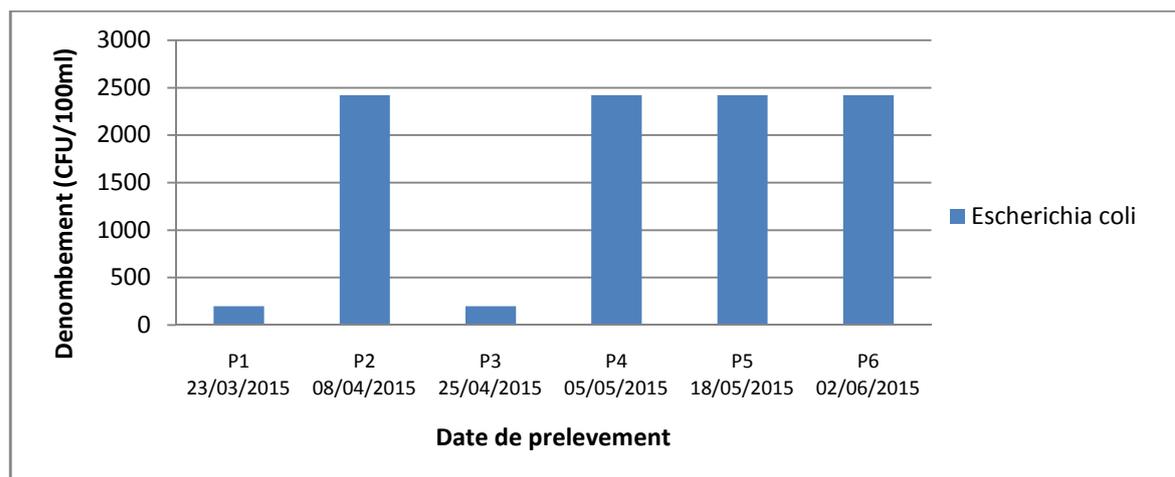


Figure15. Représentation de la variation des *Escherichiacolides* eaux traitées de la STEP de CHENOUA

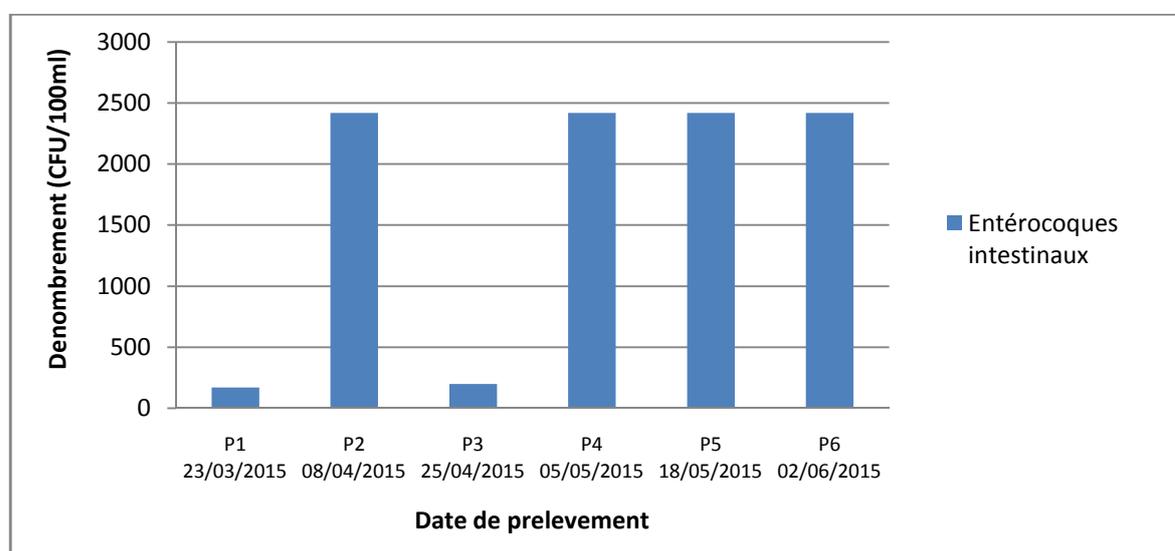


Figure16. Représentation de la variation des Entérocoques intestinaux des eaux traitées de la STEP de CHENOUA

Nous remarquons la présence d'une charge bactérienne importante dans l'eau usée traitée de la STEP de CHENOUA. Cette charge varie entre une valeur minimale de 170CFU/100ml et une teneur maximale de 2420 CFU/100ml. Le nombre des germes fécaux est largement supérieur aux normes de <1000CFU/100ml recommandées par l'**OMS (1989)**, et le **J.O.R.A (2012)**. Nous constatons donc, que les eaux usées épurées de la STEP sont de mauvaise qualité bactériologique et ne peuvent pas être réutilisé en irrigation (**J.O.R.A, 2012**). D'après le **FAO (2003)**, l'eau usée qui répond aux directives de qualité de l'OMS pour un usage sans restriction (<1000 coliformes fécaux par 100 ml et < 1 œuf de nématode par litre) peut être

employée pour irriguer toutes les cultures, sans autres mesures sanitaires de protection supplémentaires. Si les directives de qualité de l'OMS ne sont pas entièrement satisfaites, il est encore possible d'irriguer certaines cultures sans risques pour le consommateur.

Conclusion

Au cours de notre étude plusieurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques ont été analysés. Cependant, notre bilan peut être une réponse à deux types de situation critiques : l'efficacité du traitement d'épuration des eaux usées de la STEP de CHENOUA et la conformité des eaux traitées aux normes de réutilisation en irrigation.

Les résultats obtenus montrent que la majorité des paramètres physico-chimiques ne dépassent pas le seuil autorisé, à exception les valeurs de l'azote ammoniacal qui sont nettement supérieures à la norme et contribue dans la pollution organique des eaux traitées. La nitrification dans le bassin biologique en présence d'oxygène est le traitement le plus efficace pour la transformation et l'élimination de l'azote ammoniacal.

Autre part, les résultats bactériologiques ont montré la présence de germes pathogènes pouvant causer des risques pour les cultures ainsi que pour l'homme. La réduction des agents pathogènes peut être réalisée par un traitement des eaux usées le plus souvent la désinfection par chloration.

Le travail et la recherche effectués pourra être une solution pour exploiter les eaux traitées en irrigation et pour accroître et protéger la rareté des ressources des eaux naturelles.

Pour conclure, la réutilisation des eaux traitées de la station d'épuration CHENOUA ne peuvent pas être utilisés. À exception après une étude de sol et de des cultures irrigués.

Annexes

Annexe 01 : Matériels

II.2.2.1. Appareillages

- Préleveur automatique ;
- pH mètre ;
- Conductimètre ;
- Etuve ;
- Balance analytique ;
- Thermostat ;
- Spectrophotomètre ;
- Incubateur ;
- DBO mètre ;
- Rampe de filtration ;
- Compteur des colonies ;
- Bain marie ;
- pompe sous vide,
- Bec Bunsen ;

II.2.2.2. Verreries

- Equipement de filtration sous vide : entonnoir, papier filtre humide, fiole à vide.
- Bécher en verre ;
- Boîtes de pétri ;
- Pipettes stériles
- Barreau magnétique ;
- Eprouvette graduée ;
- Fiole ;
- Entonnoir ;
- Support de séchage ;
- Creuset ;
- Dessiccateur ;

Annexes

- Pinces ;
- Bouteilles BODTrak II ;
- Agitateur BODTrak II ;
- Dosimat (burette automatique) ;

II.2.2.3. Réactifs

- LCK114/ 314 ;
- LCK302/303/305 ;
- LCK 339 ;
- Acide chlorhydrique ;
- Indicateurs : Chromate de potassium, Murexide, Eriochrome.
- Solutions : Nitrate d'argent, Hydroxyde, E.D.T.A, NaCl.

Annexes

Appareillages



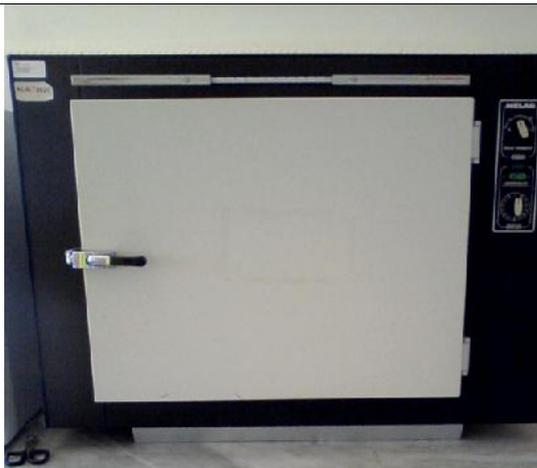
Préleveur automatique



pH mètre



Incubateur et DBO mètre



Etuve



Balance analytique

Annexes



Spectrophotomètre



Rampe de filtration



Mélangeurs



Conductimètre



Thermostat

Annexes

Verreries



Equipement de filtration sous vide



Bécher en verre

Dessiccateur



Creuset

Réactifs



LCK 339 (Nitrate)



LCK 303/305 (azote ammoniacal)

Annexes

Annexe 02 : Tableaux

Tableau 1. Tolérance à la salinité de quelques plantes cultivées

Conductivité électrique de l'eau d'irrigation (dS/m)					
<2	2-3	3-4	4-5	5-7	>7
Citrus	Figues	Sorgho	Soja	Carthame	Coton
Pommes	Olives	Arachide	Palmier dattier	Blé	Orge
Pêche	Brocoli	Riz	Phalaris aquatique	Betterave sucrière	Agropyre
Raisins	Tomates	Betteraves	Trèfle	Rye Grass	
Fraise	Concombre	Fétuque	Artichauts	Orge des rats	
Pommes de terre	Cantaloup			Chiendent pied de poule	
Poivrons	Pastèques			Sudax (sorgho hybride)	
Carottes	Epinards				
Oignons	Vesce commune				
Haricot	Sorgho du soudan				
	Luzerne				

(FAO, 1985)

Tableau 2. Les normes de rejets et de réutilisation des eaux usées

Paramètre	Unité	Norme réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation	Références
Température	C°	<30	(J.O.R.A,2006)
pH	-	6.5 pH 8.5	(J.O.R.A,2012)
CE	ds/m	3	(J.O.R.A,2012)
MES	mg/l	30	(J.O.R.A,2012)
DBO ₅	mg O ₂ /l	30	(J.O.R.A,2012)
DCO	mg O ₂ /l	90	(J.O.R.A,2012)
NH ₄ ⁺	mg/l	2	(OMS,1989) et (FAO,2003)
NO ₃ ⁻	mg/l	30	(J.O.R.A,2012)
HCO ₃ ⁻	meq/l	8.5	(J.O.R.A,2012)
Cl ⁻	meq/l	10	(J.O.R.A,2012)
Coliformes fécaux	CFU/100ml	<1000	(J.O.R.A,2012) et (OMS,1989)

Agence Française de Développement (AFD), 2011. La réutilisation des eaux usées traitées (REUT). 29p.

AUBRYG., 2003.Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée.Mémoire du grade maitre des sciences. Québec.161p.

BAUMONT S., CAMARD J., LEFRANC A., FRANCONI A., 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. France. 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. Tunisie. 188p.

BERG R.L., PETER H., HASSENZAHY D.M., 2009. Environnement. 1ere édition. 700p.

BOUTIN C., HEDUIT A., HELMER J.M., 2009.Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final. 100p.

CAUCHI A. et VIGNOLES C., 2011.Petites installations d'assainissement. Edition TECHNIP.Paris. 402p.

CHIBEL D.,2012. Traitement des eaux industrielles.32p.

COUTURE I., 2003.analyse d'eau pour fin d'irrigation. 8p.

DELARRAS C., TREBAOL B., DURAND J., 2010. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : Règlementation-Microorganismes-Prélèvements-Analyses. 2eme édition. 541p.

DEVILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Bruxelles. 16p.

EDLINE F., 1979. L'épuration biologique des eaux résiduaires. Paris, 306p.

Références bibliographique

HOUESSO A., GBODOGBE C., KPINSSOTON G., MOUMOUNI A., SILVEIRA M., FAFOUMI BEEN A., TOUPE A., AKPATA J., CLEGBAZA G., SERPOS H., ADEGNIKA F., DAOUT P., HOUANYE A., 2009. Livre bleu bénin : l'eau, l'assainissement, la vie et le développement durable. 103p.

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 2003. L'irrigation avec les des eaux usées traitées - Manuel d'utilisation. 68p.

GOBERT J. et HUSSON R., 2012. Guide pratique à l'usage des communes et relatif à l'assainissement des eaux usées. Union européenne. 97p.

HANNACHI A., GHARZOULI R., DJELLOULI TABET Y., 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. Larhyss Journal. pp 51-62.

Journal Officiel de la République Algérienne N°26 (J.O.R.A) ,2006. Les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ministère des ressources en eau. Algérie. pp5.

Journal Officiel de la République Algérienne N°41 (J.O.R.A) ,2012. Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Ministère des ressources en eau. Algérie. pp19-21.

MEDJIAH, 2014. Manuel d'autosurveillance. Société des eaux et de l'assainissement d'Alger : Station d'épuration CHENOUA. SEAAL. 25p.

MELQUIOT P.,2003. 1001 mots et abréviation de l'environnement et du développement durable. Edition RECUCONSULT. France. 190p.

METAHRI M.S., 2012. Amélioration simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Thèse de doctorat .Algerie.138p.

MOZAS A., et GHOSN A.,2013. État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. 25p.

Office National de l'Assainissement (ONA), 2012. Manuel environnemental. Algérie. 17p.

Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP),2001. SECURITE DE L'EAU : Bilan préliminaire des progrès accomplis en matière de politiques depuis Rio. 40p.

Références bibliographique

REMINI B., 2010.La problématique de l'eau en Algérie du nord.Larhyss Journal. pp27 -46.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009. L'analyse de l'eau. 9eme édition. 1526p.

Organisation mondiale de la santé (OMS),2012. Directive OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères : utilisation des eaux usées en agriculture (VOLUME II). pp29.

PRESCOTT J.P., HARLEYD.A., KLEIN.,2003. Microbiologie. 2eme Edition. France. pp1075.