

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POLULAIRE MINISTTERE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البليدة

UNIVERSITE BLIDA 1 Saad Dahlab

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRE



Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Biologie

Option: Microbiologie et Toxicologie Alimentaire

Thème

**Evaluation de l'efficacité du Traitement des eaux usées par le
procédé des boues activées au niveau de la Station d'épuration
de la Wilaya de Réghaia.**

Présenté par : **SIBANDA Perfect Thandolwenkosi**

Soutenu publiquement le : 08/ 10/2017

Devant la Jury composées de :

Mme: Boulkour S.

Président

Mme: Khaldoun H.

Examineur

Mme Benmasour.N

Promotrice

Promotion : 2016/2017

Table des Matières

Résumé en Français

Résumé en Anglais

Résumé en Arabe

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I : partie bibliographique

I. Généralité sur les eaux usées.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2.Origines des eaux polluées.....	3
1.2.1 Eaux usées industriels.....	3
1.2.2 Eaux usées domestiques.....	3
1.2.3 Eaux usées d'origine agricole	4
1.2.4 Eaux de ruissellement.....	4
I.3.Pollution des eaux	5
I.4. Caractéristiques des eaux usées	5
I.4.1. Caractéristiques organoleptiques.....	5
I.4.2. Caractéristiques physico-chimique.....	5
I.4.3. Caractéristiques microbiologiques.....	8
I.4.3.1. Microorganismes.....	8
I.4.3.2. Micro-organismes d'origine fécale.....	8
I.4.3.3. Organisme libres.....	10

Chapitre 2 : Les traitements des eaux usées

II.1 Introduction.....	12
II.2. Différentes étapes d'épuration des eaux usées.....	12
II.2.1. Prétraitement.....	12
II.2.1.1. Dégrillage.....	12
II.2.1.2. Tamisage.....	13
II.2.1.3. Dessablage.....	13
II.2.1.4. Déshuilage et Dégraissage.....	13
II.2.2. Traitement primaire.....	13
II.2.2.1 Décantation primaire.....	13
II.2.3. Traitement secondaire.....	14
II.2.3.1. Traitement biologique.....	14
II.2.3.2. Traitement par boues.....	14
II.2.4. Traitement tertiaire ou supplémentaire.....	15
II.2.4.1. Filtration et Chloration.....	15
II.2.5. Réutilisation des eaux usées.....	15

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Introduction.....	17
III.1 Présentation de la STEP.....	17
III.1.1 Situation géographique	17

III.2 Matériels.....	18
III.2.1. Matériel non biologique.....	18
III.2.2 Matériel biologique.....	18
III.2.3 Echantillonnage et prélèvement.....	18
III.3 Méthode.....	19
III.3.1 Analyse physico-chimiques.....	19
III.3.2 Analyse microbiologiques.....	24
III.4 Rendements d'épuration.....	33

Chapitre 4 : Résultats et Discussions

IV.1. Paramètres physico-chimique.....	34
IV.1. 1.Potentiel d'hydrogène (pH).....	34
IV.1.2. Température (T).....	34
IV.1.3. Conductivité électrique (CE).....	36
IV.1.4.MES.....	36
IV.1.5. Paramètres de la pollution organique.....	37
IV.1.5.1. Demande chimique en Oxygène(DCO).....	38
IV.1.5.2.DBO ₅	38
IV.1.5.3. Rapport de biodégradabilité de la (DCO/DBO ₅).....	39
IV-1-6- Azote totale (NT).....	40
IV-1-7- Azote Kjeldahl (NTK).....	41
IV-1-8- Nitrates (NO ₃ ⁻).....	42
IV-1-9-Nitrites (NO ₂ ⁻).....	43
IV-1-10-Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	44
IV-1-11- Azote organique (N-org).....	45
IV-1-12- Phosphates Totale (PT).....	45
IV-2-Paramètres microbiologiques.....	46
IV.2.1. Coliformes Totaux.....	47
IV-2-2- <i>Coliformes Fécaux</i>	48
IV-2-3- <i>Streptocoques Fécaux</i>	49
IV-2-4- Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ARS).....	50
IV-2-5- <i>Staphylocoques</i>	50
IV-2-6- <i>Salmonelles</i>	51
IV.2.7 <i>Vibrio cholera</i>	51
IV.3. Rendements épuratoires.....	52
IV-3-1-2-Rendement d'élimination de la DCO et la DBO ₅	53
IV-3-2-Rendements des paramètres microbiologiques.....	54
Conclusion et perspectives.....	56

Références bibliographiques

Annexes

REMERCIEMENTS

Je voudrais le remercier d'abord et avant tout le Bon Dieu tout puissant pour tout ce qu'il à faire pour que je l'arrive jusqu'ici, et pour ses bénédictions continues. J'aimerais remercier sincèrement les gouvernements de Zimbabwe et l'Algérie de m'avoir permis de poursuivre mes études ici.

J'aimerais également remercier les membres du jury ; le Président Madame Boulkour S., l'examinatrice Madame Khaldoun H. d'avoir accepté d'examiner mon travail. Une grande profonde merci à ma promotrice Madame Benmansour d'avoir me guidé dans le processus de mon travail.

Aussi à tous mes professeurs qui m'ont enseigné tout ce que je connais et pour être patiente avec moi et pour m'encouragé mes progrès dans l'ensemble de mes études à l'Université de Saad Dahlab, une note particulière à Monsieur Oussadou qui ma enseigné depuis mon année licence 3 jusqu'a la fin de mes études.

A Madame Yasmin Ramdani, la responsable de la laboratoire de la Station d'épuration de Réghaia et son équipe , je vous remercie beaucoup pour toute votre aide pendant toute la durée de ma préparation à ce travail et pour avoir créer un environnement de travail agréable pendant ma période de stage.

A Monsieur Djamel, responsable du laboratoire d'hygiène et Santé du Blida et l'ensemble de son équipe, en particulière Madame Asma, je vous remercie profondément de m'avoir accueille et guidé dans la préparation de mon travail dans chaque étape jusqu'a ce que j'étais assez confiante pour le faire moi-même.

Abstract

This Study consists of estimating the elimination of the pollutant load in order to evaluate the effectiveness of wastewater treatment by the biological process of activated sludge level of the wastewater treatment plant in the province of Rhegaia.

Our study focused on the physical-chemical and microbiological analysis of wastewater and purified water.

Among the physical-chemical results of treated water only eight of the physicochemical properties: pH (7.8), Temperature (not exceeding 20°C), Suspension (TSS: 12 mg / l), Chemical Oxygen Demand (COD: 36.58 mg O₂ / l), Biological oxygen demand (BOD₅: 13.33 mg / l), Total Nitrogen (NT) (15.61 mg / l), nitrates (0.65 mg / l) and Total Phosphates (PT: 1.88 mg / l), corresponded respectively to the standards given by WHO: pH (7.5-8.5); temperature <30 ° C); the TSS (30 mg / l), (<90 mg O₂ / l), BOD₅: (30 mg / l), NT (<50 mg / l), nitrates (1 mg / Total phosphate (PT <2 mg / l)).

The rest of the physicochemical parameters: conductivity (EC: 1830.33 μs / cm), the biodegradability ratio of (COD / BOD₅: 3.2-8.43) and the NH₄⁺ (27.91 mg / ml) did not meet the standards given by WHO and JORA.

The microbiological results revealed a significant reduction in bacteria faecal contamination in the station of Rhegaia (Total Coli forms, Faecal Coli forms, *Staphylococcus aureus*, Faecal *Streptococci* and anaerobic sulphite reducing bacteria (ARS)) after biological purification. Moreover, they comply to the WHO standards (103 - 107) and by (Gilles, 1999) (103-107). In addition, they unveiled a total absence of pathogenic bacteria of the genus *Salmonella* and *Vibrio cholera*.

The abatement rates of suspended solids in the Chemical Oxygen Demand and Biological Demand after wastewater treatment at the purification Station of Rhegaia are of the order of 96%, 94% and 95% respectively. These rates are higher than that of Rejesk (2002) (90%).

The calculation of the purification yield of the germs indicative of faecal contamination for Total Coli forms, Faecal Coli forms, *Staphylococcus aureus* and bacteria has shown an acceptable abatement (a reduction of 99.9% of bacteria from activated sludge). As a result, the physicochemical and microbiological results revealed the development of active biological sludge energetically degrading organic matter and the correct functioning of the clarifier which allows a satisfactory settling of the sludge activated. Thus, the station of Réghaia seems to be effective in the treatment and purification of waste. However, wastewater purified by active sludge is inadmissible for irrigation of vegetable crops since the values of Total Phosphates (PT) did not meet established standards for irrigation (0.94 mg / l).

Key words: Waste water, Rhégaia treatment plant (STEP), microbiological analysis, physical-chemical analysis, activated sludge.

DEDICACE

Je voudrais consacrer mon travail à mes parents étonnants, à ma défunte mère Sibanda Blessed et à mon père Fidelis Sibanda qui m'a toujours encouragé à viser l'excellence. A mes sœurs Thembelani et Thobenkosini Sibanda et mon frère Alois Sibanda et ma nièce Minenhle Sibanda qui m'ont poussé à être forte.

A mes amis, collègues et compatriotes, je vous remercie d'être là pour moi et de partager à la fois les bons et les mauvais moments pendant mes séjours ici.

A mes chères proches ; Dyhia Kernou, Loide, Marwa, Fungai, Maud , Clifford, Martin, et toutes les autres.

SIBANDA Perfect Thandolwenkosi

Résumé

Cette étude consiste à estimer l'élimination de la charge polluante afin d'évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées par le procédé biologique des boues activées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Rhegaia.

Notre étude a été axée sur des analyses physico-chimiques et des analyses microbiologiques des eaux usées et des eaux épurées.

Parmi les résultats physico-chimiques des eaux traitées seulement huit paramètres physicochimiques: le pH(7.8), la température (ne dépassent pas 20°C), les matières en suspension (MES : 12 mg/l), la Demande chimique en oxygène (DCO : 36,58 mg O₂/l), la Demande biologique en oxygène (DBO₅ : 13,33 mg/l,), l'Azote total (NT) (15,61 mg/l), les nitrates (0.65mg/l) et le Phosphates totale (PT : 1.88mg/l) qui répondent respectivement aux normes données par l'OMS : le pH (7,5- 8,5) ; la température < 30°C) ; les MES (30 mg/l), la DCO(<90 mg O₂/l), la DBO₅ : (30 mg /l) ; le NT (<50 mg/l) ; les nitrates (1mg/l) et le Phosphate totale (PT <2mg/l). Le reste des paramètres physicochimiques : la conductivité (CE : 1830,33 µs/cm), le rapport de biodégradabilité de la (DCO/DBO₅ : 3,2-8,43), et le NH₄⁺ (27,91 mg/ml) ne concordent pas aux normes données par l'OMS et JORA.

Les résultats microbiologiques ont révélé une réduction importante des bactéries indicatrices de la contamination fécale dans la station de Rhegaia (les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les *Staphylocoques aureus*, les *Streptocoques fécaux* et les bactéries anaérobies sulfite-réducteurs(ARS)) après l'épuration biologique. De plus ils sont conformes aux normes données par l'OMS (10³ - 10⁷) et par (Gilles, 1999) (10³-10⁷). Par ailleurs, ils ont dévoilé une absence totale des bactéries pathogènes du genre *Salmonelles* et *Vibrio cholera*.

Les taux d'abattelements des matières en suspension de la Demande chimique en oxygène et de la Demande biologique en oxygène après le traitement des eaux usées dans la station de Rhegaia sont respectivement de l'ordre de 96%, de 94 % et de 95%. Ces taux sont supérieurs à celui de Rejesk (2002) (90%).

Le calcul du rendement épuratoire des germes indicateurs de la contamination fécale : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les *Staphylocoques aureus* et les bactéries anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) a montré un abattement acceptable (une réduction de 99,9% des bactéries par les boues activées).

En conséquence, les résultats physicochimiques et microbiologiques ont révélé le bon développement des boues biologiques actives dégradant énergiquement la matière organique et le bon fonctionnement du clarificateur qui permet une décantation satisfaisante des boues activées. Ainsi la station de Réghaia semble être efficace dans le traitement et l'épuration des eaux usées. Cependant les eaux usées purifiées par les boues actives sont inadmissibles pour l'irrigation des cultures maraichères puisque les valeurs trouvées du Phosphates Totale (PT) n'étaient pas conformes aux normes établies pour l'irrigation (0,94 mg/l).

Mots clés : Eau usées, Station d'épuration (STEP) de Rhégaia, analyse microbiologique, analyse physico-chimique, boues activées.

L'eau est une source vitale pour l'humanité. Des multiples usages font appel à ce milieu complexe et fragile : besoins alimentaires, utilisations domestiques, industrielles, agricoles, touristiques. La croissance démographique et la gestion souvent incontrôlée des ressources en eaux conduisent néanmoins à une situation inquiétante, non seulement du point de vue de la quantité, mais encore sans doute sous aspect de la qualité. Ainsi les activités humaines produisent des eaux usées contenant des microorganismes fécaux et des divers contaminants (matières organiques, azote, micropolluants, minéraux...) dont la charge dépasse souvent le pouvoir auto épurateur des eaux réceptrices (cours d'eaux) induisant un risque pour la santé humaine et les écosystèmes **(Elskens, 2010)**.

L'eau, est un précieux don de la nature que l'homme use et souvent abuse, elle n'est pas illimitée et gratuite comme il avait longtemps implicitement admis. Pour pouvoir étancher toutes ses soifs, il doit la préserver, la protéger, la distribuer et la régénérer **(Cardot, 1999)**.

Aujourd'hui la consommation globale par habitant, choisie comme indice du développement économique d'une nation, ne cesse de décroître suite aux problèmes. Parmi les stratégies de résolution de ce problème, c'est l'utilisation rationnelle des eaux, et la réutilisation des eaux après traitement surtout en industrie et dans l'agriculture qui permettent de conserver l'eau potable seulement pour l'usage domestique. L'épuration des eaux est un moyen qui permet la réutilisation des eaux, elle est assurée soit par voie physique, chimique ou biologique **(Mekhalif, 2009)**.

Pratiquement, plus la qualité de l'eau diminue, plus la nécessité de procéder à des contrôles fréquents et étendus, devient impérieuse. **(Rodier, 2005)**. La problématique d'épuration ne s'arrête pas aux seuls procédés de traitement mis en œuvre, mais englobe aussi son acheminement sa distribution ainsi que l'optimisation et le contrôle des méthodes mises en jeu **(Cardot, 1999)**.

Il existe en Algérie 167 stations d'épuration d'eau (STEP) réparties à travers le territoire national, qui traitent annuellement un volume de 320 millions de m³ d'eaux usées sur 1.200 millions de m³ rejetés. Le nombre des stations d'épuration des eaux usées en Algérie atteindra 272 unités à la fin de 2019 contre plus de 167 actuelles, afin de garantir un meilleur cadre de vie aux citoyens. Le taux de raccordement au réseau d'assainissement a atteint les 87%, ce qui a permis à l'Algérie d'occuper la deuxième position en Afrique selon le classement de l'OMS relatif à ce domaine, par ailleurs, que 60 % de ces eaux sont exploitées **(Cavo et Joao, 2016)**. Notre mémoire a pour but, d'évaluer la qualité des eaux usées épurées par le procédé des boues activées du point de vue microbiologique, physico-chimique au niveau de la station

d'épuration de Réghaia et savoir si la réutilisation de ces eaux épurées pour l'irrigation et/ou pour l'environnement ne causera pas de problèmes pour le milieu naturel récepteur et par conséquent pour l'homme.

Ce travail a été réalisé en trois parties :

- La première partie aborde une étude bibliographique qui donne des approches sur les généralités caractéristiques des eaux et le traitement des eaux usées ;
- La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés : les méthodes physico-chimiques et microbiologiques des eaux brutes, décantées et épurées ;
- La troisième partie est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats ;
- En fin, cette étude s'achève par une conclusion générale et les perspectives pour le futur.

Liste des abréviations

ASR	anaérobie sulfito- réducteur.
BCPL	Bouillon lactose au Bromocrésol pourpre
CE	conductivité électrique.
CF	Coliformes fécaux.
CT	Coliformes Totaux.
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.
DC	Double Concentration
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
EB	Eau Brute.
EE/ET	Eau Épuré/Eau Traité
EPA	Eau peptone alcaline.
GNAB	Gélose nutritive alcaline biliée.
H	Gélose Hektoen.
IM	Indice de MOHLMAN.
MES	Matière en Suspension.
R	Rendement épuratoire.
MVS	Matière volatile en suspension.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées.
SA	Salmonelles
SC	Simple Concentration
SF	Streptocoques fécaux.
SFB	Bouillon au sélénite de sodium cystéine
STEP	Station d'épuration des eaux polluées.
VF	Viande Foie

Liste de tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau n° I	Différentes types de pollution des eaux.....	4
Tableau n° II	Mode de traitement en fonction du rapport DCO /DBO5.....	7
Tableau n° III	Quelque pathologie humaine transmise par l'eau polluée	9
Tableau n° IV	Principales utilisation des eaux usées.....	16
Tableau n° V	Caractéristiques général de la STEP de Réghaia.....	Annexe1
Tableau n° VI	La qualité des eaux brutes et épurées dans la station d'épuration de Réghaia.....	Annexe1
Tableaux n° VII	Données de base de la STEP de Réghaia.....	Annexe1
Tableau n° VIII	Quantité et nombre d'analyses.....	19
Tableau n° IX	Analyses physico-chimiques et leurs principes	20
Tableau n° X	Différenciation entré les Vibrions, Aéromonas et Pleisiomonas.....	33
Tableau n° XI	Résultats des analyses physico-chimiques des EB et EE	Annexe1
Tableau n° XII	Moyennes et ecartype des analyses physico-chimiques des EB et EE..	Annexe1
Tableau n° XIII	Résultats des analyses microbiologiques des eaux brutes et traité de la Station de Réghaia.....	Annexe1
Tableau n° XIV	Les moyennes, Ecartype et rendement épuratoire des quelque germes des Eaux traité à le STEP de Réghaia.....	Annexe1
Tableau n° XV	Tableau de MacGrady.....	Annexe1

Liste des figures

Liste des figures	Pages
Figure n01 : Vue e 3D du lac de Réghaia sur l'image satellitaire Alsat-2A, 01/01/2016	17
Figure n02 : Préparation des dilutions	25
Figure n03 : Aspect d'un TSI de Salmonella	31
Figure n04 : Variation du pH en fonctions des prélèvements	35
Figure 05 : Variation des températures en fonctions de temps	36
Figure 06 : Variation de la Conductivité électrique en fonction des prélèvements	37
Figure 07 : Variation des MES en fonction des prélèvements	38
Figure 08 : Variation de la DCO en mg/l en fonction des prélèvements	39
Figure 09 : Variation de la DBO5 en mg/l en fonction des prélèvements	40
Figure 10 : Variation de la DBO5 en mg/l en fonction des prélèvements	41
Figure 11 : Variation de l'azote total en fonction des prélèvements	42
Figure 12 : Variation de l'Azote Kjeldahl en fonction des prélèvements	42
Figure 13 : Variation des nitrates en fonction des prélèvements	43
Figure 14 : Variation des nitrites en fonction des prélèvements	44
Figure 15 : Variation de l' azote ammoniacal en fonction des prélèvements	45
Figure 16 : Variation de l' azote en fonction des prélèvements	45
Figure 17 : Variation de Phosphore Totale en fonction des prélèvements	46
Figure 18 : Evaluation de la densité des coliformes totaux dans les deux types d'eaux	48
Figure 19 : Evaluation de la densité des coliformes fécaux dans les deux types d'eaux	49
Figure 20 : Evaluation de la densité des <i>Streptocoques fécaux</i> dans les deux types d'eaux	50
Figure 21 : Evaluation de la densité des bactéries sulfito-réducteurs dans deux types d'eaux	51
Figure 22 : Evaluation des Staphylocoques dans deux types d'eaux	52
Figure 23 : Rendement d'élimination des MES	53
Figure 24 : Elimination de la DBO5	54
Figure 25 : Elimination de la DCO	54
Figure 26 : Rendements d'élimination des bactéries.	55

Liste des photos

Photos	Page
Photo n° 1 Bassin d'orage	Annexe II
Photo n° 2 Dégrilleur	Annexe II
Photo n° 3 Dessabler et déshuileur	Annexe II
Photo n° 4 Décanteur primaire 1	Annexe II
Photo n° 5 Décanteur primaire 2	Annexe II
Photo n° 6 Bassin d'aération 2	Annexe II
Photo n° 7 Bassin d'aération 1	Annexe II
Photo n° 8 Clarificateur	Annexe II
Photo n° 9 filtre pendant le fonctionnement	Annexe II
Photo n° 10 Epaisseurs des boues	Annexe II
Photo n° 11 Bâche de stockage des boues	Annexe II
Photo n° 12 Salle de déshydratation	Annexe II
Photo n° 13 Ouvrage de Sortie	Annexe II
Photo n° 14 pH mètre	Annexe III
Photo n° 15 Conductimètre	Annexe III
Photo n° 16 La balance	Annexe III
Photo n° 17 Thermostat LT200	Annexe III
Photo n° 18 Dispositif de filtration et membranes de filtration	Annexe III
Photo n° 19 Spectrophotomètre	Annexe III
Photo n° 20 Armoire thermorégulatrice	Annexe III
Photo n° 21 Les kits LCK314 et les kits LCK 114	Annexe III
Photo n° 22 Les kits LCK 339	Annexe III
Photo n° 23 Les kits LCK 341 et LCK 342	Annexe III
Photo n° 24 Les kits LCK 305 et LCK 303	Annexe III
Photo n° 25 Les kits LCK 238 et LCK 338	Annexe III
Photo n° 26 Les kits LCK 350 et LCK 348	Annexe III
Photo n° 27 Eau physiologique	Annexe IV
Photo n° 28 Milieu BCPL	Annexe IV
Photo n° 29 Milieu Schubert résultat positive	Annexe IV
Photo n° 30 Milieu du Roth	Annexe IV
Photo n° 31 Milieu Viande-foie+ additif (gauche) Spore du Clostridium (droit)	Annexe IV
Photo n° 32 Milieu SFB	Annexe IV
Photo n° 33 Résultat + milieu SFB 1(gauche) et SFB II (droit)	Annexe IV
Photo n° 34 Milieu Hektoen	Annexe IV
Photo n°35 Milieu Chapman	Annexe IV
Photo n°36 Milieu Giolitti Cantoni + additif tellurite de potassium	Annexe IV
Photo n°37 Présence et absence des Staphylocoques	Annexe IV
Photo n°38 Eau peptonée	Annexe IV
Photo n°39 Milieu GNAB EPA	

1.1. Définition

Selon **Boukerroucha et Sharkawi (2011)** les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans les canalisations des eaux usées dont les propriétés naturelles sont modifiées par l'usage domestique, industrielle, agricole etc. On englobe aussi les eaux des pluies qui s'écoulent dans ces canalisations. Les eaux usées non traitées contiennent de nombreux microorganismes pathogènes qui habitent dans le tractus intestinal humain. Ils contiennent également des nutriments qui peuvent stimuler la croissance des plantes aquatiques et peuvent contenir des composés toxiques ou des composés potentiellement mutagènes ou cancérogènes.

Pour ces raisons, l'élimination immédiate et sans nuisances des eaux usées de leurs sources de production, suivie du traitement, de la réutilisation ou de la dispersion dans l'environnement est nécessaire pour protéger la santé publique et l'environnement. (**M Henze et al. ,2001**)

1.2 Origines des eaux usées

Selon **Baumont et al. (2004)**, les eaux polluées sont d'origines divers ; Les eaux usées industriels, les eaux usées domestiques et les effluents agricoles (**Tableau 1**)

I.2.1 Eaux usées industrielles

Ce sont des eaux de procédé qui sont plus souvent contaminées puisqu'elles rentrent dans le processus de fabrication lui-même ; les eaux de refroidissement, les eaux sanitaires et dans certains cas les eaux pluviales. La contamination de l'eau industrielle varie avec des types d'industrie (les industries de confection de vêtements, les fabriques de pâtes et papiers, la fabrication d'aliments l'industrie...), le taille de l'entreprise, lieu du rejet. (**Hébert et Légare, 2000**).

Elles sont un mélange hétérogène composé de matière à caractère minérale ou organique, sous forme de composé insoluble et en proportion plus ou moins grande des composés en dissolution dans l'eau (**Boeglin, 2007**).

I.2.2 Eaux usées domestiques

Elles sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. On distingue généralement deux types des eaux dans le réseau d'assainissement ; les eaux-vannes et les eaux gris (les eaux de toilettes et les eaux d'autres usages ; lave-linge, lave-vaisselles respectivement (**Baumont,**

2003). Les eaux vannes sont chargées des divers matériels organiques et de germes fécaux (Elskens, 2010).

I.2.3 Eaux usées d'origine agricole

Cette pollution intéresse les eaux de ruissellement et concerne deux familles de composés : pollution par pesticides et pollution par fertilisants (Boukerroucha et Sharkawi, 2010).

I.2.4 Eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement ou pluviales peuvent être contaminées par le lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées. Ils peuvent contenir les métaux lourds et des toxiques : zinc, plomb, hydrocarbures. En milieu rural, les eaux pluviales provoquent en outre le lessivage des terres agricoles, entraînant engrais et pesticides vers les cours d'eau ou les nappes. Les décharges de déchets domestiques ou industriels, lorsqu'elles ne sont pas aménagées, sont également lessivées par les eaux de pluie qui se chargent alors de pollution organique et/ou toxique.

Tableau I. Différents types de pollution des eaux

Type de pollution	Exemple	Sources	
Physique	Pollution thermique	Rejets d'eau chaude.	
		Centrales thermiques.	
	Exploitations nucléaires.	Installations nucléaires.	
	Pollution radioactive		
Chimique	Nitrates, phosphates.	Agriculture.	
	Pollution agricole		
	Métaux lourds	Mercure, zinc, plomb, manganèse...	Industrie, agriculture, combustion.
	Pesticides industries.	Fongicides, herbicides...	Agriculture,
	Hydrocarbures	Pétrole et dérivés.	Industrie pétrolière, Pétrochimie
Microbiologique	Bactéries, virus et champignons.	Rejets urbains	
Organique	Glucides, lipides, protides.	Effluents domestiques, agricoles, papeterie, agroalimentaire.	

(Benmira, 2015)

1.3 Pollution des eaux

Les causes de pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles modernes (**Elskens, 2010**). Il existe deux pollutions, naturelles (volcans, l'érosion) et anthropiques. Le tableau I résume, les différents types de pollution (anthropiques).

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle se manifeste principalement par :

- Une diminution de la teneur en oxygène dissous
- La présence de produits toxiques
- Une prolifération d'algues
- Une modification physique du milieu récepteur
- La présence de bactéries ou virus dangereux.

I.4. Caractéristiques des eaux usées

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques

a) Odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable par contre en étant de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde (**Moncyl, 1978**).

b) Couleur

La couleur de l'eau d'égout d'origine domestique normalement grisâtre ; une couleur noire indique une décomposition partielle ; les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle (**Moncyl, 1978**).

c) Turbidité

La turbidité est due aux particules colloïdales en suspension dans l'eau (**Vilagines, 2010**).

I.4.2. Caractéristiques physico-chimique

a) Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH indique le degré d'acidité ou de basicité d'un échantillon. Il est calculé en fonction de la concentration en ions d'hydronium H_2O , il dépend de l'origine et de la nature de l'eau (**Bremaud, 2006**).

b) Température (T)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels etc (**Rodier et al., 2005**).

c) Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique mesure la propriété de l'eau de conduire le courant électrique de électrode positive à l'électrode négative quand celles ci sont placées dans l'eau. Les ions présents dans l'eau se dirigent vers les électrodes : les cations vers l'électrode négative, les anions vers électrode de positive. La conductivité est inverse de la résistivité électrique, elle varie en fonction de la température, et aussi plus la salinité (sels minéraux) de l'eau est élevée plus la conductivité croit (**Coin, 1981**).

d) Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension sont généralement visibles à l'œil nu. Elles sont insolubles et décantables naturellement ou peuvent être retenues par filtration. Elles sont composées de :

- Matières minérales (le sable les argiles etc.)
- Matières organiques (plancton débris des végétaux etc.)

Coin, 1981)

e) Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) représente la consommation d'oxygène nécessaire à l'oxydation non biologique (voie chimique) de l'ensemble des matières organiques présents dans effluent, qu'elles soient ou non biodégradable. Cette mesure ne renseigne pas directement sur la biodégradable de effluent (**Koller, 2009**) (Tableau 2)

f) Demande biologique en oxygène (DBO)

La demande biologique en oxygène (DBO) représente la quantité de pollution biodégradable. Cette méthode d'analyse de la pollution correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pendant cinq jours, aux microorganismes (bactéries nitrifiantes) contenus dans l'eau pour oxyder une partie des matières carbonées. Cette mesure permet une certaine évaluation de nuisances provoquées par le rejet des matières organiques biodégradables en mesurant une consommation d'oxygène (**Koller, 2009**).

La DBO_5 c'est la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation à 20°C et à l'obscurité.

g) Notion de biodégradabilité

La Notion biodégradabilité c'est la transformation de déchets organiques ou de matières organiques en déchets plus simples CO_2 , NH_3 , H_2O par les microorganismes à la suite de réactions enzymatiques complexes.

Le rapport CDO/DBO_5 c'est un indice de la biodégradabilité de l'eau usée.

Le tableau II montre le rapport entre la DCO et DBO (**Anonyme, 1975**).

Tableau II : Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO5)

$DCO/DBO < 2$	Effluent facilement biodégradable- traitement biologique
$2 < DCO/DBO < 4$	Effluent moyennement biodégradable ;
$DCO/DBO > 4$	Effluent difficilement biodégradable.

(Truc, 2007)

h) Azote (N_2)

L'azote peut se présenter sous diverses formes et à des degrés d'oxydation variables Dans le domaine de l'eau, les dérivés d'azotes minéraux les plus importants sont les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-) et l'ammonium (NH_4) (**Henry et al., 1996**).

i) Nitrites (NO_2^-) et Nitrates (NO_3^-)

Les nitrites constituent une forme intermédiaire de l'azote et les nitrates sont les produits finals de l'oxydation de l'azote. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries « nitrobacters » du sol et de l'eau.

Les nitrites résultent, soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous action des bactéries nitreuses du type nitrosomonas, soit de la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes, alors que les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrobacter (**Henry et al., 1996**).

j) Azote ammoniacal (NH_4)

Les eaux usées contiennent toujours de l'azote ammoniacal, produit normal de la biodégradation de l'azote organique (protéines, acide aminés, urée, etc.) (**Tardat et al., 1999**).

k) Ortho phosphates (PO_4^{3-})

Dans les eaux résiduaires le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (ortho phosphates, poly phosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différentes composés sont soit solubilisées soit fixées sur les matières en suspension (**Rodier et al., 2009**).

I.4.3. Caractéristiques microbiologiques

I.4.3.1. Microorganismes

Les agents pathogènes transmis par la voie hydrique sont de trois types : les bactéries, les virus et les parasites. Dans le tableau 3, nous avons les différentes maladies causées par les différentes classes de micro-organismes (**Cardot, 1999**).

I.4.3.2. Micro-organismes d'origine fécale

a) Coliforme totaux

Les coliformes sont des bacilles gram négatif, non sporulés, aérobies-anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sel biliaires ou d'autres agents de surface, fermentent le lactose avec production de gaz en moins de 48 heures à une température de 35°C (**Lapernt et Gourgaud, 1997**).

Les coliformes totaux sont présents un peu partout dans la nature dans des eaux riches en éléments nutritifs dans les sols sur la végétation les animaux (**Hade, 2003**).

b) Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants c'est un groupe de coliformes qui ont les mêmes propriétés que les coliformes totaux mais ils se cultivent à 44°C.

Escherichia coli est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques elle produit l'indole à 44°C à partir de tryptophane par l'enzyme la tryptophanase (**Lapernt et Gourgaud, 1997**).

c) Streptocoques fécaux

Les *Streptocoques fécaux* ou *Entérocoques fécaux* sont des bactéries d'origine fécale et animale ayant l'antigène. Ils sont appelés des streptocoques D. Ils sont des bactéries aérobies facultatives, gram positives, elles sont sous forme de chainettes ou cocci ovalaires ou sphériques de 0,6 à 1µm en moyenne (immobiles en général). La température de croissance est de 20 °C à 42 °C à un pH qui varie de 7,2 à 7,4 (**Camille, 2014**).

Tableau III: Quelque pathologie humaine transmise par l'eau pollué

Type de Micro-organisme	Maladies	Agents responsable
Bactéries	Cholera	<i>Vibrio cholera</i>
	Typhoïde	Salmonelle typhi
	Paratyphoïde	Salmonelle Paratyphi A, B
	Dysenterie Bacillaire et	<i>Shigella</i>
	Gastro-entérites aiguës	<i>Escherichia coli</i>
	diarrhées	<i>Entérotoxigène</i> <i>Campylobacter jejuni/Coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp</i>
Virus	Hépatite virale	Virus hépatite A, B
	Gastro-entérites aiguës et	Virus de Norwalk
	diarrhées	<i>Rotavirus</i> <i>Astrovirus</i> <i>Calicivirus</i> <i>Coronavirus</i> <i>Entérovirus</i> <i>Adénovirus</i> <i>Réovirus</i>
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
Parasite	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>
	Cryptosporidiose	<i>Cryptosporidium sp</i>

(Montiel, 2009)

d) Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des bactéries cocci sphériques de 0,5 à 1 µm de diamètre, gram positif, aéro-anaérobies facultatifs en général immobiles en amas (grappes de raisin). La température optimale de croissance est 37°C à un pH qui varie de 7,2 à 7,4 (Camille, 2014).

e) Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles gram négatifs, appartenant à la famille des entérobactéries mobiles, aéro-anaérobies facultatifs non sporulés, se cultivent bien dans des

milieux ordinaires de 24 à 48 heures. Elles fermentent le glucose. Elles possèdent la nitrate-réductase et elles sont dépourvues d'oxydase uréase (**Leyral et Vierling, 1997**).

f) Vibrions cholériques

Les vibrions appartiennent à la famille des Vibrionaceae. Elles sont des bacilles gram négatives, et leurs colonies sont brillantes translucides. Elles sont a sporulées, généralement mobiles (flagelle polaire) ou immobiles aéro ou anaérobie. Elles possèdent une oxydase positive, une catalase positif et elles réduisent de nitrates. La température optimale de croissance est de 30°C (**Guiraud, 2012**).

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 (poissons, crustacées...) (**Carip et al., 2015**).

g) Anaérobies sulfite réducteur

Le genre Clostridium appartient à la famille Bacillaceae. Ces sont de bactéries telluriques. Elles sont rencontrés dans le sol, l'environnement et les intestins. Elles sont des bactéries gram positives, de grandes tailles, groupées en chainettes. Elles sont généralement mobiles et sont capables de sporuler. Elles possèdent une catalase négative et elles sont anaérobies stricts, mésophytes et elles supportent des variations importantes de pH et de température.

Ces spores sont de grandes tailles et elles sont parfois plus grandes que les bactéries.

Elles sont très résistantes à la chaleur 100°C pendant plusieurs minutes (**Carip et al., 2015**).

I.4.3.3. Organisme libres

a) Planctons

Les plantons se composent de zooplanctons et phytoplanctons (**Carip et al., 2015**).

❖ Zooplanctons

Les zooplanctons regroupent l'ensemble des animaux vivants en pleine eau. Ils sont aptes à se déplacer activement.

Le zooplancton est représenté principalement par trois types des d'organismes (Balvay et Druart, 2007):

- Les protozoaires
- Les métazoaires.

❖ Protozoaires

Les protozoaires sont des microorganismes unicellulaires appartenant au règne des protistes eucaryotes, les formes les plus connues sont les paramécies et les amibes et ils vivent dans le milieu aquatique (océan, lac, rivière et étang). Leur longueur varie entre 2 et 600 micromètres, (exemple: les cilles, paramécie et les flagellés trypanosome responsable de la maladie du sommeil) (Vouriot et al., 2015).

❖ Phytoplancton

Le phytoplancton est constitué de très nombreuses espèces regroupées en divers classes. Elles comprennent principalement les algues.

❖ Algues

Les algues microscopiques sont des organismes eucaryotes unicellulaires ou pluricellulaires. Elles mesurent entre 5 et 10 μm . Elles sont les constituants essentiels de la chaîne alimentaire dans tous les milieux aquatiques et elles participent également à la dépollution des eaux usées (Vouriot et al., 2015).

b) Champignons

Les champignons sont des organismes appartenant au règne fungi. Ils sont des hétérotrophes, dépourvues de chlorophylle, certains vivent en symbiose avec les végétaux et d'autres sont saprophyte. Ils colonisent tous les milieux aquatiques ou terrestres (Tebibel et al., 2008).

Il existe deux grands groupes de champignons, les moisissures et les levures. Les levures sont des champignons unicellulaires et les moisissures sont des champignons filamenteux unicellulaires ou multicellulaires (Guiraud, 2012).

Introduction

Durant notre stage qui s'est déroulés en 04 mois (Avril, Mai, Juin et Juillet) au sein de la station d'épuration (STEP) de Réghaia, nous avons effectué des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux brutes, décantées et épurées, afin de s'assurer de l'efficacité du procédé d'épuration des eaux usées.

III.1. Présentation de la STEP de Réghaia

La station d'épuration de Réghaia est de type boues activées, elle fonctionne en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une de phosphatation par injection ferrique.

Les eaux usées reçues dans cette station proviennent de deux pompages différents qui sont d'origine industrielle : 60% et 40% d'origine domestique et autres, le système d'assainissement est unitaire.

Les principales caractéristiques, les données de base de dimension et la description sont présentées dans les **tableaux V, VI et VII (annexe I)**.

III.1. 1. Situation géographique

La S.T.E.P de REGHAIA est située à environ 28 km à l'Est d'Alger. Elle est bordée au Nord par le lac de Réghaia, au Sud par la Route Nationale RN24, à l'Est par la ville de Boudouaou et à l'Ouest par la ville d'Ain taya (**Figure 1**)

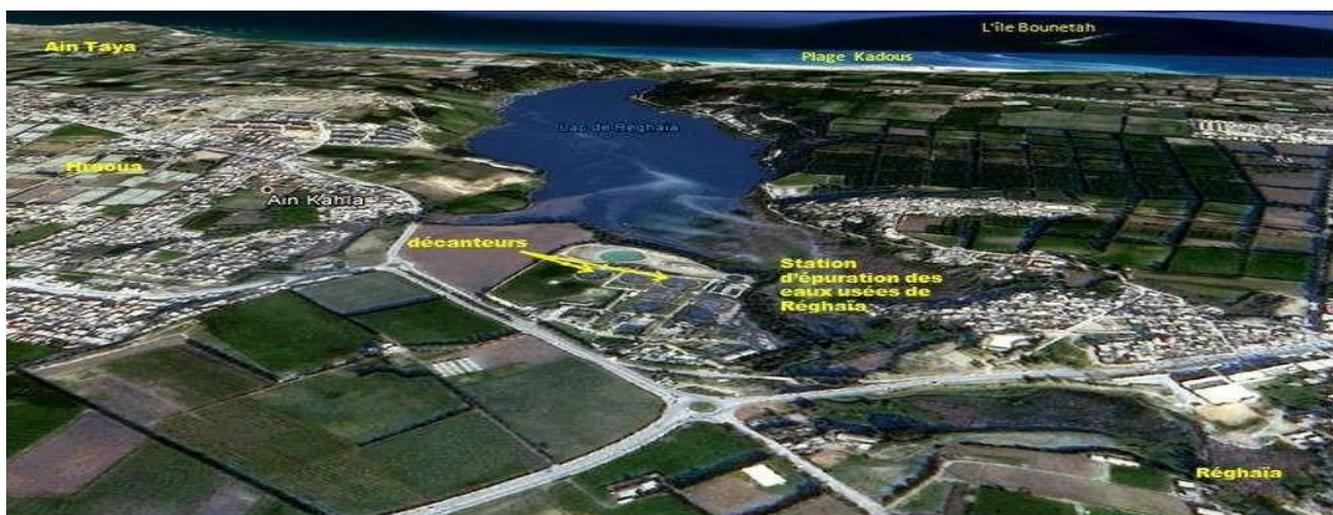


Figure 1 : Vue en 3D du lac de Réghaia sur l'image satellitaire Alsat-2A, 01/01/2016

III.2. Matériel

III.2.1. Matériel non biologique

Voir annexes

III.2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est le suivant:

- Eaux usées brutes
- Eaux usées décantées
- Et eaux usées épurées

III.2.3. Echantillonnage et prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé pendant une période allant du 13 Avril au 15 Juin 2017 à raison d'un prélèvement par semaine (**tableau VIII**). Les échantillons sont prélevés manuellement à l'aide d'une tige :

- Dans des bouteilles en polyéthylène pour des analyses physico-chimiques (ils sont effectués au sein du laboratoire de la STEP de la wilaya de Réghaia).
- Dans des flacons stériles pour des analyses microbiologiques (réalisés au niveau de l'Etablissement Public de Santé à Proximité de Médea)
- Tous les échantillons ont été conservés immédiatement dans une glacière avec une réserve de froid suffisante pour garder la température inférieure à 4°C.

Trois points de prélèvement ont été choisis, à savoir :

- Premier point à l'entrée: l'eau brute n'ayant subi aucun traitement (EB) ;
- Deuxième point au milieu : l'eau décantée de la station de Réghaia (ED) ;
- Troisième point à la sortie : l'eau épurée de la station de Réghaia (EE).

Note : Avant chaque prélèvement, il est nécessaire de rincer les flacons deux ou trois fois avec l'eau à prélever et mettre une étiquette sur chaque flacon, contenant la date de prélèvement.

Tableau VIII: Quantité et nombre d'analyses

	Etude microbiologiques			Etude physico-chimique		
	EB	ED	EE	EB	ED	EE
Quantité du prélèvement	5 litres	5 litres	5 litres	2 litres	2 litres	2 litres
Nombre d'analyses	6	6	6	6	6	6

EB : Eau brute ED : Eau décanté EE : Eau épurée

III.3. Méthodes

Au cours de notre stage, nous avons réalisé 09 analyses physico-chimiques. Ils sont résumés dans le tableau 09. Chaque méthode est citée avec son principe.

III.3.1. Analyses physico-chimiques

Tableau IX: Analyses physico-chimiques et leurs principes

Paramètre physico-chimique	Principe
Température et pH	Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de mesure et une électrode de référence plongeant dans une même solution. NF T90-008
Conductivité électrique	La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. L'appareil qu'a été utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 que permet la détermination directe de conductivité électrique des solutions aqueuses. NA 749
Demande chimique en oxygène	La demande chimique en oxygène, notée DCO, représente la quantité d'O ₂ consommé par toutes les matières réductrices. L'oxygène est fourni par un oxydant très puissant (dichromate de potassium) en condition acide et à ébullition pendant 2 heures. Les tests en cuve LCK Hach reposent sur le même principe de réaction que les mesures avec solutions étalon. Seules les quantités d'échantillon et de réactif ainsi que les méthodes d'évaluation (photométrique et non pas volumétrique) changent. ISO 15705
Demande biologique en oxygène	Les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau qui contient la matière organique biodégradable, consommant l'oxygène et produisent une quantité équivalente en anhydride carbonique (CO ₂), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple) pour piéger le CO ₂ , on aura une diminution progressive de la pression du gaz, qui est par la suite mesurée avec une élévation de niveau de mercure. ISO 5815
Nitrites	Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques donne des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense. ISO 26777
Nitrates	Les ions nitrates dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique réagissent avec le 2.6 diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2.6diméthylphénol. ISO 7890
Ammonium	Les ions ammonium en présence de sodium nitroprusique agissant comme catalyseur et à une valeur de pH d'environ 12.6. Ils réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol. ISO7150
Ortho-phosphates	Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les molybdate et antimoine pur donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremolybdé. ISO 6878
Matières en suspension	Les matières en suspension sont dosées par la méthode de filtration selon la norme ISO 11923.

a) Température et pH

➤ Mode opératoire

- Mettre en marche l'appareil du pH, puis rincer les 2 électrodes avec l'eau distillée ;
- Etalonner l'appareil au moyen de deux solutions tampons de pH connu.
- L'étalonnage doit se faire sur place juste avant la mesure ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser et faire la correction de la température;
- Tremper l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon à analyser ;
- Agiter doucement avec le barreau magnétique ;
- Appuyer sur la touche correspondante à la valeur du pH et de la température, puis noter le résultat ;
- A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

➤ Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C) et la valeur du pH.

b)-Conductivité électrique

➤ Mode opératoire

- Allumer le conductimètre et rincer plusieurs fois la sonde du conductimètre avec l'eau distillée ;
- Prendre une quantité suffisante d'eau à analyser dans un bécher ;
- Mettre l'électrode dans le bécher, laisser stabiliser puis noter la valeur de la conductivité ;

➤ Expression des résultats

Les résultats de la conductivité seront exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

c)-Matières en suspension

➤ Mode opératoire

- Laver les filtres en vrac par immersion dans l'eau distillée environ 4 heures ;
- Sécher les filtres à 105°C pendant au moins une heure. Peser le filtre ;
- Eviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières ;
- Placer le filtre la partie lisse en bas dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide ;

- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon puis transférer immédiatement dans l'entonnoir du dispositif de filtration ;
 - Pour les eaux brutes, le volume versé doit être compris entre 50 et 100 ml ;
 - Pour les eaux épurées, le volume doit être compris entre 500 et 1000 ml ;
- Retirer avec prudence le filtre de l'entonnoir à l'aide de pince à extrémités plates ;
- Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à 105 °C pendant au moins 2 heures ;
- Retirer les creusets de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur pendant au moins 30 minutes puis les peser.

➤ **Calcul et expression des résultats**

La teneur en MES est calculée selon l'expression suivante :

$$P = \frac{(M1 - M0) \times 1000}{V}$$

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

V : volume, en millimètre, de la prise d'essai.

M0 : masse en milligramme de la capsule vide.

M1 : masse en milligramme du creuset et son contenu après séchage à 105°C et dessiccation.

d)-Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène est déterminée par la méthode kit Hach LCK

➤ **Mode opératoire**

- Prendre une cuve de la gamme indiquée et bien agiter ;
- Pipeter 2 ml de l'échantillon dans la cuve Bien agiter la cuve à code barre pour bien mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve ;
- Chauffer le tube pendant 24h à 48°C.
- Secouer énergétiquement et laisser refroidir la cuve pendant un petit moment ;

Nettoyer la cuve, puis l'insérer dans l'emplacement approprié ;

➤ **Expression des résultats**

La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mgO_2/l , (la concentration en masse d'oxygène consommé par la matière organique présente dans échantillon) (**Figure 28 annexe**)

e)-Demande biochimique en oxygène ➤ Mode opératoire

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate ;
 - Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO ;
 - Ajouter de la soude pour absorber le CO_2 formé ;
 - Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO; Mettre le DBO en marche à 20°C pendant 5 jours. ➤
- Expression des résultats

La lecture est effectuée après 5 jours d'incubation à 20°C . On calcule la concentration en DBO par la formule suivante :

$$[\text{DBO5}] \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = v \times f$$

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

f : le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisi.

f)- Dosage de nitrates

Les nitrates sont dosés par la méthode de Kit hach LCK 339

➤ Mode opératoire

- Pipeter 1 ml d'échantillon dans la cuve à code barre ;
- Ajouter 0,2 ml de solution A;
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois jusqu'à ce que le mélange soit complet ;
- Laisser reposer la cuve pendant 15 min ; Insérer la cuve dans le spectrophotomètre (DR2800). (Figure 29 annexes)

-
- **Expressions des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

g)-Dosage de nitrites

Les nitrites sont dosés par la méthode *kit Hach LKC 34*.

- Mode opératoire
 - Enlever délicatement la feuille de protection du *Dosicap Zip* détachable ;
 - Dévisser puis pipeter 2.0 ml d'échantillon ;
 - Visser immédiatement en dirigeant le cannetaje vers haut ;
 - Secouer jusqu'à dissolution du lyophilisat ;
 - Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

- *Expressions des résultats*

Les résultats sont exprimés en mg/l

h) .Dosage d'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est dosé par méthode kit Hach LKC 341

- **Mode opératoire**
 - Enlever délicatement la feuille de protection du *Dosicap Zip* détachable ;
Dévisser et Pipeter 2.0 ml d'échantillon ;
 - Visser immédiatement la cuve dirigeant le cannetaje vers haut et secouer énergétiquement ;
 - Attendre 15 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer (Figure 30 annexe).

- **Expressions de résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

i)-Dosage d'ortho phosphate

Les ortho phosphates sont mesurés par la méthode **kit Hach LKC 350**

- Mode opératoire
 - Enlever délicatement la feuille de protection du **Dosicap Zip** ;

Dévisser et Pipeter 0.4 ml d'échantillon ensuite visser la cuve dirigeant le cannetaje vers le haut ;

- Secouer et chauffer dans le thermostat pendant 60 min à 100°C
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.5 ml de réactif B ;
- Visser une cuve sur la C gris puis mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite;
- Reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau ; ▪ Nettoyer l'extérieur et mesurer. (figure annexe)

➤ **Expressions de résultat**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

III.3.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont basées sur la recherche des germes suivants :

- Coliformes totaux
- Coliformes fécaux
- Streptocoques
- Bactéries anaérobies sulfite –réducteurs ▪ Salmonelles.
- Vibrions cholériques.
- Staphylocoques.

Pendant notre étude, les analyses microbiologiques des eaux ont été effectuées par la méthode de filtration sur membrane en esters de cellulose, de porosité 0,45 µm, susceptible de retenir les bactéries.

a) Choix de la dilution

Le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la charge microbienne de l'eau à analyser.

b) Préparation des dilutions

Prendre une série de flacons stériles contenant 225 ml d'eau distillée à pH neutre et répartir dans d'autres flacons stériles vides à un volume de 90 ml.

- Prélever 10 ml d'échantillon analysé et ajouter dans le 1^{er} flacon contenant 90ml d'eau distillé. Fermer et agiter le flacon. La suspension obtenue est de 10 ;

- De la même façon prélever 10 ml de la dilution 10^{-1} et transférer dans le 2^e flacon pour obtenir une dilution 10^{-2} ;
- Répéter la même procédure jusqu'à atteindre la dilution idéale (selon la saison et la charge polluante (matières en suspension) de l'eau à analyser.
- Dans notre cas les dilutions sont estimées entre 10^{-4} à 10^{-7} pour les eaux brutes, 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux décantées et 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux épurées(Figure 2)

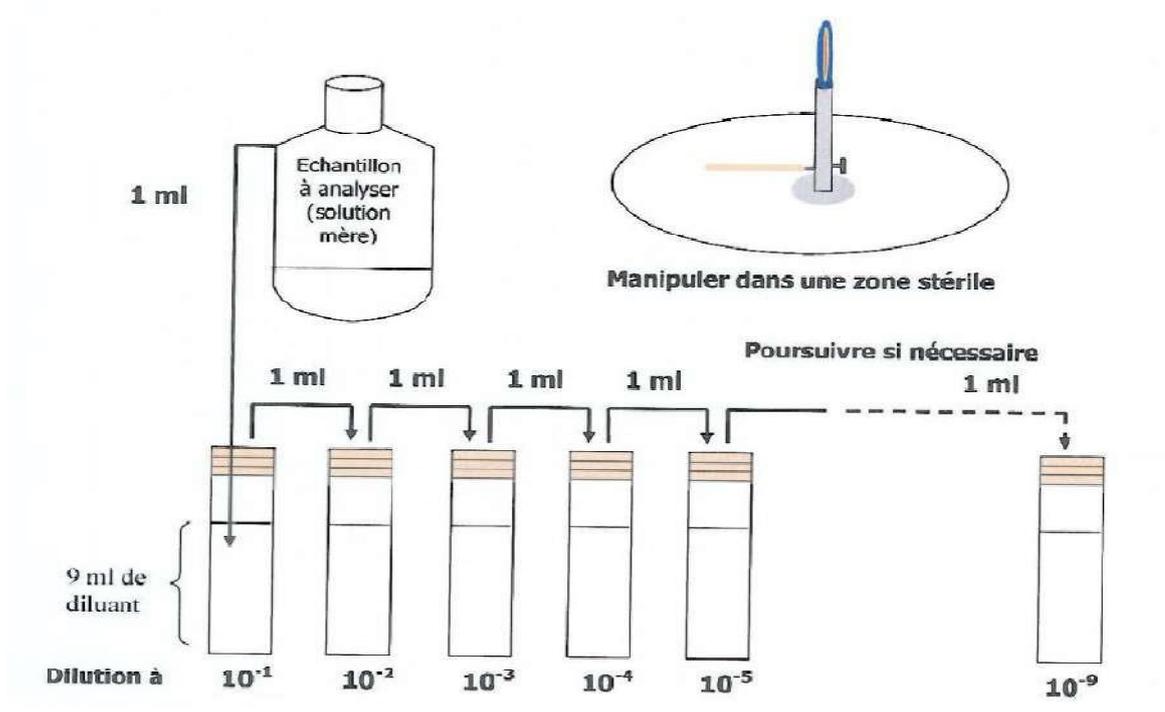


Figure 2 : Préparation des dilutions

c)-Colimétrie par filtration

La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, et précise, normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration.

- Mettre en marche la pompe à vide ;
- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme), à l'aide d'un bec bunsen ;
- Refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile ;

Prélever une membrane stérile en ester de cellulose de son emballage de 0.4 µm, la saisissant par son bord extérieur de façon aseptique, avec une pince flambée et refroidie et la déposer entre la plaque poreuse et l'entonnoir ;

- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère (100 ml) ;
- Ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide ;
- Dès que la membrane paraît sèche, fermer le robinet, enlever le dispositif de fixation ;
- Prélever la membrane avec une pince flambée en la saisissant par son extrême bord et l'introduire sur le milieu de culture choisi.

Note : Cette méthode a été utilisée pour la recherche de bactéries à l'exception des salmonelles, des vibrions et des bactéries anaérobies sulfito- réducteurs.

Le nombre de microorganisme recherché sera calculé à partir de la formule (citée-cidessus) sauf pour les salmonelles, les vibrions et les bactéries anaérobies sulfito- réducteurs qui sont comptés directement.

$$\text{NOR} = \frac{\text{Nb colonies dénombré sur la boîte}}{\text{volume filtré x dilution}} \times 100$$

NOR- Nombre de micro-organisme recherchés ; Nb- nombre

d)-Dénombrement des germes indicateurs d'une contamination fécale par la méthode de filtration

d.1. Coliformes totaux

➤ Mode opératoire

Première étape : test de présomption ;

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant la gélose lactose au TTC au Tergitol;
- La boîte de pétri contenant la membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures et elle servira à la recherche des coliformes totaux. **(NF EN ISO 9308-1).**

▪
d.2. Coliformes fécaux

➤ **Mode opératoire**

Première étape : test de présomption

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant la gélose lactose au TTC au Térigitol;
- La boîte de pétri contenant la membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux. (NF EN ISO 9308-1).

➤ **Lecture**

Après 24 heures d'incubation, les colonies sont de petites tailles, lisses, légèrement bombées, à contours régulier et pigmentées en jaune orange.

Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC, ils ne poussent théoriquement que les coliformes.

Ne pas dénombrer que les boîtes refermant 15 et 300 colonies. Le nombre de colonies trouvés sera exprimé dans 100ml d'eau à analyser.

Deuxième étape : test de confirmation

Les colonies caractéristiques sont isolées pour pratiquer des tests simples, confirmatifs sur un bouillon Tryptophane et test d'oxydase.

Impérativement repiquage sur les milieux confirmatifs liquides :

- a) Bouillon lactose bilié au vert brillant à cloche, incubé à 37°C. l'existence d'un virage au jaune, trouble et production de gaz dans la cloche correspond à une réaction positive, pour la présence des coliformes totaux.
- b) Même milieu incubé à 44°C ; une réaction positive correspond à la présence des coliformes fécaux.

Recherche de l'oxydase : prélever à l'aide d'une pipete pasteur, une colonie isolée et m'étaler sur un papier filtre, imprégner de quelques gouttes de solution à 1% de Chlorhydrate de tétra-méthyl-paraphénylènediamine préparé extemporanément.

➤ **Lecture**

En présence d'oxydase, une coloration violet-brun apparaît immédiatement.

d.3. Escherichia coli

➤ Mode opératoire

Prélever quelques gouttes à partir des tubes de tryptophane contenant un virage de couleur vert jaune plus dégagement de gaz dans la cloche de Durham. Transférer les dans un milieu Schubert. Incuber à 44°C pendant 24h. (NF EN ISO 9308-1).

➤ Lecture

L'existence de pousses bactériennes, de gaz dans la cloche (fermentation du mannitol avec gaz) et une pente rouge après addition de réactif de Kowacs, indiquant la présence d'Escherichia coli.

d.4. Entérocoques

➤ Principe

Après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies d'entérocoques. (NF ISO 7899-2).

➤ Mode opératoire

- Filtrer 100 ml de la quantité désirée;
- Placer la membrane sur une boîte de milieu de Slanetz et Bartley contenant le réactif;
- Incuber pendant 48 heures à 37 °C.

➤ Lecture

Dénombrer toutes les colonies rouges, marrons, violettes ou roses visibles sur la boîte.

Il est cependant possible d'obtenir une confirmation rapide en déposant une goutte de solution de peroxyde d'hydrogène à 3 % sur les colonies suspectes (test de catalase). Si celles-ci contenaient une catalase, des bulles de gaz se dégageraient spontanément.

Si les colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre à l'aide d'une pipette stérile, sans retournement sur la boîte de pétri contenant le milieu BEA (Bile Esculine Agar) et faire incuber à 44°C pendant 2 heures puis les retirer et compter les colonies entourées d'un halo noir.

e)-Germes pathogènes**e.1. Bactéries anaérobies sulfite réducteurs****➤ Principe**

Anaérobies sulfite-réducteurs se présentent sous forme de bactéries gram positif. Elles se développent en 24 à 48 heures sur la gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) et en présence de Fe^{2+} donne FeS de couleur noire. (NF T 90-415)

➤ Mode opératoire

- Mettre 25 ml d'eau dans un tube stérile qui sera soumis à un choc thermique (chauffage) de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes formes végétatives des anaérobies sulfite réducteurs présentes ;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question sous l'eau du robinet ;
- Repartir ensuite le contenu de ce tube dans 4 tubes différents, et stériles à raison de 5 ml par tube ;
- Ajouter les réactifs Alun de fer et sulfite de Sodium dans la gélose Viande Foie ; Ajouter environ 18 à 20 ml de la gélose viande foie, fondue puis refroidie ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et l'introduction d'oxygène ;
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture

La première lecture doit être réalisée après 16 heures. La deuxième lecture se fera après 24 et la dernière à 48 heures. La lecture se base sur le dénombrement de toutes les colonies noires de 0.5 mm de diamètre.

e.2. Salmonelles

Les Salmonelles sont recherchées par la méthode de filtration (méthode interne).

➤ Principe

Comme les salmonelles sont des bactéries très pathogènes et difficiles à identifier, on a prélevé cinq litres d'eau à analyser et laissé reposer pendant deux heures pour la formation d'un dépôt (culot) qui servira comme échantillon pour l'analyse d'eau.

➤ **Mode opératoire**

- Laisser reposer le bidon contenant 5 litres d'eau à analyser pour former un dépôt ;
- Rejeter les 5 litres d'eau et garder le culot.

1^e jour d'enrichissement :

Remplir le flacon qui contient le milieu SFB plus additif à double concentration avec le culot jusqu'à 250 ml. Incuber à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Milieu trouble, virage de couler du jaune vers orange foncé.

2^e jour d'enrichissement et isolement :

Prendre quelques gouttes du flacon SFB à DC et mettre dans un milieu SFB SC de 10 ml et incuber à 37°C pendant 24 h.

Au même temps à l'aide d'une pipette pasteur stérilisée former une boucle dans la pointe, prendre une petite goutte et déposer dans la boîte de pétri contenant la gélose Hektoen pour l'isolement et incuber à 37°C pendant 24 heures. Les colonies apparaissent avec un centre noir et un halo vert. Les colonies caractéristiques de chaque milieu gélosé positive sont repiquées sur le milieu TSI en tube puis elles sont incubées à 37°C pendant 24h.

➤ **Lecture**

Le milieu TSI suspecté avec un culot jaune, pente rouge et avec ou sans dégagement de gaz et H₂S. Un repiquage doit être fait sur un tube contenant de l'urée et isolement sur un autre TSI incubé à 37°C pendant 24h pour des tests d'identification. Tout type de colonies dont l'aspect est caractéristique ou douteux doit être soumis à une confirmation.

Repiquer les colonies caractéristiques (au moins cinq) de chaque milieu gélosé positif sur un milieu gélosé TSI en tube, puis incubation à 37°C pendant 24h.

Si le tube TSI est suspect (culot jaune fermentation du sucre) et pente rouge brique avec dégagement de gaz et/ou H₂S), il faut faire un repiquage sur un tube contenant de l'urée indole et l'isolement sur un autre TSI, après incuber tout à 37°C pendant 24h ; Procéder à un ensemencement d'une galerie biochimique de type API 20E à incuber à 37°C pendant 24h.

(Figure 03)

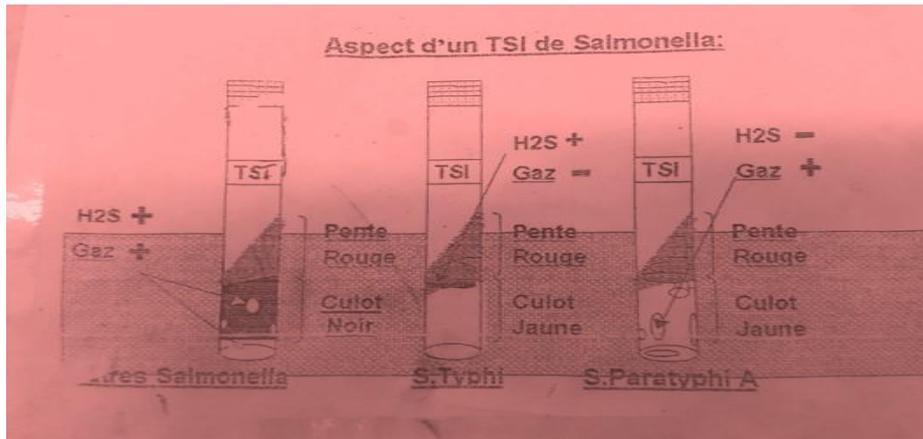


Figure 03: Aspect d'un TSI de Salmonella (F.MOUFFOF)

e.3.Vibrions cholériques- Méthode interne ➤

Principe

Les vibrions sont des bactéries hautement pathogènes et difficiles à trouver. Pour avoir un résultat fiable, on a prélevé cinq litres d'eau à analyser, laissé reposer pendant deux heures pour la formation d'un dépôt (culot) qui servira comme échantillon pour l'analyse d'eau. (ISO/ TS 21872-1).

➤ Mode opératoire

- Laisser reposer le bidon contenant 5 litres d'eau à analyser pour former le dépôt ;
- Rejeter les 5 litres d'eau et garder le culot.

1^e jour d'enrichissement primaire :

Dans un flacon contenant le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré, on ajoute 100 ml du culot puis incuber à 37°C pendant 24h.

2^e jour d'enrichissement secondaire

A partir de l'enrichissement primaire, nous avons procédé comme suit, d'une part à l'enrichissement secondaire sur un milieu EPA en tube à raison de 1ml, d'autre part à isolement sur gélose GNAB. Le tout est incubé à 37°C pendant 24h.

3^e jour d'isolement :

Le tube d'enrichissement secondaire fera l'objet d'un isolement sur gélose GNAB 2 puis il sera incubé à 37°C pendant 24 h.

➤ Lecture et identification

Les boîtes de GNAB 1 subiront une lecture après 24h.

Les boîtes de GNAB 2 subiront une lecture après 24h. Les colonies caractéristiques se présentent le plus souvent, sous forme de grosses colonies lisses et transparentes. Parmi ces dernières, 5 colonies feront l'objet d'une identification biochimique. (**Tableau X**)

Tableau X : Différenciation entre les Vibrions, Aéromonas et Pleisiomonas

	Lysine décarboxylase LDC	Ornithine décarboxylase ODC	Arginine di hydrolase ADH
<i>Vibrions</i>	+	+	-
<i>Aéromonas</i>	-	-	+
<i>Pleisiomonas</i>	+	+	+

(Bonhomme, 2003)

e.4. Staphylocoques ➤ Principe

Après la filtration sur membrane, celle-ci est déposée sur un milieu sélectif pour les bactéries tolérantes de hautes concentrations en NaCl, (le milieu Chapman au Mannitol). Les colonies présentant l'aspect de *Staphylococcus aureus* sont soumises alors aux essais de «pathogénicité», coagulase et éventuellement désoxyribonucléase et phosphatase. (**NF 90421**)

Mode opératoire

- Après filtration de la prise d'essai, appliquer la membrane sur la gélose Chapman ;
- Incuber à 37 °C durant 24 h à 48 heures.

Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et elles élaborent leur propre pigment Elles apparaissent en jaune et elles surmontent une zone jaune du milieu sous la membrane, par suite de la fermentation du mannitol. Les colonies suspectes sont confirmées par un test de catalase qui doit être positif.

Test de catalase

Technique : Déposer sur lame une goutte d'eau oxygénée à 10 volume et émulsionner un peu de la colonie suspectée ou de la culture obtenue sur gélose.

➤ Lecture

Le dégagement des bulles de gaz indique la présence de la catalase, donc catalase positive.

III.4. Rendements d'épuration

Le rendement d'épuration est le taux d'abattement qui est déterminé à partir des calculs de flux admis en épuration sortant des stations. Les performances épuratoires des stations sont fixées, soit en concentration maximales, calculées en sortie de station, soit en rendement minimale calculé en faisant le rapport entre la pollution sortante et la pollution entrante.

(Guellaud et Romana, 1996).

$$R = \frac{\text{la concentration en amont} - \text{la concentration en aval}}{\text{la concentration en amont}} \times 100$$

Introduction

Durant notre stage qui s'est déroulés en 04 mois (Avril, Mai, Juin et Juillet) au sein de la station d'épuration (STEP) de Réghaia, nous avons effectué des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux brutes, décantées et épurées, afin de s'assurer de l'efficacité du procédé d'épuration des eaux usées.

III.1. Présentation de la STEP de Réghaia

La station d'épuration de Réghaia est de type boues activées, elle fonctionne en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une de phosphatation par injection ferrique.

Les eaux usées reçues dans cette station proviennent de deux pompages différents qui sont d'origine industrielle : 60% et 40% d'origine domestique et autres, le système d'assainissement est unitaire.

Les principales caractéristiques, les données de base de dimension et la description sont présentées dans les **tableaux V, VI et VII (annexe I)**.

III.1. 1. Situation géographique

La S.T.E.P de REGHAIA est située à environ 28 km à l'Est d'Alger. Elle est bordée au Nord par le lac de Réghaia, au Sud par la Route Nationale RN24, à l'Est par la ville de Boudouaou et à l'Ouest par la ville d'Ain taya (**Figure 1**)



Figure 1 : Vue en 3D du lac de Réghaia sur l'image satellitaire Alsat-2A, 01/01/2016

III.2. Matériel

III.2.1. Matériel non biologique

Voir annexes

III.2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est le suivant:

- Eaux usées brutes
- Eaux usées décantées
- Et eaux usées épurées

III.2.3. Echantillonnage et prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé pendant une période allant du 13 Avril au 15 Juin 2017 à raison d'un prélèvement par semaine (**tableau VIII**). Les échantillons sont prélevés manuellement à l'aide d'une tige :

- Dans des bouteilles en polyéthylène pour des analyses physico-chimiques (ils sont effectués au sein du laboratoire de la STEP de la wilaya de Réghaia).
- Dans des flacons stériles pour des analyses microbiologiques (réalisés au niveau de l'Etablissement Public de Santé à Proximité de Médea)
- Tous les échantillons ont été conservés immédiatement dans une glacière avec une réserve de froid suffisante pour garder la température inférieure à 4°C.

Trois points de prélèvement ont été choisis, à savoir :

- Premier point à l'entrée: l'eau brute n'ayant subi aucun traitement (EB) ;
- Deuxième point au milieu : l'eau décantée de la station de Réghaia (ED) ;
- Troisième point à la sortie : l'eau épurée de la station de Réghaia (EE).

Note : Avant chaque prélèvement, il est nécessaire de rincer les flacons deux ou trois fois avec l'eau à prélever et mettre une étiquette sur chaque flacon, contenant la date de prélèvement.

Tableau VIII: Quantité et nombre d'analyses

	Etude microbiologiques			Etude physico-chimique		
	EB	ED	EE	EB	ED	EE
Quantité du prélèvement	5 litres	5 litres	5 litres	2 litres	2 litres	2 litres
Nombre d'analyses	6	6	6	6	6	6

EB : Eau brute ED : Eau décanté EE : Eau épurée

III.3. Méthodes

Au cours de notre stage, nous avons réalisé 09 analyses physico-chimiques. Ils sont résumés dans le tableau 09. Chaque méthode est citée avec son principe.

III.3.1. Analyses physico-chimiques

Tableau IX: Analyses physico-chimiques et leurs principes

Paramètre physico-chimique	Principe
Température et pH	Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de mesure et une électrode de référence plongeant dans une même solution. NF T90-008
Conductivité électrique	La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. L'appareil qu'a été utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 que permet la détermination directe de conductivité électrique des solutions aqueuses. NA 749
Demande chimique en oxygène	La demande chimique en oxygène, notée DCO, représente la quantité d'O ₂ consommé par toutes les matières réductrices. L'oxygène est fourni par un oxydant très puissant (dichromate de potassium) en condition acide et à ébullition pendant 2 heures. Les tests en cuve LCK Hach reposent sur le même principe de réaction que les mesures avec solutions étalon. Seules les quantités d'échantillon et de réactif ainsi que les méthodes d'évaluation (photométrique et non pas volumétrique) changent. ISO 15705
Demande biologique en oxygène	Les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau qui contient la matière organique biodégradable, consommant l'oxygène et produisent une quantité équivalente en anhydride carbonique (CO ₂), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple) pour piéger le CO ₂ , on aura une diminution progressive de la pression du gaz, qui est par la suite mesurée avec une élévation de niveau de mercure. ISO 5815
Nitrites	Les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques donne des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un amino-groupe ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense. ISO 26777
Nitrates	Les ions nitrates dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique réagissent avec le 2.6 diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2.6diméthylphénol. ISO 7890
Ammonium	Les ions ammonium en présence de sodium nitroprusique agissant comme catalyseur et à une valeur de pH d'environ 12.6. Ils réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol. ISO7150
Ortho-phosphates	Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les molybdate et antimoine pur donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremolybdé. ISO 6878
Matières en suspension	Les matières en suspension sont dosées par la méthode de filtration selon la norme ISO 11923.

a) Température et pH

➤ **Mode opératoire**

- Mettre en marche l'appareil du pH, puis rincer les 2 électrodes avec l'eau distillée ;
- Etalonner l'appareil au moyen de deux solutions tampons de pH connu.
- L'étalonnage doit se faire sur place juste avant la mesure ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser et faire la correction de la température;
- Tremper l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon à analyser ;
- Agiter doucement avec le barreau magnétique ;
- Appuyer sur la touche correspondante à la valeur du pH et de la température, puis noter le résultat ;
- A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

➤ *Expression des résultats*

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C) et la valeur du pH.

b)-Conductivité électrique

➤ **Mode opératoire**

- Allumer le conductimètre et rincer plusieurs fois la sonde du conductimètre avec l'eau distillée ;
- Prendre une quantité suffisante d'eau à analyser dans un bécher ;
- Mettre l'électrode dans le bécher, laisser stabiliser puis noter la valeur de la conductivité ;

➤ *Expression des résultats*

Les résultats de la conductivité seront exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

c)-Matières en suspension

➤ **Mode opératoire**

- Laver les filtres en vrac par immersion dans l'eau distillée environ 4 heures ;
- Sécher les filtres à 105°C pendant au moins une heure. Peser le filtre ;
- Eviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières ;
- Placer le filtre la partie lisse en bas dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide ;

- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon puis transférer immédiatement dans l'entonnoir du dispositif de filtration ;
 - Pour les eaux brutes, le volume versé doit être compris entre 50 et 100 ml ;
 - Pour les eaux épurées, le volume doit être compris entre 500 et 1000 ml ;
- Retirer avec prudence le filtre de l'entonnoir à l'aide de pince à extrémités plates ;
- Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à 105 °C pendant au moins 2 heures ;
- Retirer les creusets de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur pendant au moins 30 minutes puis les peser.

➤ **Calcul et expression des résultats**

La teneur en MES est calculée selon l'expression suivante :

$$P = \frac{(M1 - M0) \times 1000}{V}$$

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

V : volume, en millimètre, de la prise d'essai.

M0 : masse en milligramme de la capsule vide.

M1: masse en milligramme du creuset et son contenu après séchage à 105°C et dessiccation.

d)-Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène est déterminée par la méthode kit Hach LCK

➤ **Mode opératoire**

- Prendre une cuve de la gamme indiquée et bien agiter ;
- Pipeter 2 ml de l'échantillon dans la cuve Bien agiter la cuve à code barre pour bien mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve ;
- Chauffer le tube pendant 24h à 48°C.
- Secouer énergiquement et laisser refroidir la cuve pendant un petit moment ;

Nettoyer la cuve, puis l'insérer dans l'emplacement approprié ;

➤ **Expression des résultats**

La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mgO_2/l , (la concentration en masse d'oxygène consommé par la matière organique présente dans échantillon) (**Figure 28 annexe**)

e)-Demande biochimique en oxygène ➤ Mode opératoire

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate ;
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO ;
- Ajouter de la soude pour absorber le CO_2 formé ;
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO; Mettre le DBO en marche à 20°C pendant 5 jours. ➤

Expression des résultats

La lecture est effectuée après 5 jours d'incubation à 20°C . On calcule la concentration en DBO par la formule suivante :

$$[\text{DBO5}] \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = v \times f$$

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

f : le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisi.

f)- Dosage de nitrates

Les nitrates sont dosés par la méthode de Kit hach LCK 339

➤ Mode opératoire

- Pipeter 1 ml d'échantillon dans la cuve à code barre ;
- Ajouter 0,2 ml de solution A;
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois jusqu'à ce que le mélange soit complet ;
- Laisser reposer la cuve pendant 15 min ; Insérer la cuve dans le spectrophotomètre (DR2800). (Figure 29 annexes)

-
- **Expressions des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

g)-Dosage de nitrites

Les nitrites sont dosés par la méthode *kit Hach LKC 34*.

- Mode opératoire
 - Enlever délicatement la feuille de protection du *Dosicap Zip* détachable ;
 - Dévisser puis pipeter 2.0 ml d'échantillon ;
 - Visser immédiatement en dirigeant le cannetage vers haut ;
 - Secouer jusqu'à dissolution du lyophilisat ;
 - Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

- *Expressions des résultats*

Les résultats sont exprimés en mg/l

h) .Dosage d'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est dosé par méthode kit Hach LKC 341

- **Mode opératoire**
 - Enlever délicatement la feuille de protection du *Dosicap Zip* détachable ;
Dévisser et Pipeter 2.0 ml d'échantillon ;
 - Visser immédiatement la cuve dirigeant le cannetage vers haut et secouer énergétiquement ;
 - Attendre 15 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer (Figure 30 annexe).

- **Expressions de résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

i)-Dosage d'ortho phosphate

Les ortho phosphates sont mesurés par la méthode **kit Hach LKC 350**

- Mode opératoire
 - Enlever délicatement la feuille de protection du **Dosicap Zip** ;

Dévisser et Pipeter 0.4 ml d'échantillon ensuite visser la cuve dirigeant le cannetaje vers le haut ;

- Secouer et chauffer dans le thermostat pendant 60 min à 100°C
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.5 ml de réactif B ;
- Visser une cuve sur la C gris puis mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite;
- Reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau ; ▪ Nettoyer l'extérieur et mesurer. (figure annexe)

➤ **Expressions de résultat**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

III.3.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont basées sur la recherche des germes suivants :

- Coliformes totaux
- Coliformes fécaux
- Streptocoques
- Bactéries anaérobie sulfite –réducteurs ▪ Salmonelles.
- Vibrions cholériques.
- Staphylocoques.

Pendant notre étude, les analyses microbiologiques des eaux ont été effectuées par la méthode de filtration sur membrane en esters de cellulose, de porosité 0,45 µm, susceptible de retenir les bactéries.

a) Choix de la dilution

Le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la charge microbienne de l'eau à analyser.

b) Préparation des dilutions

Prendre une série de flacons stériles contenant 225 ml d'eau distillée à pH neutre et répartir dans d'autres flacons stériles vides à un volume de 90 ml.

- Prélever 10 ml d'échantillon analysé et ajouter dans le 1^{er} flacon contenant 90ml d'eau distillé. Fermer et agiter le flacon. La suspension obtenue est de 10 ;

- De la même façon prélever 10 ml de la dilution 10^{-1} et transférer dans le 2^e flacon pour obtenir une dilution 10^{-2} ;
- Répéter la même procédure jusqu'à atteindre la dilution idéale (selon la saison et la charge polluante (matières en suspension) de l'eau à analyser.
- Dans notre cas les dilutions sont estimées entre 10^{-4} à 10^{-7} pour les eaux brutes, 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux décantées et 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux épurées(Figure 2)

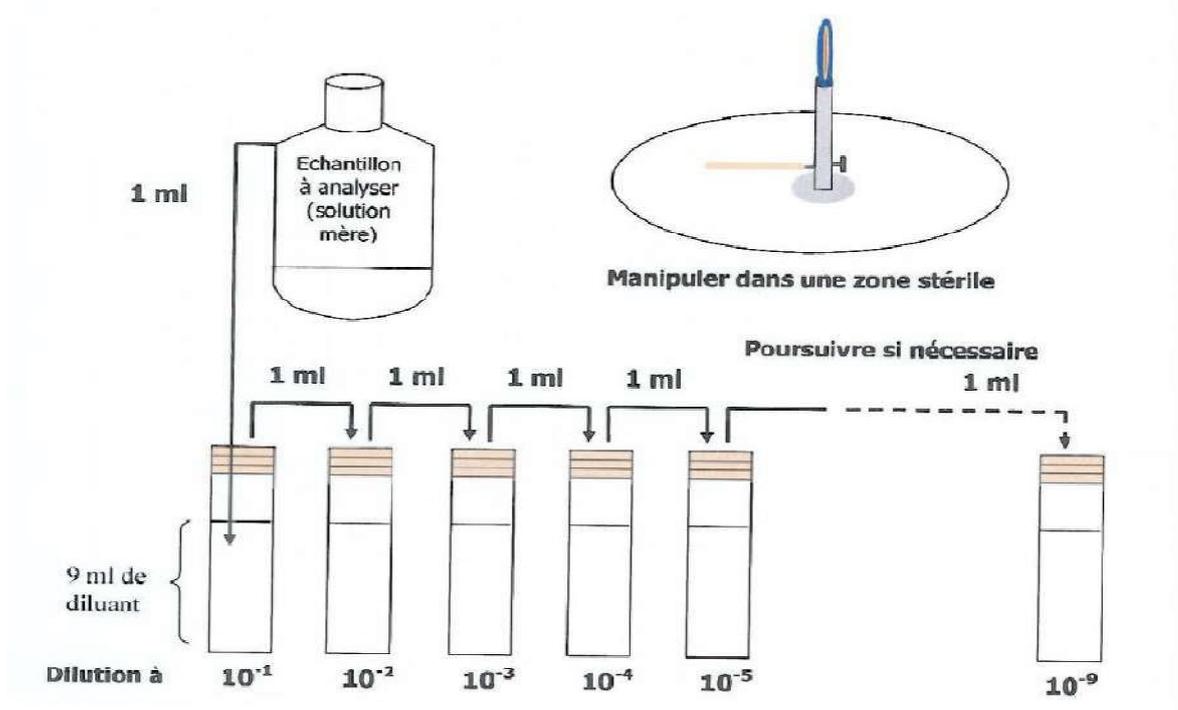


Figure 2 : Préparation des dilutions

c)-Colimétrie par filtration

La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, et précise, normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration.

- Mettre en marche la pompe à vide ;
- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme), à l'aide d'un bec bunsen ;
- Refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile ;

Prélever une membrane stérile en ester de cellulose de son emballage de 0.4 µm, la saisissant par son bord extérieur de façon aseptique, avec une pince flambée et refroidie et la déposer entre la plaque poreuse et l'entonnoir ;

- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère (100 ml) ;
- Ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide ;
- Dès que la membrane paraît sèche, fermer le robinet, enlever le dispositif de fixation ;
- Prélever la membrane avec une pince flambée en la saisissant par son extrême bord et l'introduire sur le milieu de culture choisi.

Note : Cette méthode a été utilisée pour la recherche de bactéries à l'exception des salmonelles, des vibrions et des bactéries anaérobies sulfito- réducteurs.

Le nombre de microorganisme recherché sera calculé à partir de la formule (citée-cidessus) sauf pour les salmonelles, les vibrions et les bactéries anaérobies sulfito- réducteurs qui sont comptés directement.

$$\text{NOR} = \frac{\text{Nb colonies dénombré sur la boîte}}{\text{volume filtréux dilution}} \times 100$$

NOR- Nombre de micro-organisme recherchés ; Nb- nombre

d)-Dénombrement des germes indicateurs d'une contamination fécale par la méthode de filtration

d.1. Coliformes totaux

➤ Mode opératoire

Première étape : test de présomption ;

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant la gélose lactose au TTC au Térigitol;
- La boîte de pétri contenant la membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures et elle servira à la recherche des coliformes totaux. **(NF EN ISO 9308-1).**

▪
d.2. Coliformes fécaux

➤ **Mode opératoire**

Première étape : test de présomption

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétri contenant la gélose lactose au TTC au Tergitol;
- La boîte de pétri contenant la membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux. (NF EN ISO 9308-1).

➤ **Lecture**

Après 24 heures d'incubation, les colonies sont de petites tailles, lisses, légèrement bombées, à contours régulier et pigmentées en jaune orange.

Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC, ils ne poussent théoriquement que les coliformes.

Ne pas dénombrer que les boîtes refermant 15 et 300 colonies. Le nombre de colonies trouvés sera exprimé dans 100ml d'eau à analyser.

Deuxième étape : test de confirmation

Les colonies caractéristiques sont isolées pour pratiquer des tests simples, confirmatifs sur un bouillon Tryptophane et test d'oxydase.

Impérativement repiquage sur les milieux confirmatifs liquides :

- a) Bouillon lactose bilié au vert brillant à cloche, incubé à 37°C. l'existence d'un virage au jaune, trouble et production de gaz dans la cloche correspond à une réaction positive, pour la présence des coliformes totaux.
- b) Même milieu incubé à 44°C ; une réaction positive correspond à la présence des coliformes fécaux.

Recherche de l'oxydase : prélever à l'aide d'une pipete pasteur, une colonie isolée et m'étaler sur un papier filtre, imprégner de quelques gouttes de solution à 1% de Chlorhydrate de tétra-méthyl-paraphénylènediamine préparé extemporanément.

➤ **Lecture**

En présence d'oxydase, une coloration violet-brun apparaît immédiatement.

d.3.Escherichia coli

➤ Mode opératoire

Prélever quelques gouttes à partir des tubes de tryptophane contenant un virage de couleur vert jaune plus dégagement de gaz dans la cloche de Durham. Transférer les dans un milieu Schubert. Incuber à 44°C pendant 24h. (NF EN ISO 9308-1).

➤ Lecture

L'existence de pousses bactériennes, de gaz dans la cloche (fermentation du mannitol avec gaz) et une pente rouge après addition de réactif de Kowacs, indiquant la présence d'Escherichia coli.

d.4. Entérocoques

➤ Principe

Après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies d'entérocoques. (NF ISO 7899-2).

➤ Mode opératoire

- Filtrer 100 ml de la quantité désirée;
- Placer la membrane sur une boîte de milieu de Slanetz et Bartley contenant le réactif;
- Incuber pendant 48 heures à 37 °C.

➤ Lecture

Dénombrer toutes les colonies rouges, marrons, violettes ou roses visibles sur la boîte.

Il est cependant possible d'obtenir une confirmation rapide en déposant une goutte de solution de peroxyde d'hydrogène à 3 % sur les colonies suspectes (test de catalase). Si celles-ci contenaient une catalase, des bulles de gaz se dégageraient spontanément.

Si les colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre à l'aide d'une pipette stérile, sans retournement sur la boîte de pétri contenant le milieu BEA (Bile Esculine Agar) et faire incuber à 44°C pendant 2 heures puis les retirer et compter les colonies entourées d'un halo noir.

e)-Germes pathogènes**e.1. Bactéries anaérobies sulfite réducteurs****➤ Principe**

Anaérobies sulfite-réducteurs se présentent sous forme de bactéries gram positif. Elles se développent en 24 à 48 heures sur la gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) et en présence de Fe^{2+} donne FeS de couleur noire. (NF T 90-415)

➤ Mode opératoire

- Mettre 25 ml d'eau dans un tube stérile qui sera soumis à un choc thermique (chauffage) de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes formes végétatives des anaérobies sulfite réducteurs présentes ;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question sous l'eau du robinet ;
- Repartir ensuite le contenu de ce tube dans 4 tubes différents, et stériles à raison de 5 ml par tube ;
- Ajouter les réactifs Alun de fer et sulfite de Sodium dans la gélose Viande Foie ; Ajouter environ 18 à 20 ml de la gélose viande foie, fondue puis refroidie ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et l'introduction d'oxygène ;
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture

La première lecture doit être réalisée après 16 heures. La deuxième lecture se fera après 24 et la dernière à 48 heures. La lecture se base sur le dénombrement de toutes les colonies noires de 0.5 mm de diamètre.

e.2. Salmonelles

Les Salmonelles sont recherchées par la méthode de filtration (méthode interne).

➤ Principe

Comme les salmonelles sont des bactéries très pathogènes et difficiles à identifier, on a prélevé cinq litres d'eau à analyser et laissé reposer pendant deux heures pour la formation d'un dépôt (culot) qui servira comme échantillon pour l'analyse d'eau.

➤ **Mode opératoire**

- Laisser reposer le bidon contenant 5 litres d'eau à analyser pour former un dépôt ;
- Rejeter les 5 litres d'eau et garder le culot.

1^e jour d'enrichissement :

Remplir le flacon qui contient le milieu SFB plus additif à double concentration avec le culot jusqu'à 250 ml. Incuber à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Milieu trouble, virage de couler du jaune vers orange foncé.

2^e jour d'enrichissement et isolement :

Prendre quelques gouttes du flacon SFB à DC et mettre dans un milieu SFB SC de 10 ml et incuber à 37°C pendant 24 h.

Au même temps à l'aide d'une pipette pasteur stérilisée former une boucle dans la pointe, prendre une petite goutte et déposer dans la boîte de pétri contenant la gélose Hektoen pour l'isolement et incuber à 37°C pendant 24 heures. Les colonies apparaissent avec un centre noir et un halo vert. Les colonies caractéristiques de chaque milieu gélosé positive sont repiquées sur le milieu TSI en tube puis elles sont incubées à 37°C pendant 24h.

➤ **Lecture**

Le milieu TSI suspecté avec un culot jaune, pente rouge et avec ou sans dégagement de gaz et H₂S. Un repiquage doit être fait sur un tube contenant de l'urée et isolement sur un autre TSI incubé à 37°C pendant 24h pour des tests d'identification. Tout type de colonies dont l'aspect est caractéristique ou douteux doit être soumis à une confirmation.

Repiquer les colonies caractéristiques (au moins cinq) de chaque milieu gélosé positif sur un milieu gélosé TSI en tube, puis incubation à 37°C pendant 24h.

Si le tube TSI est suspect (culot jaune fermentation du sucre) et pente rouge brique avec dégagement de gaz et/ou H₂S), il faut faire un repiquage sur un tube contenant de l'urée indole et l'isolement sur un autre TSI, après incuber tout à 37°C pendant 24h ; Procéder à un ensemencement d'une galerie biochimique de type API 20E à incuber à 37°C pendant 24h.

(Figure 03)

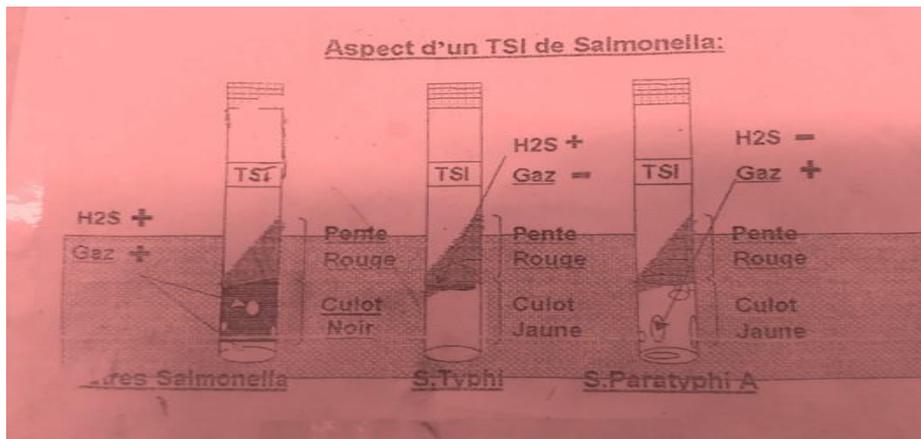


Figure 03: Aspect d'un TSi de Salmonella (F.MOUFFOF)

e.3.Vibrions cholériques- Méthode interne ➤

Principe

Les vibrions sont des bactéries hautement pathogènes et difficiles à trouver. Pour avoir un résultat fiable, on a prélevé cinq litres d'eau à analyser, laissé reposer pendant deux heures pour la formation d'un dépôt (culot) qui servira comme échantillon pour l'analyse d'eau. (ISO/ TS 21872-1).

➤ Mode opératoire

- Laisser reposer le bidon contenant 5 litres d'eau à analyser pour former le dépôt ;
- Rejeter les 5 litres d'eau et garder le culot.

1^e jour d'enrichissement primaire :

Dans un flacon contenant le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré, on ajoute 100 ml du culot puis incubé à 37°C pendant 24h.

2^e jour d'enrichissement secondaire

A partir de l'enrichissement primaire, nous avons procédé comme suit, d'une part à l'enrichissement secondaire sur un milieu EPA en tube à raison de 1ml, d'autre part à isolement sur gélose GNAB. Le tout est incubé à 37°C pendant 24h.

3^e jour d'isolement :

Le tube d'enrichissement secondaire fera l'objet d'un isolement sur gélose GNAB 2 puis il sera incubé à 37°C pendant 24 h.

➤ Lecture et identification

Les boîtes de GNAB 1 subiront une lecture après 24h.

Les boîtes de GNAB 2 subiront une lecture après 24h. Les colonies caractéristiques se présentent le plus souvent, sous forme de grosses colonies lisses et transparentes. Parmi ces dernières, 5 colonies feront l'objet d'une identification biochimique. (**Tableau X**)

Tableau X : Différenciation entre les Vibrions, Aéromonas et Pleisiomonas

	Lysine décarboxylase LDC	Ornithine décarboxylase ODC	Arginine di hydrolase ADH
<i>Vibrions</i>	+	+	-
<i>Aéromonas</i>	-	-	+
<i>Pleisiomonas</i>	+	+	+

(Bonhomme, 2003)

e.4. Staphylocoques ➤ Principe

Après la filtration sur membrane, celle-ci est déposée sur un milieu sélectif pour les bactéries tolérantes de hautes concentrations en NaCl, (le milieu Chapman au Mannitol). Les colonies présentant l'aspect de *Staphylococcus aureus* sont soumises alors aux essais de «pathogénicité», coagulase et éventuellement désoxyribonucléase et phosphatase. (**NF 90421**)

Mode opératoire

- Après filtration de la prise d'essai, appliquer la membrane sur la gélose Chapman ;
- Incuber à 37 °C durant 24 h à 48 heures.

Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et elles élaborent leur propre pigment Elles apparaissent en jaune et elles surmontent une zone jaune du milieu sous la membrane, par suite de la fermentation du mannitol. Les colonies suspectes sont confirmées par un test de catalase qui doit être positif.

Test de catalase

Technique : Déposer sur lame une goutte d'eau oxygénée à 10 volume et émulsionner un peu de la colonie suspectée ou de la culture obtenue sur gélose.

➤ Lecture

Le dégagement des bulles de gaz indique la présence de la catalase, donc catalase positive.

III.4. Rendements d'épuration

Le rendement d'épuration est le taux d'abattement qui est déterminé à partir des calculs de flux admis en épuration sortant des stations. Les performances épuratoires des stations sont fixées, soit en concentration maximales, calculées en sortie de station, soit en rendement minimale calculé en faisant le rapport entre la pollution sortante et la pollution entrante.

(Guellaud et Romana, 1996).

$$R = \frac{\text{la concentration en amont} - \text{la concentration en aval}}{\text{la concentration en amont}} \times 100$$

II.1 Introduction

Les procédés de traitement des eaux sont des techniques qui contribuent à diminuer la teneur en composés indésirables contenus dans les eaux usées par des procédés biologiques, chimiques, physique et/ou mécaniques, en fonction du degré de pollution et de la qualité de l'eau désiré à coté des stations d'épuration de l'eau (**Perraud, 2009**).

La station d'épuration permet de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou qu'elles proviennent des activités quotidiennes de l'homme. Le but est de collecter les eaux usées, puis de les épurer par traitement, avant de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel sans risquer de polluer notre environnement (**Anonyme, 2011**).

II.2. Différentes étapes d'épuration des eaux usées

II.2.1. Prétraitement

Les prétraitements sont destinés à séparer des eaux résiduaires. Les eaux usées véhiculent des corps grossiers de nature variée (papiers, chiffons, bouts de bois, fioles de matière plastique, feuilles etc.) et les sables plus ou moins fins. Ces matières sont de nature à obstruer les conduites et les pompes de l'installation de traitement et le cas des sables à les éroder plus au moins rapidement. Il faut donc les supprimer ou les réduire à des tailles qui sont moins gênantes, pour le faire, on a recours aux procédés physiques ou mécaniques suivantes : dégrillage, tamisage, dessablage, déshuilage et dégraissage (**Beaudry, 1985**).

II.2.1.1. Dégrillage

Le dégrillage permet de séparer les matières volumineuses. Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 10 à 100 mm. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s. Le nettoyage des grilles est réalisé généralement de façon automatique par un dispositif mécanique agissant en amont ou en aval du champ de la grille. On distingue deux types de grilles (**Boeglin, 2002**):

- Grilles manuelles
- Grilles automatiques

Son but est d'éviter l'obturation des conduites et le blocage des organes mécaniques.

II.2.1.2. Tamisage

Le tamisage assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée, à mailles plus ou moins fines. A ce niveau l'eau traverse des tamis fins que retiennent des déchets les plus petits (**Bremaud et al., 2006**).

II.2.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but de piéger les sables et d'autres particules de même taille et de même densité ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, mais ne peut pas piéger les matières organiques (**Edeline, 1985**).

II.2.1.4. Déshuilage et Dégraissage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée dans une enceinte liquide de volume suffisant.

Le dégraissage est donc un compromis entre une rétention maximale des graisses et un dépôt minimal des boues de fond fermentescibles.

Le déshuilage est habituellement réservé à élimination d'huiles présentes en quantité notable dans les eaux usées (**Degrement, 2005**).

II.2.2. Traitement primaire

Le traitement primaire par des procédés physiques et physico-chimiques consiste en une étape de coagulation/floculation suivie d'une étape de décantation ou flottation. Ce traitement élimine pratiquement toute la partie décantables des matières solides en suspension et une partie importante. Il permet également de réduire la DBO₅ qui est associé aux matières solides. Les principaux inconvénients du procédé sont les produits chimiques, les substances métalliques potentiellement toxiques et surtout la production de boues importantes qu'il faudrait éliminer (**Crini et Badot, 2007**).

II.2.2.1. Décantation primaire

Le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont ces matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées. L'opération est réalisée dans des bassins de décantation dont la taille dépend du type

d'installation et du volume d'eau à traiter. De la même manière, le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de la matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30 % de la demande chimique en oxygène (DCO). Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (**Anonyme, 2015**).

II.2.3. Traitement secondaire

Le traitement secondaire ou biologique des eaux usées issues du traitement primaire, permet de décomposer les composés organiques en suspension c'est-à-dire la transformation biologique de la matière organique dissoute en biomasse microbienne et en dioxyde de carbone. Ce traitement élimine 90 à 95% de la demande biochimique en oxygène de l'eau et de nombreuses bactéries pathogènes. Pour éliminer biologiquement les matières organiques dissoutes, plusieurs traitements sont possibles (**Peter et al., 2009**).

II.2.3.1. Traitement biologique

Les traitements biologiques sont basés sur la capacité des microorganismes à oxyder la matière minérale (NH_3 ...) et les matières constitutives de la DCO et de la DBO, et à réduire les molécules comportant l'oxygène NO_3 (anoxie), le SO_4 et le CO_2 . Ils vont permettre d'éliminer la pollution soluble biodégradable et une partie des MES (**Prescott et al., 2010**).

II.2.3.2. Traitement par boues

Le procédé des boues activées tend à être exploité de plus en plus. Lorsque les eaux usées sont aérées vigoureusement pendant un certain temps, les microorganismes initialement présents se multiplient activement aux dépens des substances organiques, d'une part, et grâce à l'oxygénation d'autre part (**Leclerc et al., 1989**).

Ils forment un floc, formé des microorganismes en suspension des sécrétions et des matières organiques de nature colloïdale. Cette masse se sédimente et forme des dépôts qu'on appelle des boues activées (**Leclerc et al., 1989**).

Selon **Faby (1997)**, une épuration biologique (boues activées puis, bassin de clarification) permet d'éliminer 90% des virus et 60 à 90% des bactéries, par contre elle a peu d'effet sur les kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes. Selon **Asano (1998)**, un

traitement par boues activées élimine 90% des bactéries entériques ; 80 à 99% des entérovirus et des rotavirus ; 90% de Giardia et de Cryptosporidium. L'élimination a lieu grâce à la sédimentation des MES et la compétition avec les micro-organismes non pathogènes et la température.

II.2.4. Traitement tertiaire ou supplémentaire

Pendant cette étape de traitement tertiaire certains procédés sont utilisés pour améliorer encore plus la qualité des effluents (élimination du nitrate et du phosphore). Il peut s'agir de procédés physiques (filtration), biologiques ou chimiques. Cette étape permet de réduire le niveau des produits chimiques organiques, des nutriments, des pathogènes et des matières solides en suspension qui se trouvent dans les effluents. Cette étape est nécessaire si des eaux usées doivent être traitées à des niveaux très élevés, par exemple si elles doivent être rejetées dans de l'eau douce (**Peter et al., 2009**).

II.2.4.1. Filtration et Chloration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier l'eau qui contient des matières solides en suspension, en faisant passer à travers un milieu poreux. La filtration est précédée par la coagulation, la floculation et la décantation. Elle permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries. La chloration s'effectue par le chlore, le dioxyde de chlore ou par l'ozone. (**Desjardins, 1988**).

II.2.5. Réutilisation des eaux usées

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques) ; sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et des menaces potentielles sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées (tableau 4), ainsi que sur l'environnement dans son ensemble, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement (**Gharzoul, 2014**).

Tableau IV: Principales utilisations des eaux usées épurées

Utilisations industriels	<ul style="list-style-type: none"> • Refroidissement, lavages des sols, des véhicules, des machines
Utilisations Municipales	<ul style="list-style-type: none"> • Arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes
Utilisations domestiques	<ul style="list-style-type: none"> • Lavages des sols, arrosages, chasse d'eau.
Amélioration des ressources	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge de nappes • Soutien d'étiage de rivières ou fleuves • Alimentation de zones humides

(Roustan, 2014)

Selon le type de réutilisation, nécessite parfois d'un traitement tertiaire. La réutilisation des eaux usées traitées issues des STEP est indispensable. La conception de la filière de traitement supplémentaire doit prendre en compte les usages prévus, la variabilité des eaux en sortie de STEP (y compris lors d'incidents) ainsi que les contraintes imposées par la réglementation en vigueur, principalement liées aux risques sanitaires dus à la présence de certains polluants dans les eaux (microorganismes et micropolluants organiques et inorganiques) **(Roustan, 2014)**.

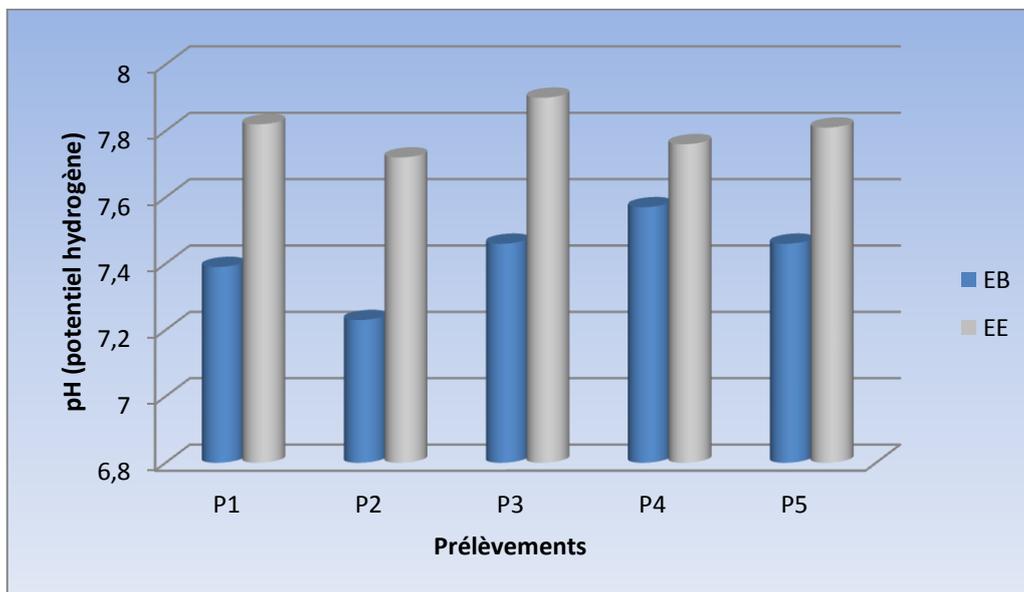
IV.1. Paramètres physico-chimique

Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux ont été effectués, pour montrer l'épuration des eaux usées et traitées dans la station de Réghaia. Les résultats comparatifs et évolutifs entre les eaux brutes (EB) et les eaux épurées (EE), sont illustrés dans le **tableau 11 (annexe)** et dans les **figures 04 jusqu'au 17**. Les résultats obtenus sont comparés avec les normes de l'OMS et de JORA afin d'évaluer la qualité de ces eaux.

IV.1. 1.Potentiel d'hydrogène (pH).

Les valeurs de pH des EB sont comprises entre 7.2 et 7.5 avec une de moyenne 7.35. Alors que celles des EE sont comprises entre 7.7 et 7.9 avec une de moyenne 7.8. Nos résultats sont conformes à la norme donnée par l'OMS et de JORA (Figure 4).

L'augmentation du pH des EE jusqu'à 7.9 est due aux réactions chimiques et/ou réactions biologiques qui produisent des ions basiques et entraînent une basification du milieu (Rejesk 2002).



Normes : OMS et JORA (7,5 et 8,5). EB : Eau brute ; EE : Eau épuré

Figure 04 : Variation du pH en fonctions des prélèvements

IV.1.2. Température (T)

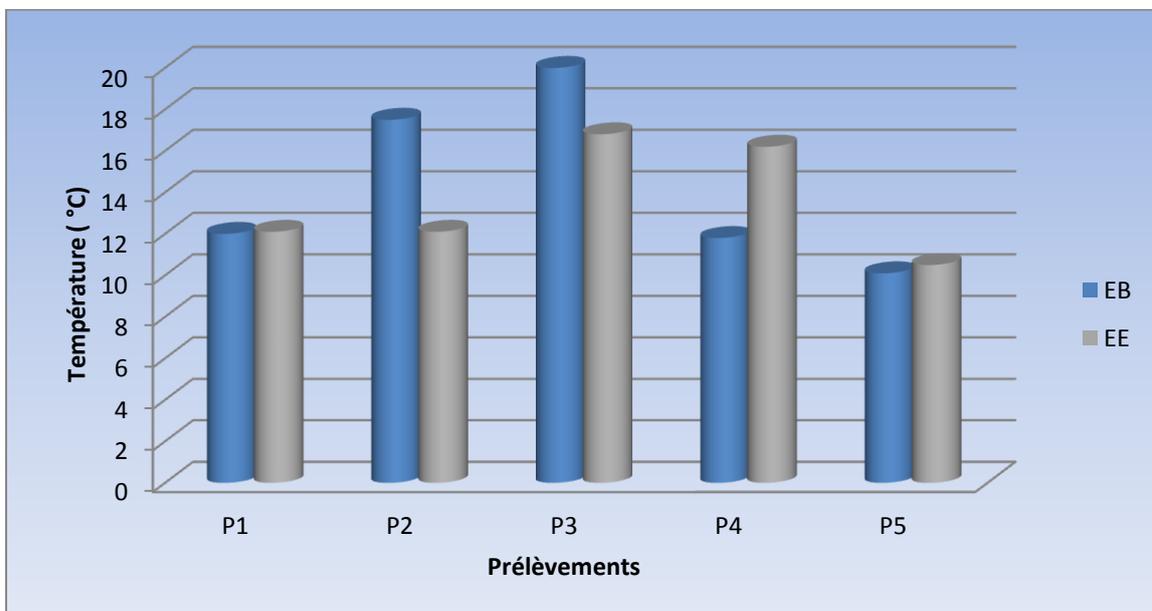
Selon **Meinck et Al., (1877)**, la température de l'eau est très importante, car elle intervient dans plusieurs paramètres, principalement dans le cas d'oxygène dissous qui est

indispensable pour les êtres vivants aérobiques, responsables de l'épuration de l'eau. Plus la température est élevée, plus la quantité d'oxygène diminue.

A l'entrée, les valeurs de la température des EB sont comprises entre 10.1°C et 20°C, avec une moyenne de 14.29°C et pour ceux des EE sont comprises entre 10.1°C et 16.8°C avec une moyenne de 13.54°C (Figure 4).

Les valeurs de la température ne dépassent pas 20°C pour les EB et EE (**Figure 5**) et elles sont étroitement liées à la température de la saison. Les valeurs sont très acceptables, car d'après **Bechac et Al., (1984)**, le fonctionnement des certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseur) nécessite que l'effluent présente une température inférieure à 30°C.

Par ailleurs ces valeurs restent acceptables dans les normes de l'OMS et du JORA (30°C). Ce qui fait le traitement semble efficace.



Normes : OMS et de JORA (30°C)

Figure 05 : Variation des températures en fonctions de temps

IV.1.3. Conductivité électrique (CE)

Selon **Salghi (2007)**, la conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la polarité de l'eau potable utilisée, des microorganismes et des activités industrielles.

D'après la figure 5, les valeurs de la conductivité de l'eau brute, varient entre 1789 et 1874 $\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de 1830,33 $\mu\text{s/cm}$, tandis que celles des EE sont comprises entre 1646 et 1790 $\mu\text{s/cm}$ avec une moyenne de 1738,67 $\mu\text{s/cm}$.

On remarque que les valeurs des EB et EE sont très élevées en comparant avec celles de la norme d'OMS 2006 (1250 $\mu\text{S/cm}$). Ceci est dû probablement à une charge importante de la pollution organique et aussi à l'absence de la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui pourra être retenue dans les boues et selon **Rodier et Al., (2005)**, les valeurs des EB et EE élevées sont probablement du à un apport massif de détergents apportés par les eaux usées domestiques.

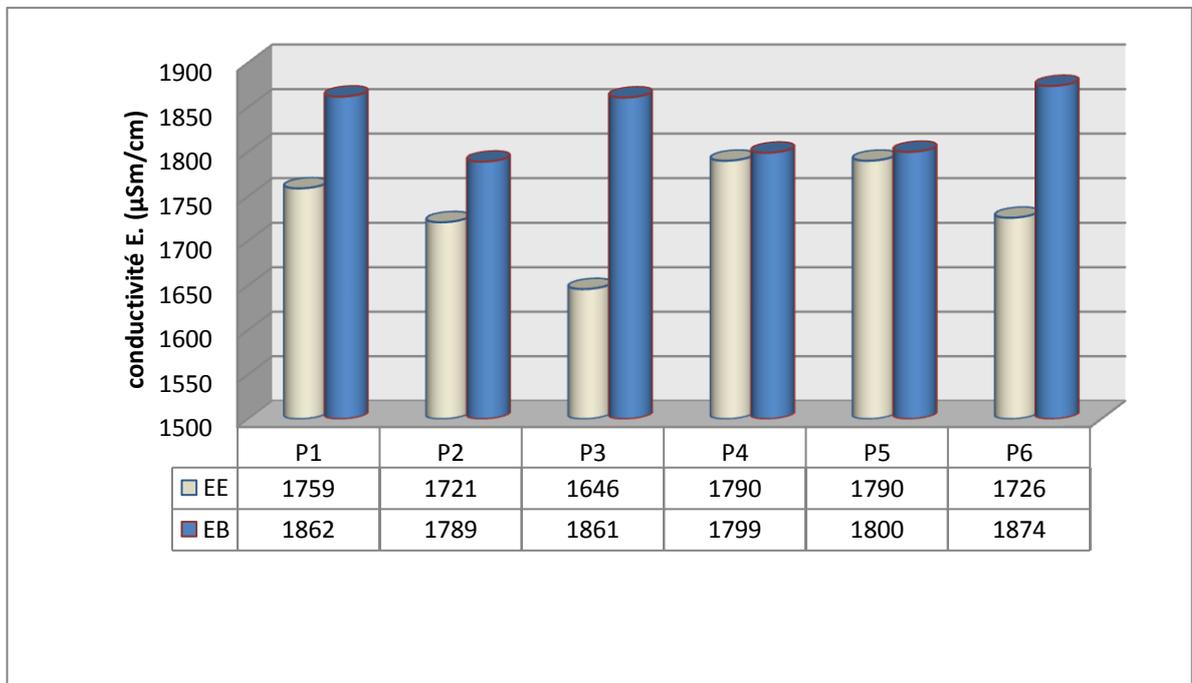


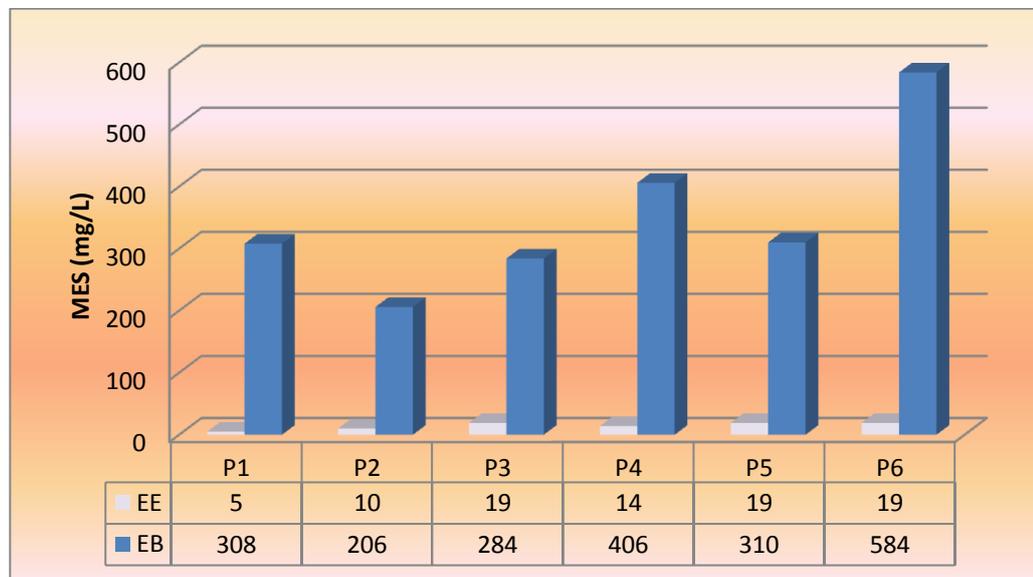
Figure 06 : Variation de la Conductivité électrique en fonction des prélèvements

IV-1-4-MES

L'analyse des résultats de MES montre que les EB étudiées sont caractérisées par une concentration moyenne de 416,33 mg/l avec une valeur minimum (84 mg/l) et une valeur maximal (206 mg/l). Selon **Badia(1996)**, la présence de ces MES dans les différents rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau d'égouts. D'autre part,

elle peut causer des nuisances telles que les dépôts de boue et le colmatage des fonds aquatiques récepteurs. En outre, selon **Belaïd (2010)** la présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que l'obturation des systèmes d'irrigation et la présence de ces matières en suspension dans les différents rejets gêne considérablement l'efficacité des traitements destinées à éliminer le germes photogènes (**Baumont, 2005**).

Les valeurs des EE trouvés sont conformes à la norme donnée par OMS (30mg/l) et par JORA (35mg/l) puisque elles sont comprises entre 5 et 19 mg/l avec une moyenne de 14,33 mg/l. Ceci explique qu'après l'épuration des eaux usées les MES sont éliminées. La diminution des MES dans les eaux épurées est due à l'élimination des sables qui se présentent dans les effluents brutes par l'opération de dessablage qui élimine les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 µm et par floculation biologique dans les clarificateurs.



Normes : EE : 30 mg/l (OMS) et 40 mg/l (JORA.1993).

Figure 07 : Variation des MES en fonction des prélèvements

IV.1.5. Paramètres de la pollution organique

IV.1.5.1. Demande chimique en Oxygène(DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques. Ces dernières possèdent soit un caractère biodégradable soit ils ne possèdent pas. On a toujours une DCO>DBO, car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables (**Djermakoye, 2005**).

La DCO est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai par les matières réductrices contenues dans l'effluent (**Gomella et Guerrée, 1978**).

D'après la **figure 08**, on remarque les résultats à l'entrée varient entre 120,3 et 774 mg O₂/l et à la sortie de la station, les valeurs de la DCO de l'eau traitée sont comprises entre 13,5 et 55,2 mg O₂/l dont la moyenne est égale à 36,58 mg O₂/l. Les valeurs des EE répondent aux normes algériennes de rejets (<120 mg O₂/l) et à celles de la communauté européenne (<125 mg O₂/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<90 mg O₂/l).

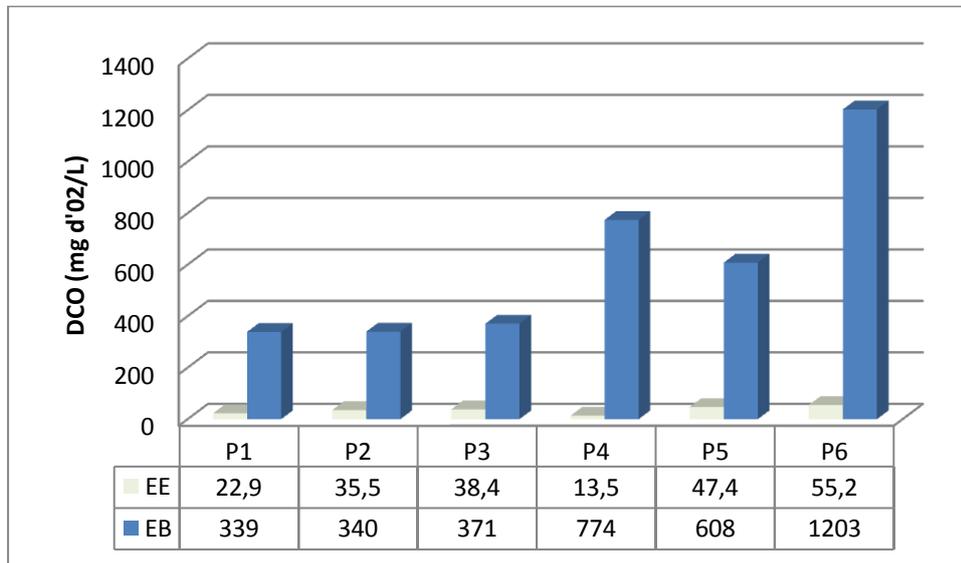


Figure 08 : Variation de la DCO en mg/l en fonction des prélèvements

II-1-5-DBO5

La mesure de la DBO5 est un paramètre prescrit pour la surveillance des rejets et de fonctionnement des stations d'épuration (*arrêt du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement...*) mais elle est peu précise pour qualifier la bonne qualité d'une eau naturelle.

Selon **Fathallah et Al.**, la DBO5 est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction des matières organiques décomposables par des processus biochimiques. Les phénomènes d'autoépuration dans les eaux usées superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par des microorganismes.

L'augmentation des concentrations de la DBO₅ de l'eau brute et traitée est en relation avec la charge en matières organiques biodégradable, d'après **BLIEFERT et PERRAUD (2001)**, elle est associée au développement et l'abondance bactérienne et une diminution de la teneur en oxygène suite à la consommation de ce dernier par les microorganismes.

Les valeurs enregistrées pour les EB, la DBO₅ varient entre et les valeurs pour les EE sont comprises Les variations de DBO₅ enregistrées s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la STEP (urbaine ou industrielle).

Les résultats obtenus dans **la figure 09**, varient entre 200 et 460 mg/l avec une moyenne de 276,67mg/l et celles des EE varient entré 6 et 26 mg/l et une moyenne de 13,33 mg/l. .

L'abaissement de ces valeurs de la DBO₅ dans l'eau épurée est du au passage dans le dessableur, et dans les bassins d'aérations qui permettent l'élimination d'une quantité de la DBO₅ (pourcentage considérables des matières organiques et des matières minérales), mais la grande quantité de la DOB₅ est éliminée.

Selon **Cardot (1999)**, la réduction de la DBO₅ est due à l'activité des microorganismes épurateurs qu'assurent la dégradation et la transformation de la matière organique permettant ainsi l'élimination de la pollution organique.

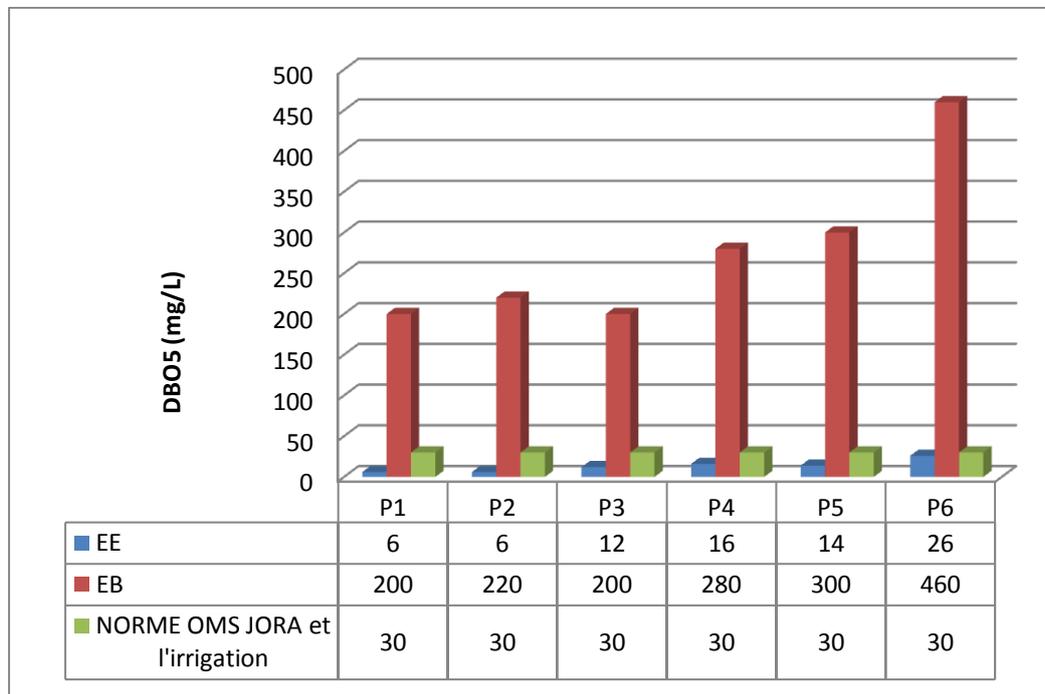


Figure 09 : Variation de la DBO₅ en mg/l en fonction des prélèvements

IV.1.5.3. Rapport de biodégradabilité de la (DCO/DBO₅)

Les eaux usées peuvent être classées en deux catégories : biodégradables et non-biodégradables. Le calcul du coefficient de biodégradabilité des effluents des eaux brutes permet de définir la biodégradabilité de l'effluent. Il est calculé par le rapport DCO/DBO₅ et

dépend de la nature et de l'origine des eaux usées qui peuvent être domestiques ou industrielles, ce qui nécessite des traitements différents selon *Metcalf & Eddy Inc. (2003)*. Selon **Rodier et Al., (2009)**, si $DCO/DBO_5 < 3$, l'effluent est facilement biodégradable ; si la valeur de DCO/DBO_5 est entre 3 et 5, l'effluent est moyennement biodégradable et si il est supérieure à 5, l'effluent est difficilement biodégradable, voir non biodégradable.

Nos résultats révèlent que les effluents à l'entrée de la station sont facilement biodégradables avec valeurs qui varient entre 1,348 et 2,027. Par contre à la sortie, ces valeurs sont augmentées entre 3,2 jusqu'à 8,43 donc elles rendent l'effluent moyennement voire difficilement biodégradable. Ceci est du probablement à un dysfonctionnement des bassins d'aérations au niveau de la STEP qui se traduit par la réduction des microorganismes responsables de l'épuration (**Figure 10**)

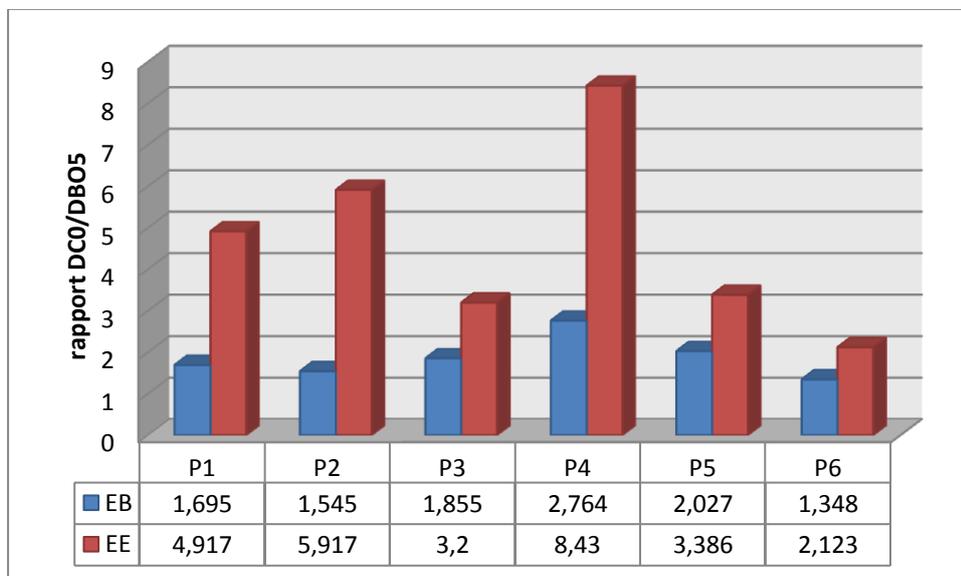


Figure 10: Variation de la DBO5 en mg/l en fonction des prélèvements

IV-1-6- Azote totale (NT)

L'azote est la somme de toutes les formes azotées (nitrite; nitrate; ammonium et azote organique) donc l'excès de l'azote total est dû aux valeurs très élevées enregistrées pour ces formes. D'après **la figure 11**, les valeurs de l'azote total à l'entrée sont comprises entre 5,02 mg/l et 48,8mg/l, alors qu'à la sortie, les valeurs sont comprises entre 2,23 et 29,1 mg/l. Les valeurs de l'eau traitée sont inférieures à 50 mg/l et par conséquent ils répondent aux normes.

Selon **Osmani (2012)** l'élimination biologique de l'azote se réalise en deux phases successives qui sont la nitrification et la dénitrification, antagonistes du point de vue de l'oxygène.

La présence des microorganismes autotrophes vis-à-vis de l'azote, dégradent les protéines en azote ammoniacal. Les bactéries autotrophes telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, transforment, en présence d'oxygène, l'azote ammoniacal (NH_4^+) en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-) ; ces deux étapes mettent en œuvre l'oxydation de ces différents substrats par des bactéries aérobies qui en tirent l'énergie nécessaire à leur chimiosynthèse.

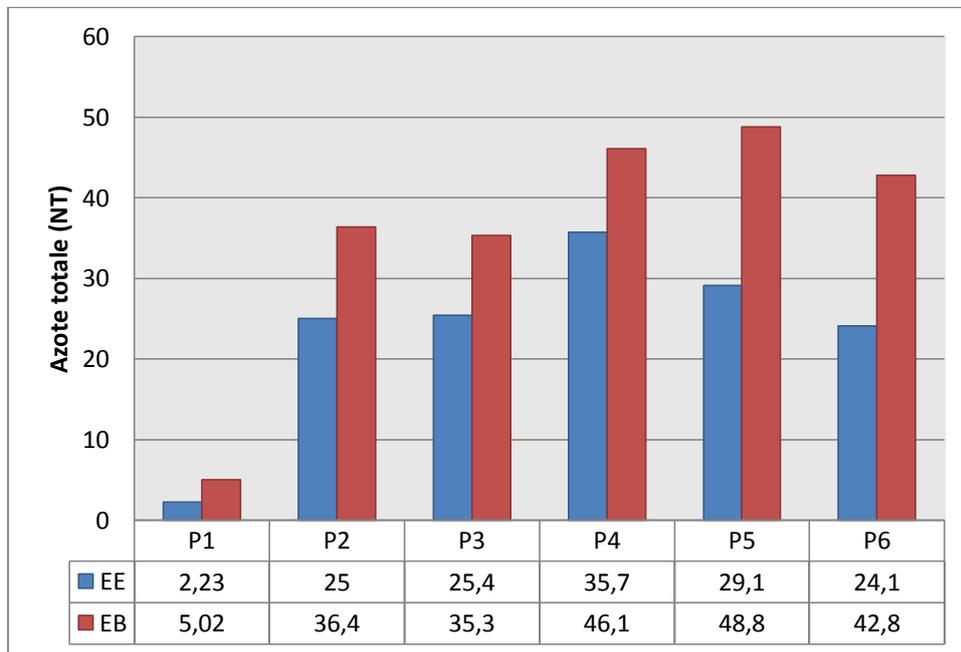


Figure 11 : Variation de l'azote total en fonction des prélèvements

IV-1-7- Azote Kjeldahl (NTK)

Selon la Figure 12, les valeurs de la NTK des EB varient entre 27,23 et 44,95 et une valeur moyenne de 37,26 et pour les EE sont comprises entre 22,95 et 33,33 avec une valeur moyenne de 25,83.

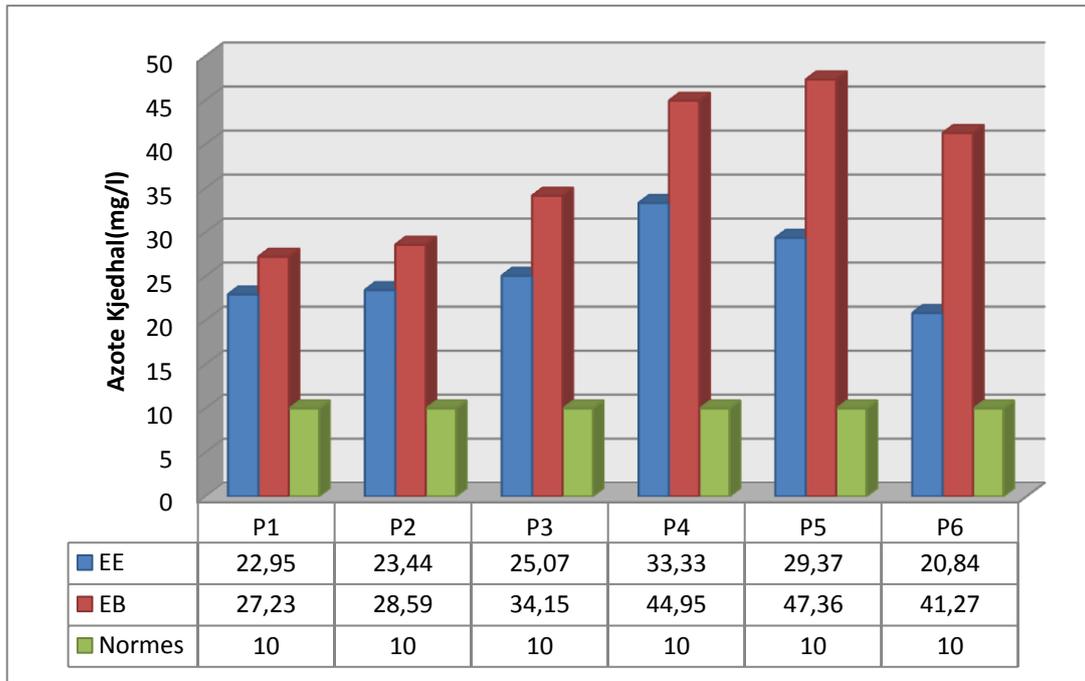


Figure 12 : Variation de l'Azote Kjeldahl en fonction des prélèvements

IV-1-8- Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates constituent le stade finale de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles. Les valeurs des nitrates obtenues, varient entre 0,417 et 1,03 mg/l à l'entrée avec une moyenne de 0,613 mg/l.

Selon la figure 13, montre que les valeurs des nitrates des différents échantillons (EB et EE) ne sont pas proches. Elles se situent dans un intervalle qui oscille entre un minimum 0.417 mg/l et un maximum de 1.03mg mg/l pour les EB et entre 0,2mg/l et 1, 26mg/l pour les EE.

D'après la norme de l'OMS (2006), la teneur en nitrates dans l'eau épurée est égale à 1mg/l, cela permet de dire que les résultats obtenus sont conformes aux normes, sauf pour le prélèvement 2, qui dépasse la norme.

C'est sous les formes organiques et ammoniacales que l'azote est présent dans les eaux usées que devront traiter les stations d'épuration. Ainsi, le transfert dans l'égout, véritable réacteur biologique, entraîne la réduction de ces nitrates, essentiellement en azote gazeux (Choubert, 2002).

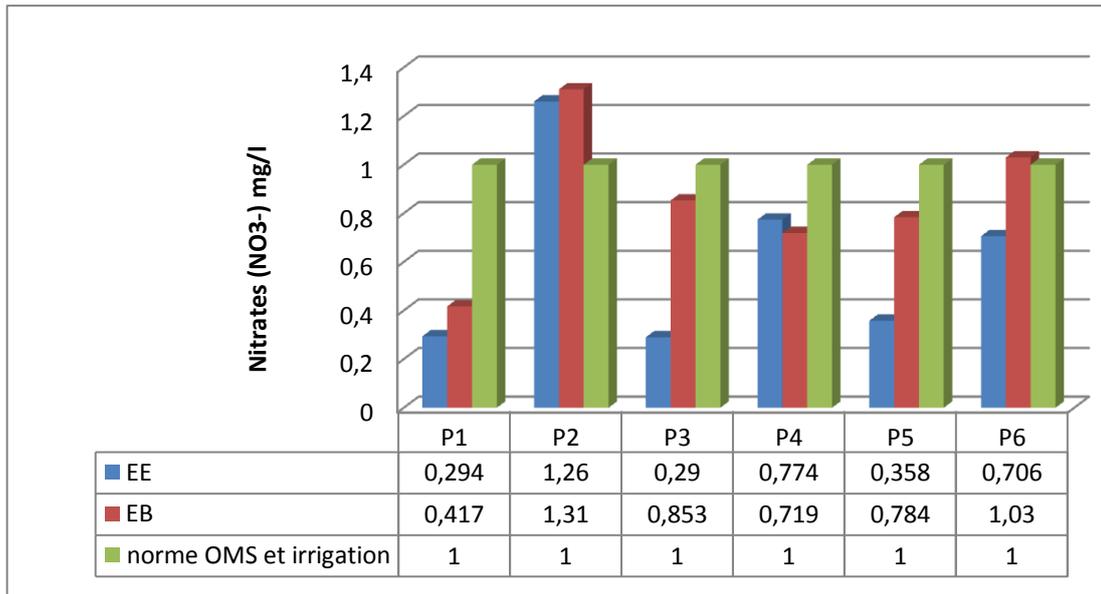


Figure 13 : Variation des **nitrate** en fonction des prélèvements

IV-1-9-Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites NO₂⁻ ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénées et moins stable. C'est un passage entre l'ammonium et les nitrates, c'est une forme toxique.

Selon la **figure 14**, on remarque que les moyennes pour les EB et EE sont $1,55 \pm 1,77$ mg/L et $0,69 \pm 0,76$ mg/L. Ces derniers sont inférieurs à la limite fixée par l'OMS (1 mg/L) pour tous les prélèvements sauf pour le P1, qui dépasse légèrement la norme. Ces teneurs faibles en nitrites proviendraient probablement de l'oxydation complète de l'ammonium en nitrate.

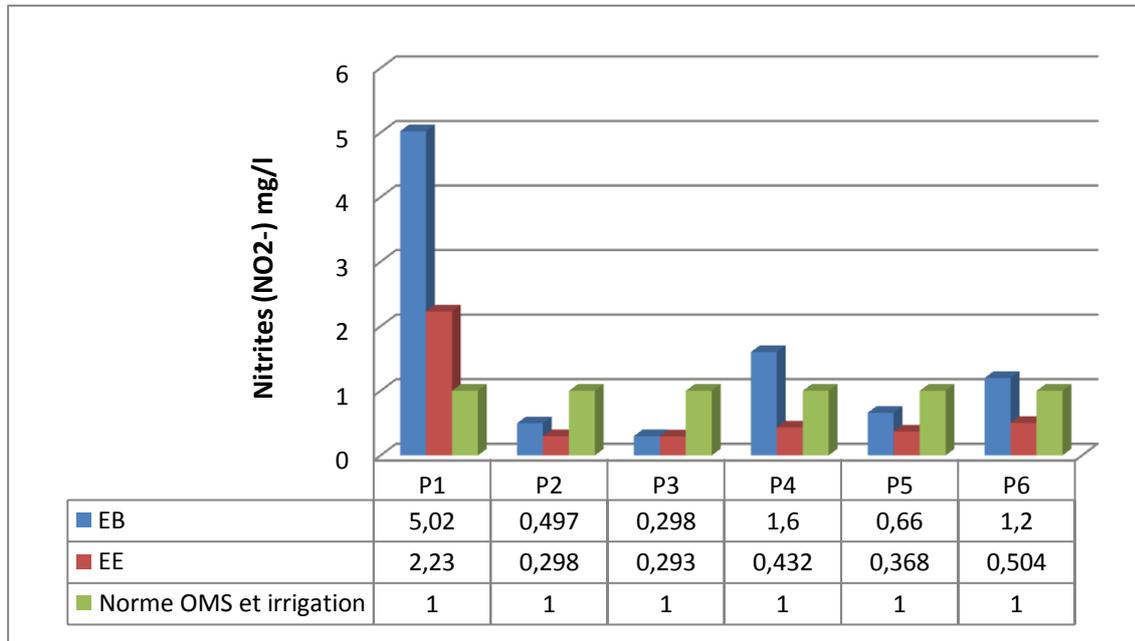


Figure 14 : Variation des nitrites en fonction des prélèvements

IV-1-10-Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Selon la figure 15, on remarque que la teneur en NH₄⁺ à l'entrée de la station varie entre une valeur maximale 41 mg/l et une valeur minimale 26,8 mg/l r avec une moyenne de 33,2± 5,01 mg/L. A la sortie de la station cette teneur oscille entre 34,5 et 19,9 mg/l avec une moyenne de 27,91 ± 5,21 mg/L. Cette concentration en ammonium ne répond pas aux normes relatives aux rejets (1 mg/l).

Ces valeurs très probablement sont dues à la charge polluante importante en azote organique transporté par les effluents. (Abderrahim, 2015)

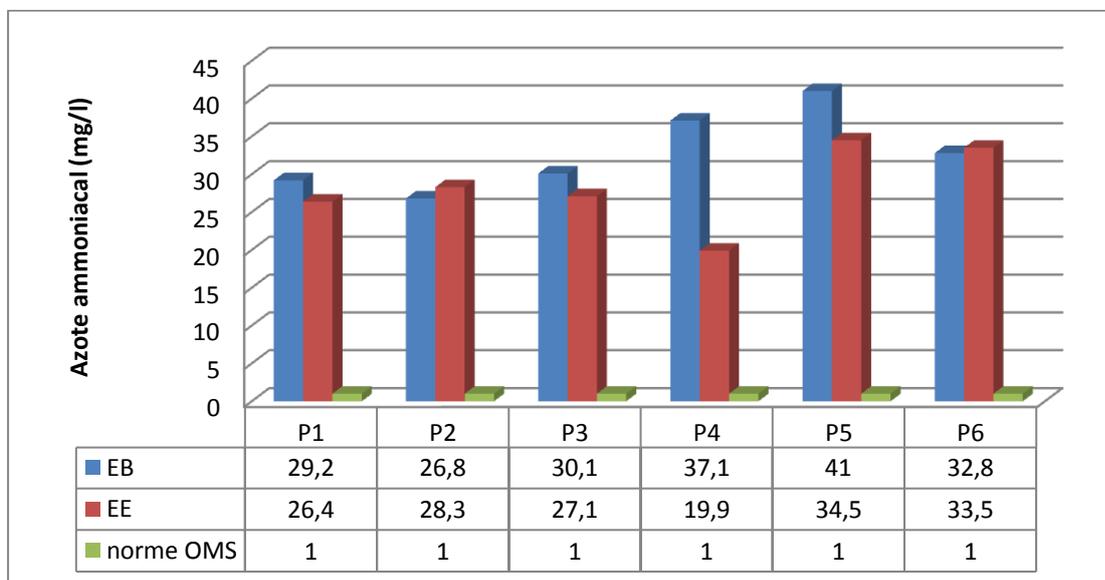


Figure 15 : Variation de l'azote ammoniacal en fonction des prélèvements

IV-1-11- Azote organique (N-org)

Selon **la figure 16**, les valeurs de l'azote organique dans l'effluent brute varient entre 0,971 et 7,77mg/L avec un taux moyenne de $6,02 \pm 1,11$ mg/L. Le N-org est présent dans les zones humides en formes d'acides aminés, des purines et des pyrimidines (**Stevenson, 1986**). Un taux particulièrement élevé été noté dans le P4 (7,77 mg/l.).

Les formes particulières sont enlevées par décantation et enterrement dans la couche de sédiments (**Reddy et D'Angelo1997**). C'est pour ceci qu'on observe une diminution des valeurs de l'azote organique dans l'effluent à la sortie de la station avec des valeurs comprises entre 0,971 et 5,01.avec une valeur moyenne de $2,66 \pm 1,94$ mg/L

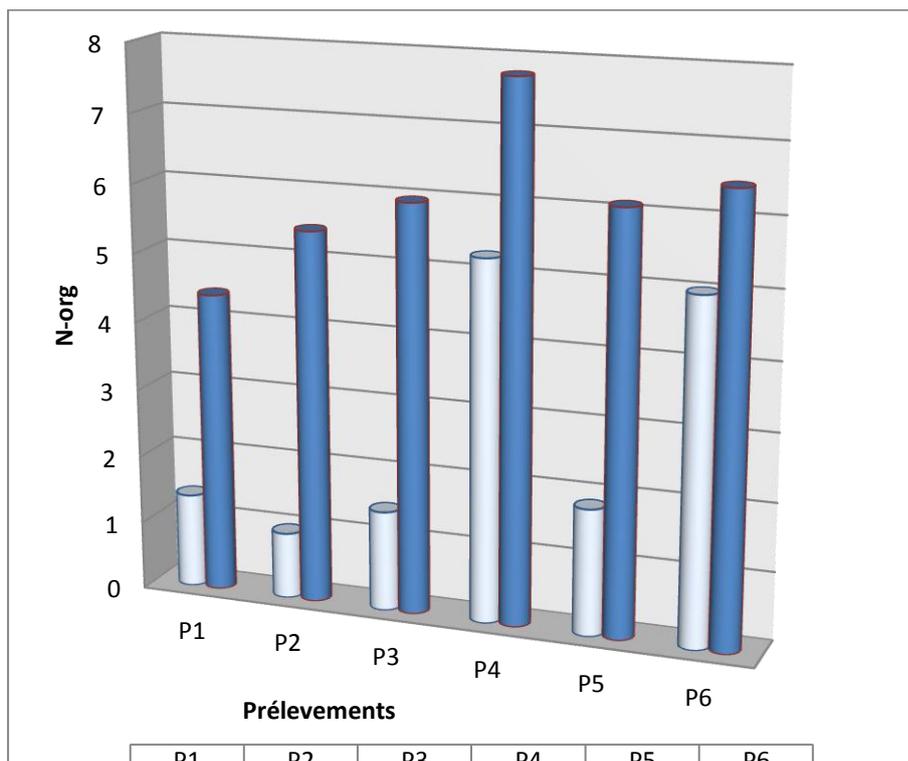


Figure 16 : Variation de l'Azote en fonction des prélèvements

IV-1-12- Phosphates Totale (PT)

Les phosphates constituent l'élément limitant au développement des algues surtout lorsqu'il est accompagné par une source d'azote, et même à des concentrations militantes de ces dernières. Selon **la figure 17**, à l'entrée, les valeurs des EB sont élevées et elles sont comprises entre 4,41 mg/l et 7,77mg/l avec une moyenne de 6,09 mg/l. A la sortie de la STEP, les valeurs oscillent entre 0.38mg/l et 5.27mg/l. On note une réduction significative qui peut être due à la présence des bactéries desphosphatantes dans le bassin d'aération dans

la station sauf au niveau des P4 et P6. Les agents phosphatés sont des polluants très forts de la nature, vu que leur élimination dans les eaux est importante. Les valeurs des EE sont conformes aux normes, d’OMS et de JORA (<2mg/l). Nous pouvons déduire que le traitement est d’une bonne efficacité. Cependant elles n’étaient pas conformes aux normes établies pour irrigation (0,94 mg/l)

Par ailleurs, le phénomène de l’eutrophisation est suivi par une prolifération algale importante (**Degrement, 2005**) donc le traitement de phosphorisation est un traitement physico-chimique qui permet la précipitation des phosphates ou bien un traitement biologique en tête de la STEP afin de limiter ce phénomène et garder l’équilibre de l’écosystème (**Rejesk, 2002**).

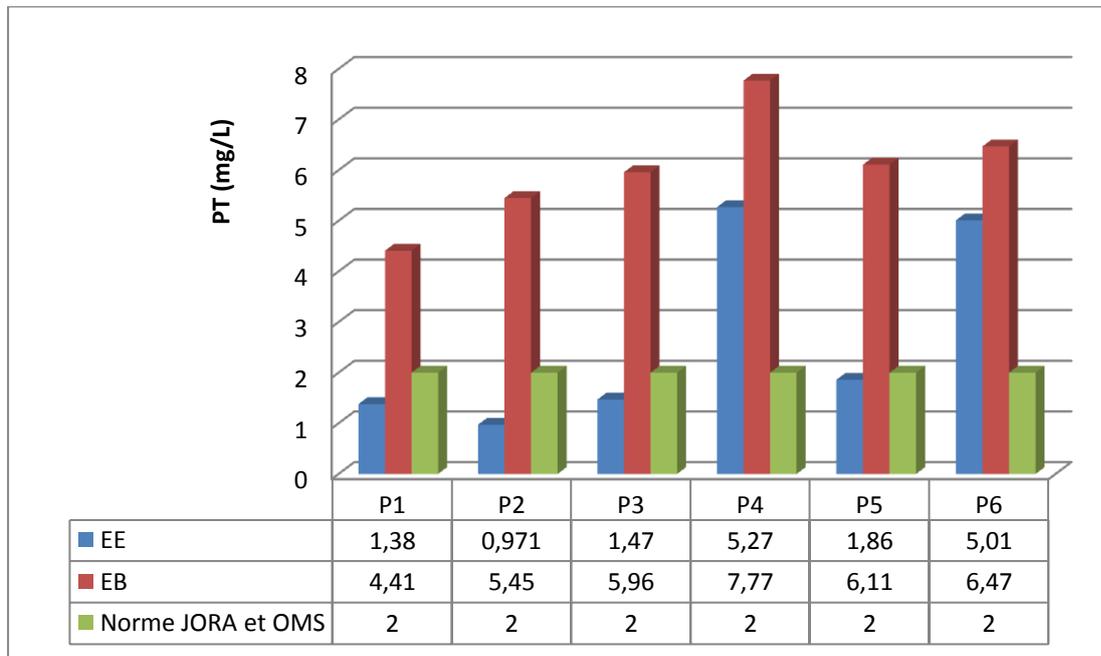


Figure 17 : Variation de Phosphore Totale en fonction des prélèvements

IV-2-Paramètres microbiologiques

Les analyses bactériologiques des effluents brutes et épurés, permettent d’évaluer les performances épuratoires du traitement biologique à boues activées dans la réduction de la charge microbiologique.

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux brutes et des eaux épurées prélevées de la STEP de Rhégaia sont mentionnés dans **le tableau XIII (annexe)** et dans **les figures 18 à 22**.

IV-2-1- Coliformes Totaux

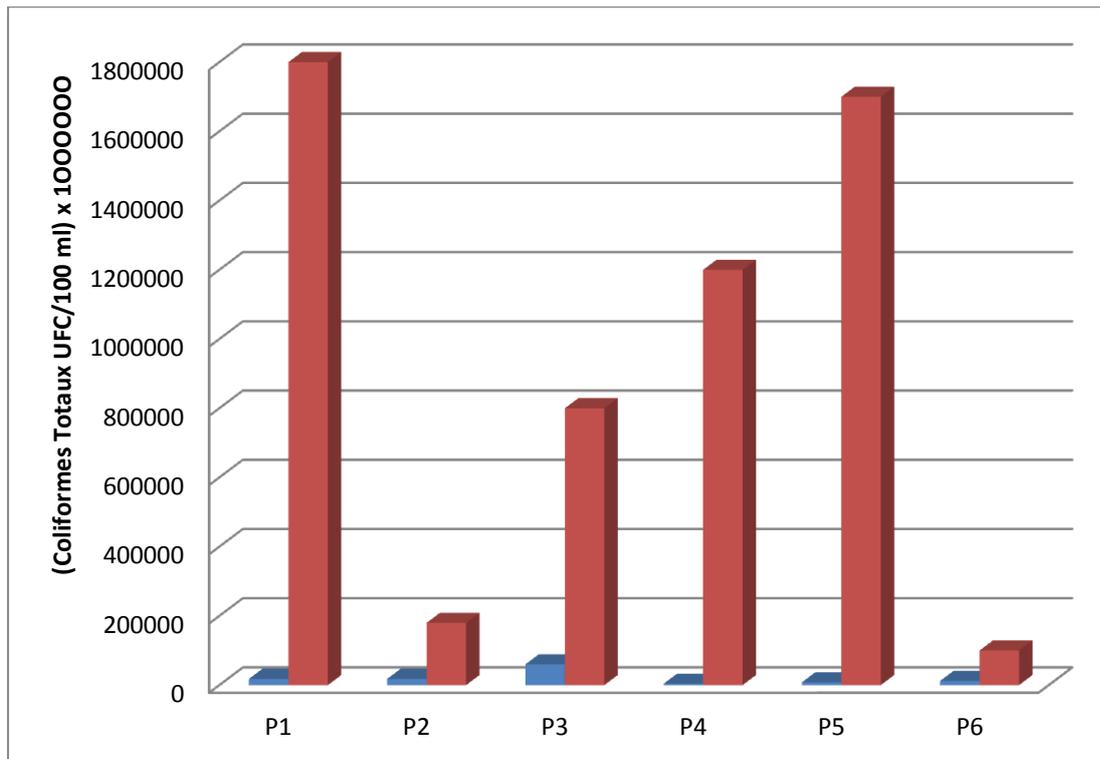


Figure 18 : Evaluation de la densité des coliformes totaux dans les deux types d’eaux

D’après la **figure 18**, le nombre des CT présentes dans les EB varient entre 1×10^5 et $1,8 \times 10^7$ UFC/100ml avec une moyenne de $9633,33 \pm 732711,86$ UFC/100 ml. Ces valeurs ne sont pas conformes aux valeurs trouvées par **Cavo et Joao (2016)** où ils ont trouvé une charge allant 128×10^7 UFC/100 ml (**Tableau XV**).

Cette charge importante des CT dans les EB est due à l’enrichissement en matière organique des EB qui rend le milieu favorable au développement microbienne, d’où le développement de ce genre qui dépend de la nature du substrat présent (**Rodier et Al., 1999**).

La charge importante des Coliformes totaux constante dans les eaux brutes est due à l’enrichissement en matières organiques des eaux usées brutes qui rendent le milieu favorable au développement bactérien, d’où la prolifération de ce genre qui dépend de la nature du substrat présent (**Rodier et Al., 1999**). Cependant, on note une réduction importante des germes après l’épuration biologique, ce qui correspond aux normes données par l’OMS ($10^3 - 10^7$) et par (**Gilles, 1999**) (10^3-10^7) le rejet dans le milieu naturel. Cette réduction est due aux phénomènes d’absorption des germes sur les flocs biologiques.

IV-2-2-Coliformes Fécaux

Les coliformes fécaux ou les coliformes thermo tolérants, c'est une catégorie qui inclut essentiellement l'*Escherichia coli*. Cette flore est plus spécifique de la contamination fécale que les autres coliformes (Guiraud 2004). Ses germes banaux ne sont pas directement pathogènes, ils sont présents dans les intestins animaux à sang chaud et leur présence dans l'eau en grand révèle souvent une contamination par excréments (Cauchi et Vignoles, 2011).

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 19. Les germes varient entre $4,3 \times 10^5$ et $2,4 \times 10^6$ UFC/100ml avec une moyenne de 11 683 UFC/100ml. Cette valeur diminue dans l'eau traitée jusqu'à une moyenne de 4508,33 UFC/100ml et elle est conforme à la norme donnée par l'OMS ($10 \cdot 10^6$).

Le nombre élevé des Coliformes fécaux dans l'eau brute est dû d'après Leson et Evay, (1977) à la capacité des germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

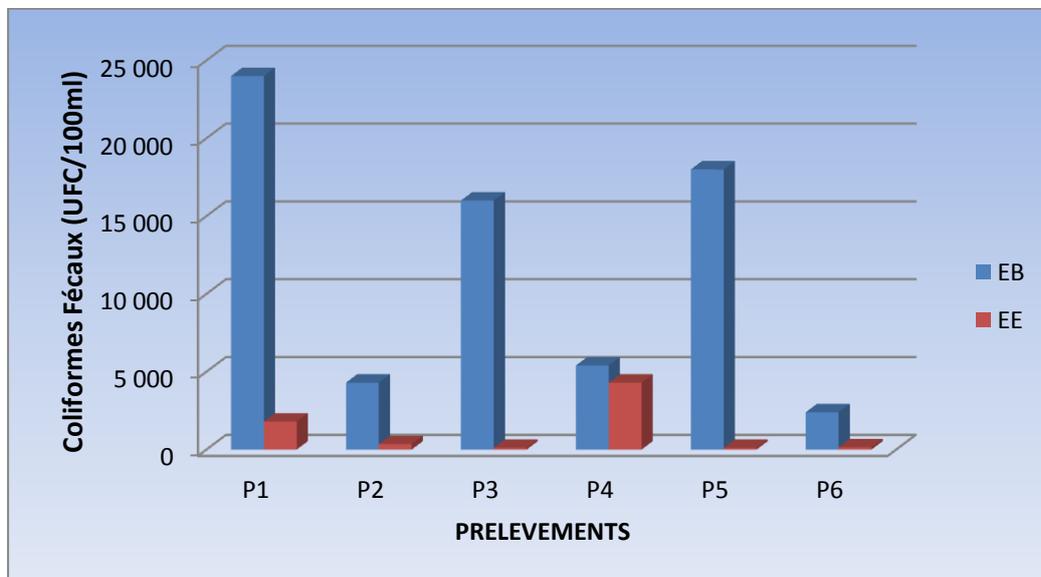


Figure 19 : Evaluation de la densité des coliformes fécaux dans les deux types d'eaux

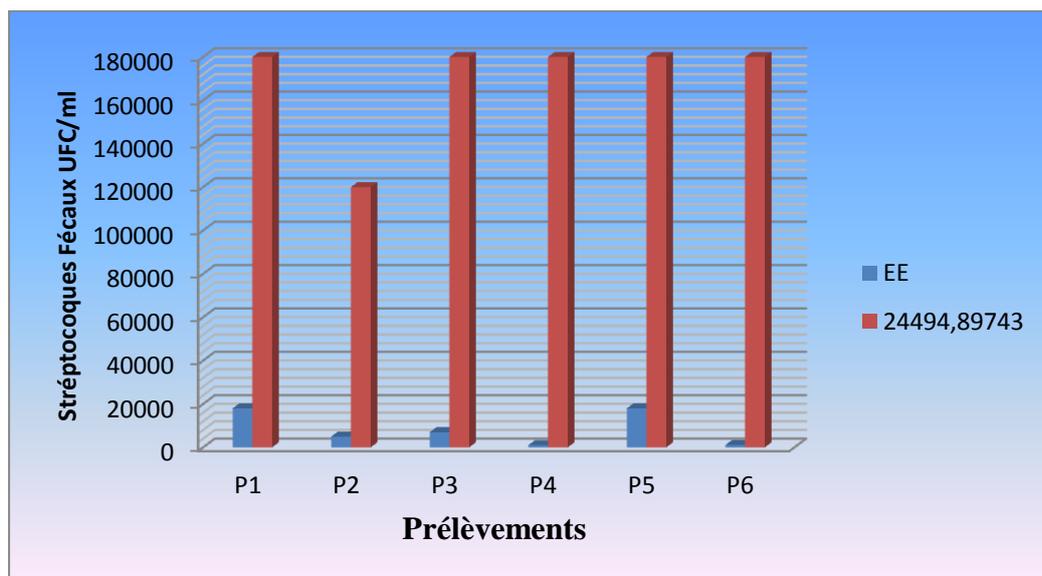
II-2-3-*Streptocoques Fécaux*

Figure 20: Evaluation de la densité des *Streptocoques fécaux* dans les deux types d'eaux

Les *Streptocoques fécaux* sont communément utilisés pour identifier une pollution d'origine fécale. Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées (Rodier et al., 1984). Ils proviennent essentiellement des eaux de vannes (les eaux sont très chargées en germes issus de la flore intestinales de l'être humaine) (Cavo et Joao, 2016).

Les *Streptocoques fécaux* sont plus résistants aux conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (Gleeson et Gray, 1997). Leur simple présence suffit à confirmer qu'il y'a pollution (Brisou et Denis, 1978).

Selon la figure 20, on note un taux élevé des SF dans les effluents non traité, qui varient entre $1,2 \times 10^5$ et $1,8 \times 10^5$ -UFC /100ml. Ces concentrations importantes en *Streptocoques fécaux* sont dues à la dessiccation et leur capacité à persister plus longue temps dans l'eau (Gleeson et Gray, 1997).

Après le traitement biologique, ces valeurs sont largement diminuées jusqu'à des valeurs comprises entre 5×10^3 et $1,8 \times 10^4$ UFC /100ml. Ceci est dû aux phénomènes d'absorption par les bouées activées. Les résultats des EE trouvés sont inférieurs et conformes aux normes données par l'OMS ($10 \cdot 10^5$)

IV-2-4- Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ARS)

Les Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sont normalement présentes dans les matières fécales mais en plus petite quantité que *l'E.coli*. Les ARS sont un bon témoin de contaminations fécales anciennes ou intermédiaires (Caron et al., 2007).

Les densités des ARS varient entre 30×10^2 spores/20 ml et 60×10^2 spore/20 ml avec une moyenne de $37,4 \times 10^2$ spores /20ml pour l'eau brute, elles varient entre 24×10^2 spores /20 ml et 54×10^2 spores/20 ml avec une moyenne de 30×10^2 spores /20 ml pour l'eau décantée et pour l'eau épurée, elles varient entre 3×10^2 spores/20 ml et 36×10^2 spores/20 ml avec une moyenne de $21,4 \times 10^2$ spores /20 ml (figure 21).

Les *Clostridium Sulfito-réducteurs* sont apportés essentiellement par les matières fécales des individus. Une réduction du nombre des ARS après traitement est le résultat de l'adsorption des ARS sur les floes biologiques.

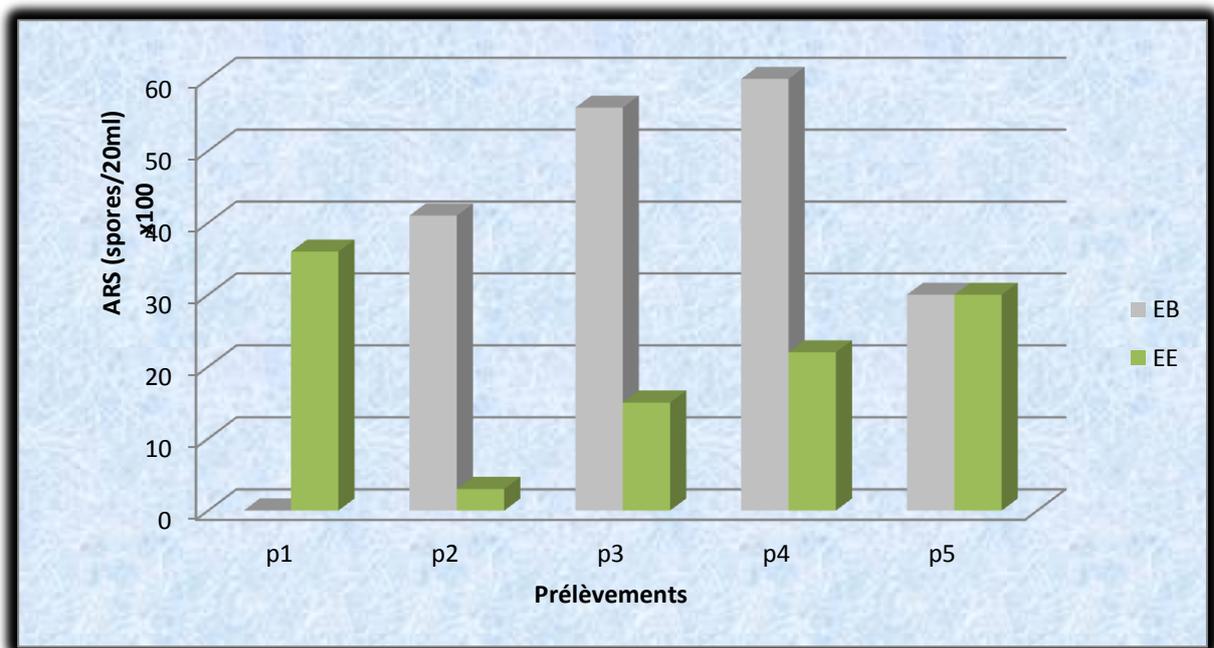


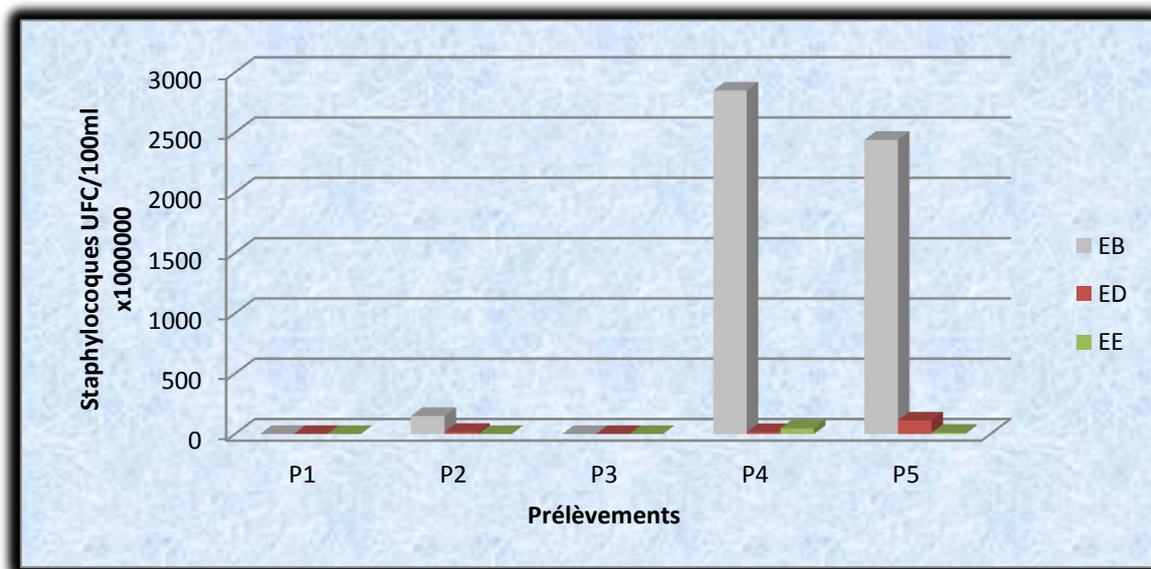
Figure 21 : Evaluation de la densité des bactéries sulfito-réducteurs dans deux types d'eaux

IV-2-5-Staphylocoques

Dans cette étude, nous avons mis en évidence les *Staphylococcus aureus* dotées d'une coagulase. Les conditions idéales pour leur croissance est une température de 37°C et un pH de 7 (Guiraud 2004). Ses bactéries sont parmi les bactéries pathogènes les plus importantes chez les humains.

A l'entrée les EB ont une moyenne de $10^7 \times 10$ UFC/100 ml, les ED ont une moyenne de 29×10^6 UFC/100 ml et à la sortie les EE ont une moyenne de $14,4 \times 10^6$ UFC/100 ml. Les résultats sont conformes aux normes données par l'OMS (0-10).

On remarque (figure19) une absence totale des staphylocoques dans les prélèvements (P1, P2, P3 et P5). Sauf au niveau du P4. On note une présence des Staphylocoques dont la valeur est très faible par rapport à celles trouvées dans les EB. Donc l'épuration est satisfaisante. (Figure 22)



Norme : OMS (0-10)

Figure 22 : Evaluation des Staphylocoques dans deux types d'eaux

IV-2-6-Salmonelles

Les bactéries pathogènes du genre salmonelles et Vibrions cholériques n'ont pas été détectées dans la STEP malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études au niveau des eaux usées en dépit de la présence d'une forte charge en bactérie d'origine fécale. Ceci peut être expliqué par l'absence des porteurs asymptomatiques de la population habitante dans les régions environnantes d'une part, et d'autre part la difficulté de la recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banales (Amriou et Benkaddour, 2015).

IV-2-7- *Vibrio cholera*

Les bactéries pathogènes n'ont pas été détectées sur le milieu GNAB. Par contre il a été isolé dans le milieu EPA dans tous les échantillons prélevés. En effet, les souches non O1 sont

plus fréquemment isolées dans les eaux de rivières et d'estuaires que les souches O1 (**Colwell et Spira, 1992**). La souche *Vibrio cholera*, y compris les groupes sérologiques pathogènes, est un composant de la flore bactérienne normale des environnements aquatiques (**Islam et Al., 1994; Colwell, 1996**). Cela est conforme aux normes de l'OMS qui stipule l'absence totale de ces germes pathogènes dans l'eau traitée, car ils sont les agents causaux de l'infection grave voire mortelle : Le Cholera.

Si La bactérie *Vibrio cholera* est détectée dans l'eau, il serait obligé de la déclarer, afin de mettre en place des mesures pour prévenir une épidémie et éradiquer l'agent causal.

IV.3. Rendements épuratoires

L'estimation des rendements d'épuration permet d'apprécier les performances du traitement biologique à boues activées dans la pollution organique (DCO, DBO et MES) ainsi que la charge bactérienne.

Selon **Coste et Loudet (1987)**, les rendements d'épuration s'expriment en pourcentage, en considérant la concentration en amont (DCO, DBO et MES) et la concentration en aval en mg/l. C'est-à-dire :

$$R = \frac{\text{la concentration en amont} - \text{la concentration en aval}}{\text{la concentration en amont}}$$

Les résultats sont représentés dans **les tableaux XIII et XIV (annexe)** et dans les **figures 23 à 26**

IV-3-1-Rendements des paramètres physico-chimiques

IV-3-1-1-Rendements d'élimination des MES

L'élimination des MES se fait par la sédimentation dans les décanteurs, les bassins d'aération et les clarificateurs. Le taux d'abattement des MES après traitement dans la STEP est présenté dans **la figure 23**. Il est de **l'ordre de 96%**. Ce taux est supérieur à celui de **Rejesk (2002)** (90%). Ce résultat montre une épuration efficace.

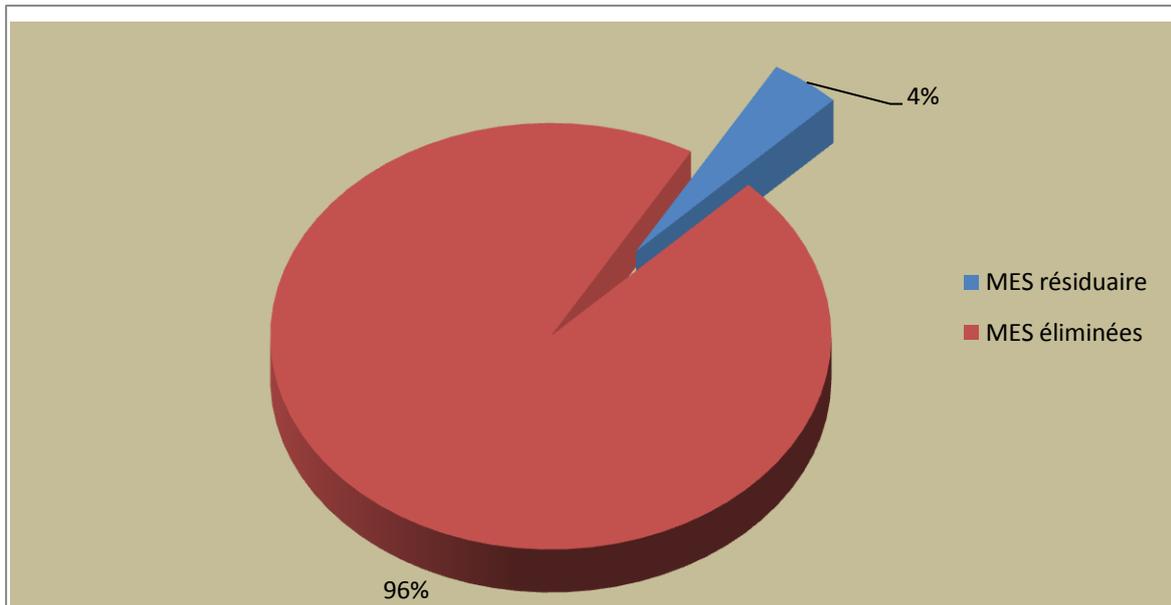


Figure 23: Rendement d'élimination des MES

IV-3-1-2-Rendement d'élimination de la DCO et la DBO₅

Nous remarquons que les rendements d'épuration de la DCO (94%) et de la DBO (95%) sont supérieurs à 90% (Rejesk, 2002). Ceci explique une bonne clarification.

L'abattement de la DBO₅ et de la DCO s'explique par le bon développement des boues biologiques actives qui dégradent énergiquement la matière organique et par le fonctionnement du clarificateur qui permet une décantation satisfaisante des boues activées.

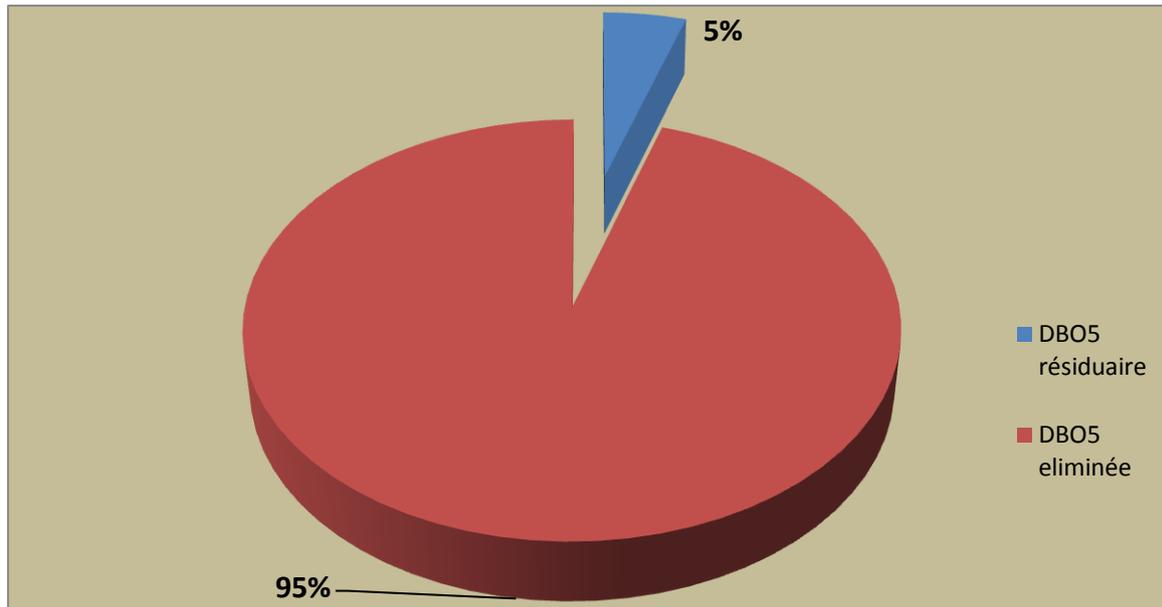


Figure 24 : Elimination de la DBO5

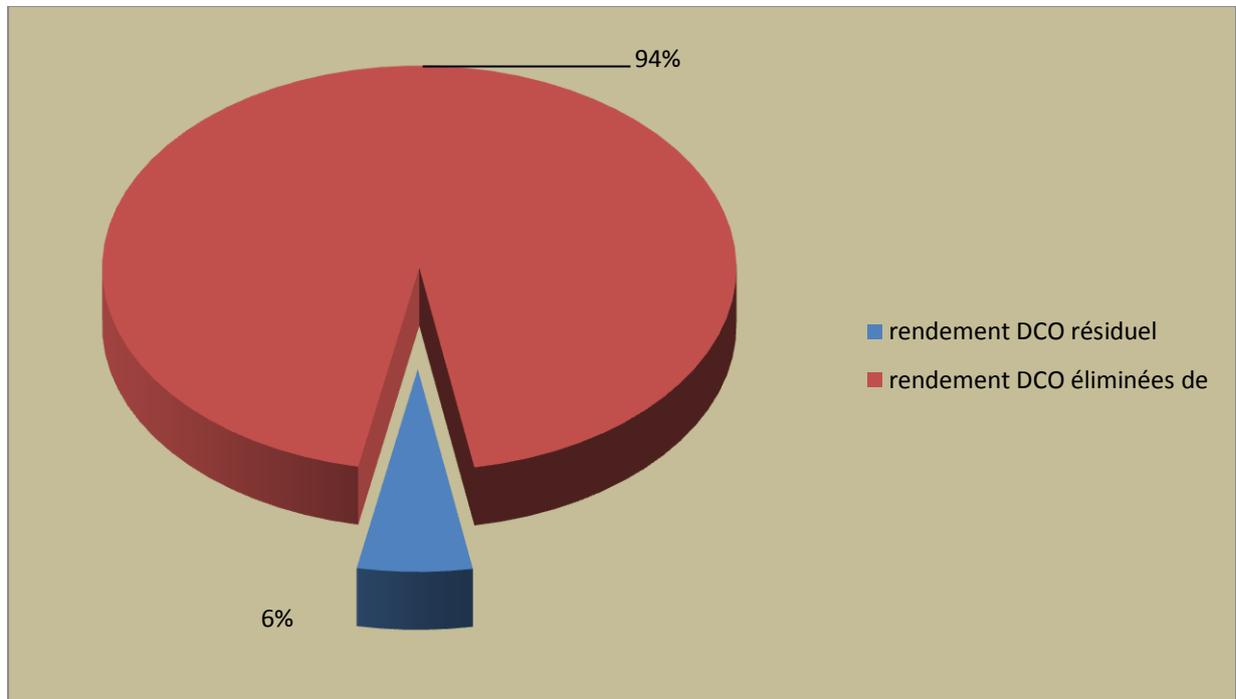


Figure 25 : Elimination de la DCO

IV-3-2-Rendements des paramètres microbiologiques

Tout comme dans le cas des propriétés physico-chimique, le calcul du rendement épuratoire des germes indicateur de contamination fécale, les CT, CF, les Staph et les ASR est nécessaire dans le but de détermination de la qualité de l'eau traité. Les résultats des rendements épuratoires sont rapportés dans le **Tableau XIV** (voire l'annexe) et la figure 26.

Selon **Shuval (1991)** le système le plus efficace pour le traitement des eaux de la station d'épuration et l'utilisation des boues activées, entraîne une réduction de 99,9% des bactéries. Les résultats qu'on a constaté pendant nos recherche des effluents de la STEP de Réghaia a montré un abattement acceptable des CT, CF et SF.

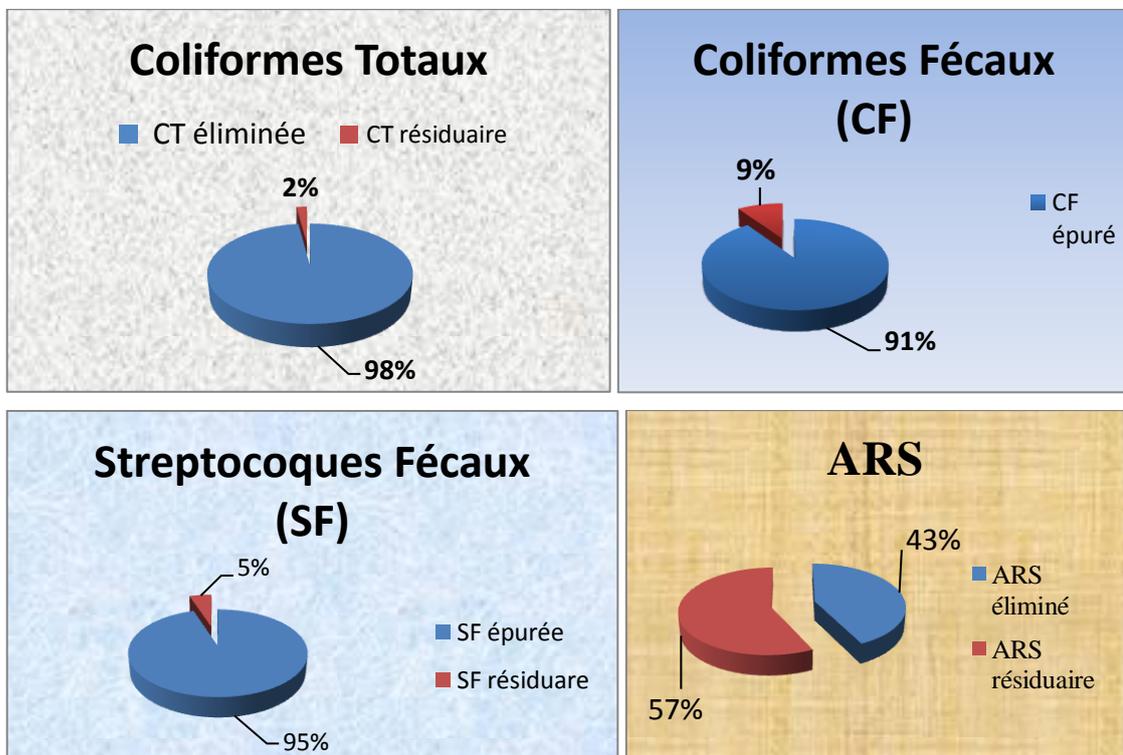


Figure 26 : Rendements d'élimination des bactéries.

Conclusion et Perspectives

L'objectif de notre travail est l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique par les boues activées des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Rhégaia.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux épurées de la station nous a révélé que :

- sur les 09 paramètres physico-chimiques seulement 03 paramètres (la conductivité (CE), le rapport de biodégradabilité de la DCO/DBO5 et le NH_4^+) ne sont pas conformes aux normes données par l'OMS et JORA.
- les eaux usées purifiées par les boues actives sont inadmissibles pour l'irrigation des cultures maraichères (le taux du Phosphate Totale (PT) n'était pas conforme aux normes établies pour l'irrigation).
- le traitement biologique des eaux usées par les boues activées semble actif car les taux d'abattelements des matières en suspension (MES), de la Demande chimique en oxygène (DCO) et de la Demande biologique en oxygène (DBO5) sont supérieurs à celui de Rejesk (2002) (90%).
- Et les résultats des analyses microbiologiques ont dévoilé une réduction importante (une réduction de 99,9% des bactéries par les boues activées).des bactéries indicatrices de la contamination fécale: les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les Staphylocoques aureus, es Streptocoques fécaux et les bactéries anaérobies Sulfito-réducteurs (ARS)) et une absence totale des bactéries pathogènes du genre salmonelles et Vibrio cholera dans les eaux épurées.

La station de traitement des eaux usées, peut être considérée comme étant bonne, néanmoins certaines étapes de traitement conditionnent l'efficacité des traitements :

- Certains équipements (machinerie), datent depuis des années, comme le dégrilleur
- La quantité d'eau reçue dans la station dépasse le débit journalier, donc l'eau rejetée n'est pas conforme aux normes des eaux rejetées de la station.
- Dans le traitement secondaire (traitement biologique), les bassins d'aérations n'ont pas la quantité et la qualité nécessaire pour une bonne dégradation de matières organiques.

Pour améliorer les conditions, le traitement et le rendement de la station, des perspectives sont envisagées :

- Changer les équipements anciens par des nouveaux.

- Agrandir la STEP en la dotant d'un plus grand nombre de bassins d'aérations afin de résoudre le problème de l'impuissance vis-à-vis de la grande charge polluante entrant dans la station.
- Dénitrification et la déphosphatation, sont deux traitements physico-chimiques au niveau de cette station.
- Contrôler régulièrement les boues activées.

Références bibliographique

Amriou et Benkaddour, 2015. Étude microbiologique et dosage des contaminants pesticides par RRA et métaux lourds par SAA dans une culture maraichère tomate *Lycopersicon esculente* alimentée par les eaux usées et épurées de la STEP du Baraki. 52p.

Anonyme, 1975: Association française des techniciens du pétrole, 1975. Les fluides de travail métaux. Editions technp. 284-285 p.

Anonyme, 2011. Communauté d'agglomération du lac du Bourget. www.agglom-lacdubourget.fr

Asano T., 1998: Waste Water reclamation and reuse. Water quality management Library, 1475 p.

Badia Gondard F. 1996. L'assainissement des eaux usées. Ed. La Lettre du Cadre Territorial. Série Dossier d'Experts. p 9-11 et 172-173.

Balvay et Druart, 2007. Le lemm et la vie microscopique. Paris Quae 20 p.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A., 2004 : Réalisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. 220p.

Bechac J-C., Boutin P., MERCIER B. et NUER P. 1984. Traitement des eaux usées. Paris : Eyrolles. 281p Beaudry, 1985

Belaïd 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 phyto absorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax. 1-39p

Benmira, 2015. Evaluation de l'efficacité des eaux usées de la station d'épuration de Réghaia sur la plan physico-chimique et bactériologique et l'évaluation de l'antibiorésistance des *Pseudomonas aeruginosa*. 3p.

Boeglin J-C. 2002. Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble technique d'ingénieur, Environnement G. Paris. 270p.

Boeglin J-C. 2007. Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble technique d'ingénieur, Environnement G. Paris. 270p.

Bonhomme Charlotte, Amélie Jeanine. 2003. Les bactéries du genre *Vibrio* et la Santé publique vétérinaire. Thèse doctorat de L'Ecole National Vétérinaire d'Alfort. p97

Boukerroucha et Sharkawi, 2011. Modélisation des stations d'épuration à boues activées : cas de la station de Baraki (Alger) : Thèse de doctorat Hydraulique Agricole Ecole Supérieure d'Agronomie El-Harrach (Alger) 2011, 173p

Bremaud C., Claisse J., Leuleir F. Thibault J., Ulrich E., 2006. Alimentation santé qualité de l'environnement et du cadre de la vie en milieu rural. Editions educergri. 222 p.

Brisou J.F et Denis F.A. 1978. Hygiène de l'Environnement Maritime. Edition : Masson, Paris.

Cauchi A. et Vignoles C. 2011. Performances bactériologiques des petites installations d'assainissements. Johanel, Paris, France ; n°340, pp.53-62

Carron J.M et Alain Gauthier G. 2007. Planète terre. Editions OPHRYS. p71

Cardot C. 2010. Les traitements de l'eau pour l'ingénieur : procédés physico-chimiques et biologiques : cours et problèmes résolus. Ellipses.

Carip C., Salavert M., Tandeau A. 2015. Microbiologie hygiène et droit Alimentaire. 2^{ème} éditions.

Références bibliographique

Cavo S. et Joao E. 2016. Evaluation de traitement biologique par les boues activées des eaux usées de la Station d'épuration de Rhegaia. 58p.

Choubert J-M. 2002. Analyse et optimisation du traitement de l'azote par les boues activées a basse température. Thèse Doctorat de l'Université Louis Pasteur Strasbourg I.29-32p.

Colwell R.R., Spira W.M.1992. The ecology of *Vibrio cholera*. In:Barua D.;Greenough W.B (eds) Cholera. Current Topics in Infectious Disease. Springer, Boston ,M.A

Coin L., 1981. La pratique de l'eau. Editions du moniteur. 424 p.

Coste C. et Loudet M., 1987. L'assainissement en milieu urbaine ou rural. Tome 2 : l'épuration et les traitements. 2^{ème} édition. Paris : le moniteur.271 p.

Crini G. et Badot P.M.2007. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : procédés membranaires, bio absorption et oxydation chimique. Presses Univ. Franche-Comté

Degrément T. 2005.Mémento technique de l'eau .10^{ème} édition .Paris : Lavoisier technique et documentation .1718p.

Desjardins, 1988.Le traitement des eaux. 2^{ème} édition. Editions école polytechnique de Montréal. 17p.

Djermakoye .2005. Les eaux résiduaires des tanneries et des teintures : caractéristique des physico chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et la souterraine .Thèse de doctorat, Université de Bamako ; Mali : 119p.

Edeline M.F., 1992. Epuration physico-chimique des eaux des eaux, 2ème édition,Ed. CEBEDOC, 340p

Elesken M.2010 .Analyse des eaux résiduaires, Mesure de la pollution. Techniques de l'ingénieur, P4200

Faby J.A et Brissaud F. 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.76p.

Fathallah, Fadi A.,Marras, William S. et Parniarpour M.1998. An assessment of complex spinal loads during dynamic lifting tasks. Spine,1998, vol.23,n°6, p.706-716

Gleeson C.et Gray N., 1997. The coli form index and waterborne disease. E& FN Spoon. 194 p.

Gharzoul M., 2014. Investir dans le développement durable : La réutilisation des eaux usées 25p.

Gilles P., 1999. Lutte contra la pollution des eaux : Finition à haute performance. Paris : Lavoisier technique et documentation.245p.

Gomella et Guerree.1978.Le traitement des eaux publiques industrielles et privées. Editions Eyrolles.

Guiraud, 2012. Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. 86 p.

Hade A.2003.Nos lacs : les connaitre pour mieux les protéger. Canada: FIDES.359p.

Hébert S.et Légare S.2000. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, Québec.

Henry M.,Beaudry J.,1996. Chimie des eaux. Editions le griffon d'argile Inc.150155p.

Henze M., Harremoes P., la Cour Jansen J., et Arvin E.2001. Wastewater treatment: Biological and chemical processes. Springer Science and Business Media.p.401

Références bibliographique

Lapernt J. et Gourgaud M., 1997. Techniques de microbiologie microorganisme eucaryotes procaryotes, structure, métabolisme systématique, applications industrielles, milieux de culture et réactifs. 3^{ème} édition Lavoisier. 341 p.

Leclerc H, Lazar B, Festy B. 1982: Connaissances actuelles de la pathologie hydrique. Epidémiologie et santé publique, Masson, Paris, 30 :363-385.

Leyral G., et Vierling E. 1997. Microbiologie: le tube digestif, l'eau et les aliments. 277-230p.

Koller E., 2009. Traitements des pollutions industrielles : eau, air ; déchets, sol, et boues. 2^{ème} Edition Dunod. 32- 35p.

Mogens Henze. Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. 2010 Edited by M. Henze, M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama and D. Brdjanovic. ISBN: 9781843391883. Published by IWA Publishing, London, UK.

Meinck F., Stooft H., et Kohlschutter H., 1977. Les eaux résiduaires industrielles. 2^{ème} édition. Paris :

Mekhalif F. ,2009. Réutilisation des eaux résiduare industrielles épurées comme eau d'apport dans un circuit refroidissement. 1p.

Metcalfé, C.D., B.G. Koenig, D.T. Bennie, M. Servos, T.A. Ternes and R. Hirsch. 2003. Occurrence of acidic and neutral drugs in the effluents of Canadian sewage treatment plants. Environ. Toxicol. Chem. 22: 2872-2880. Treatment plants in the lake simcoe watershed

Osmani., 2012. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 40, 2012, Pages 37-40

Rejseck F. 2002. Les analyses des eaux .Tome II. France : Aspects réglementaires et technique. 30p.

Rodier J, Bazin C, Broutin (JP), Champsaur H et Rodier L., 2005 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} édition. Paris Dunod, 1383p.

Rodier J. , Legube B., Merlet N. 2009 : L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Dunod. Paris .1400p
Rodier. 2005. .L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris. 1383p

Seaal., 2012 : Condition générales de manipulation en microbiologie. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger :SEAAL .13p

Shuval H-I. 1991. Parasitic disease and wastewater irrigation. In: sanitation in developing countries .Edition Oxfoam and the Ross Institute of Tropicale Hygiene, Chichester, John

Perraud B., 2009. Chimie de l'environnement air , eau sol, déchets. 2^{ème} édition. Editions boeck. 324p.

Prescott, Wiley H., Woolverton S., 2010. Microbiologie de 3^{ème} edition. Editions boeck. 1055

Tardat- Henry M., 1999: Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, Les éditions du griffon d'Argile. pp 213-215

Vilagines R. 2003. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition :

Vouriot N., Lacomme B., Terret M., 2015. Biologie et Microbiologie appliqués structure et domicile. Editions delagrage. 159. p.

Tableau V : Caractéristiques générale de la STEP de Réghaia

STEP REGHAIA	
Adresse	Station d'épuration de Réghaia RN-24 Réghaia
Matière d'ouvrage / d'exploitation	Direction d'Hydraulique W. d' Alger/SEAAL
Constructeur	Traitement primaire : DEGREMONT Traitement biologique : Groupe C.G.E.C et WABAG
Année de mise en route	Traitement primaire : 1997 Traitement biologique : 2008
Capacité nominale	40000 EH

Tableau VI : La qualité des eaux brutes et épurées dans la station d'épuration de Réghaia

	EB	Eau épurée	
	Flux nominal journalier kg/j	Concentration sur échantillon moyen 24H (mg/l)	Valeur
MES	19 960	20	25
DBO5	15 800	15	25
DCO	28 560	50	90
NGL	1 960	10	
Pt	540	3	
Coliformes totaux		10000/ml	
Coliformes fécaux		2000/100ml	
Œufs d'Helminthes		1/1L	

(Source Station 'épuration de Réghaia, 2015)

Tableau VII : Données de base de la STEP de Réghaia.

Débit moyen journalière	80 000 m3/j
Débit moyen horaire	3 333 m3/j
Débit de pointe de temps sec	5 022 m3/j
Débit de pointe de temps de pluie	8 118 m3/j

(Source Station 'épuration de Réghaia, 2015)

Tableau XI : Résultats des analyses physico-chimiques des EB et EE

	P1 08/05/2017		P2 16/05/2017		P3 20/05/2017		P4 20/05/2017		P5 20/05/2017		P6 20/05/2017	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
pH	6,47	7,43	7,38	7,59	7,62	7,59	7,89	7,8	7,65	7,9	7,89	7,9
T°C	15	19,9	10	12	19,9	22,2	12	10	10	12	10	12
Cond.E μSm/cm	1862	1759	1721	1789	1861	1646	1799	1790	1800	1790	1874	1726
M.E.S mg/l	308	5	206	10	284	19	406	14	310	19	584	19
M.V.S	132		189		214		154		216		192	
DBO5 mg d'02/l	200	6	220	6	200	12	280	16	300	14	460	26
DCO mg d'02/L	339	29,5	340	35,5	371	38,4	774	13,5	608	47,4	120, 3	55,2
NT	5,02	2,23	36,4	25	35,3	25,4	46,1	35,7	48,8	29,1	42,8	24,1
NTK mg/L	27,2 3	22,9 5	28,5 9	23,44	34,15	25,07	44,9 5	33,3 3	47,36	29,37	41,2 7	20,84
N0₃⁻ mg/L	0,41 7	0,29 4	1,31	1,26	0,853	0,29	0,71 9	0,77 4	0,784	0,358	1,03	0,706
N0₂⁻ mg/L	5,02	2,23	0,49 7	0,298	0,298	0,293	1,6	0,43 2	0,66	0,368	1,2	0,504
NH⁴⁺ mg/L	29,2	26,4	28,3	26,8	30,1	27,1	37,1	19,9	41	34,5	33,5	32,8
N-org mg/L	4,41	1,38	5,45	0,971	5,96	1,47	7,77	5,27	6,11	1,86	6,47	5,01
PT mg/L	4,41	1,38	5,45	0,971	5,96	1,47	7,77	5,27	6,11	1,86	6,47	6,11

Tableau XII : Moyennes et ecartype des analyses physico-chimiques des EB et EE

	Moyenne		Ecartype	
	EB	EE	EB	EE
pH	7,483	7,67	0,23	0,53
T°C	12,81	14,6	3,99	5,3
Cond.E (µSm/cm)	1830,33	1738,67	38,62	54,3
M.E.S(mg/l)	416,33	14,33	131,41	5,85
DBO5 (mg d'O2/l)	276,67	13,33	99,12	7,44
DCO (mg d'O2/L)	605,83	35,48	341,14	15,36
NT	35,74	23,59	15,95	11,30
NTK (mg/L)	37,26	25,83	8,51	4,65
N0 ₃ - (mg/L)	0,613	0,85	0,30	0,38
N0 ₂ - (mg/L)	0,6875	1,55	1,76	0,76
NH ₄ ⁺ (mg/L)	33,2	27,91	5,01	5,21
N-org (mg/L)	6,02	2,66	1,11	1,94
PT (mg/L)	6,03	2,66	1,11	1,94

Tableau XIII : Résultats des analyses microbiologiques des eaux brutes et traité de la Station de Réghaia

		P1 25/06/2017	P2 04/07/2017	P3 10/07/2017	P4 16/07/2017	P5 25/07/2017	P6 01/08/2017
CT	EB	1,8x10 ⁷	1,8x10 ⁶	8x10 ⁶	1,2x10 ⁷	1,7x10 ⁷	1x10 ⁶
	EE	1,8x10 ⁴	1,8x10 ⁴	6x10 ⁴	4x10 ³	8x10 ³	1,2x10 ⁴
CF	EB	2,4x10 ⁶	4,3x10 ⁵	1,6x10 ⁶	5,4x10 ⁶	1,8x10 ⁶	2,4x10 ⁵
	EE	1,2x10 ⁴	3,5x10 ⁴	9x10 ⁵	1,3x10 ⁵	1,1x10 ⁵	1,5x10 ⁴
SF	EB	1,8x10 ⁶	1,2x10 ⁶	1,8x10 ⁶	1,8x10 ⁶	1,8x10 ⁶	1,8x10 ⁶
	EE	1,8x10 ⁴	5x10 ³	7x10 ³	1x10 ³	1,8x10 ⁴	1,1x10 ³
ASR	EB	Inde	5x10 ⁴	Inde	1,8x10 ⁴	4x10 ⁴	10x10 ⁴
	EE	Inde	1x10 ⁴	1x10 ⁴	1x10 ³	2,1x10 ⁴	1,8x10 ⁴
Staph	EB	0	0	0	0	0	0
	EE	0	0	0	0	0	0
SA	EB	0	0	0	0	0	0
	EE	0	0	0	0	0	0
Vibrions	EB	0	0	0	0	0	0
	EE	0	0	0	0	0	0

Tableau XIV : Les moyennes, Ecartype et rendement épuratoire des quelque germes des Eaux traité à le STEP de Réghaia

	Moyenne		Ecart type		Rendements épuratoire	
	EB	EE	EB	EE	Éliminée	Résiduaire
<i>Coliformes totaux</i>	963333,33	2×10^4	668939,5	22333,8	97,92%	2,08%
<i>Coliformes fécaux</i>	11 683	4508,33	8836,38	1680,9	90,26%	9,47%
<i>Streptocoques fécaux</i>	$1,7 \times 10^5$	8350	24494,9	7821,4	95,1%	4,99%

Tableau XV : Tableau de MacGrady

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100ml	Limites de confiance à 95%	
1 flacon de 50ml	3 tubes de 10ml	3 tubes de 1m		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	<1	<0,5	4
0	0	1	1	<0,5	6
0	0	2	2	<0,5	4
0	1	0	1	<0,5	6
0	1	1	2	<0,5	8
0	1	2	3	<0,5	6
0	2	0	2	<0,5	8
0	2	1	3	<0,5	6
0	2	2	4	<0,5	8
0	3	0	3	<0,5	11
0	3	1	5	<0,5	8
0	3	0	5	<0,5	13
1	4	0	1	<0,5	13
1	0	1	3	<0,5	4
1	0	2	4	<0,5	8
1	0	3	6	<0,5	11
1	0	0	3	<0,5	15
1	1	1	5	1	8
1	1	2	7	2	13
1	1	3	9	<0,5	17
1	2	0	5	1	21
1	2	1	7	3	13
1	2	2	10	3	17
1	2	3	12	2	23
1	3	0	8	3	28
1	3	1	11	4	19
1	3	2	14	5	26
1	3	3	18	6	34
1	3	4	21	4	53
1	4	0	13	5	66
1	4	1	17	7	31
1	4	2	22	9	47
1	4	3	28	7	59
1	4	4	35	9	85
1	4	5	43	12	100
1	5	0	24	15	120
1	5	1	35	8	75
1	5	2	54	12	100
1	5	3	92	18	140
1	5	4	160	27	220
1	5	5	>240	39	450

Appareillage du laboratoire de la STEP de Réghaia

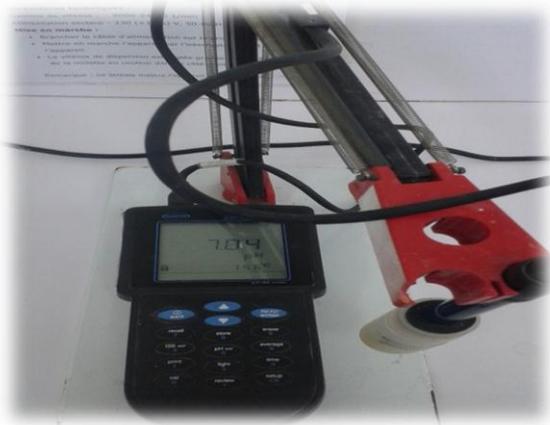


Photo N° 14: PH mètre



Photo N°15 : Conductimètre



Photo N° 16 : La balance



Photo N° 17 : Thermostat LT200



Photo N° 18 : Dispositif de filtration et membranes de filtration.



Photo N° 19: Spectrophotomètre



Photo N° 20: Armoire thermorégulatrice

Réactifs



Photo N° 21: Les kits LCK 314 (à gauche)
Les kits LCK 114 (à droite) pour la DCO

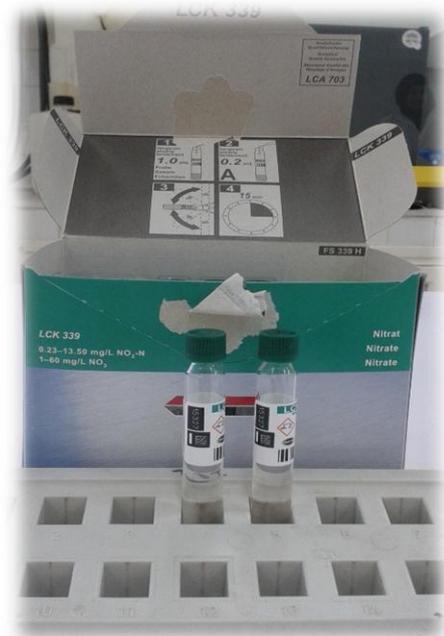


Photo N° 22: les kits 339
(Nitrate)



Photo N° 23 : les kits LCK 341 (à gauche) et les kits LCK 342(Nitrite)



Photo N° 24: les kits LCK305 (à gauche) et les kits LCK 303 (à droite) pour l'ammonium



Photo N° 25 : les kits LCK238 (à gauche) et les kits LCK 338 (à droite) (Azote totale)



Photo N° 26: les kits LCK350 (à gauche) et les kits LCK 348 (à droite) pour phosphate

Verrerie

1. Bec benzène.
2. Becher.
3. Boite de Pétri.
4. Entonnoir.
5. Eprouvette 1L.
6. Fioles 250 ml, 500 ml.
7. Lamelles.
8. Lames.
9. Pince stérile, membrane filtrante.
10. Pipettes 1ml, 5ml, and 20ml.
11. Pipette.
12. Tubes à assai.

Colorants, réactifs et produits chimiques:

1. Acide acétique.
2. Acide sulfurique.
3. Acide sulfurique.
4. Eau de javel.
5. Eau distillée.
6. Salicylate de sodium.
7. Sulfate d'argent.
8. Sulfate de potassium.

Réactifs microbiologiques

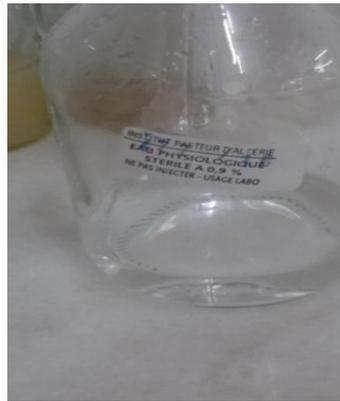


Photo N°27 : Eau physiologique



Photo N°28: Milieu BCPL (gauche) milieu BCPL résultat positive

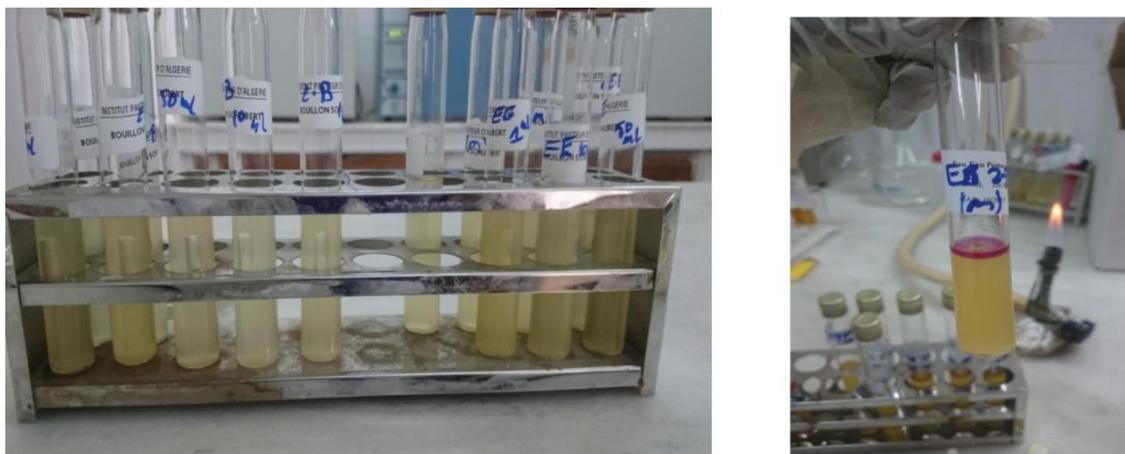


Photo N° 29 : Milieu Schubert résultat positive



Photo N°30: Milieu du Roth



Photo N°31: Milieu Viande-foie+ additif (gauche) Spore du Clostridium (droit)



Photo N°32: Milieu SFB

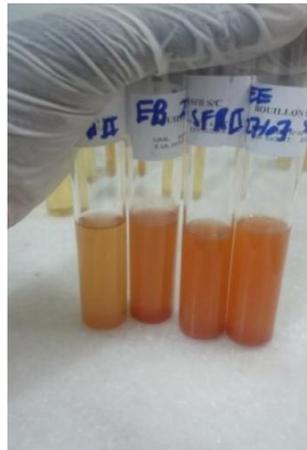


Photo N°33: Résultat + milieu SFB 1 (droit) et SFB II (gauche)



Photo N°34: Milieu Hektoen



Photo N°35: Milieu Chapman



Photo N°36: Milieu Giolitti Cantoni

+additif tellurite de potassium



**Photo N°37: Résultat + (gauche) et -μ
(droite)**

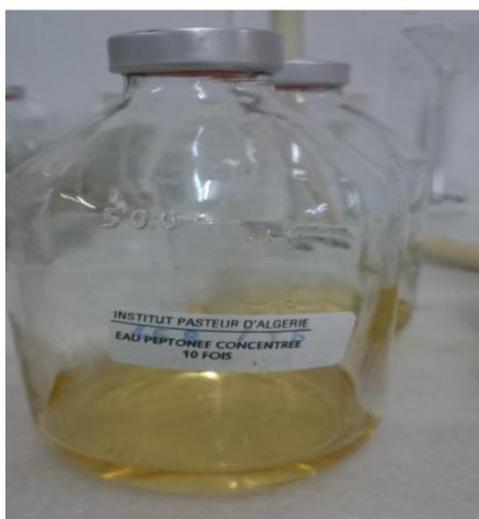


Photo N°38: Eau peptonée

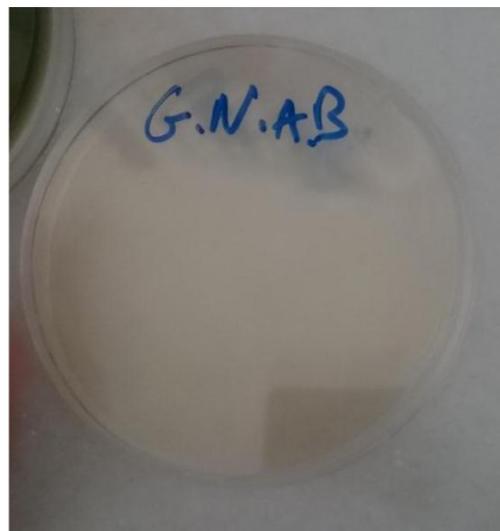


Photo N°39: Milieu GNAB



Photo N°1 : Bassin d'orage



Photo N° 2: Dégrilleur



Photo N° 3: Dessabler et déshuileur



Photo N° 4: Décanteur primaire 1



Photo N° 5 : Décanteur primaire 2



Photo N° 6: Bassin d'aération 2



Photo N° 7 : Bassin d'aération 1



Photo N° 8: Clarificateur



Photo N° 9 : filtre pendant le fonctionnement



Photo N° 10 : Epaississeurs des boues



Photo N°11 : Bâche de stockage des boues



Photo N°12 : salle de déshydratation



Photo N°13: Ouvrage de Sortie