

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique

Université Saad Dahleb Blida 1

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire (MTA)

Thème

Evaluation de traitement biologique par les boues activées des eaux usées de la station d'épuration de Rhegaia

Présenté le 27/06/2016 par :

CAVO Saskia Julia

JOAO Erivelta Juliana da Cunha

Jury:

Mme Rouaki F.	FSNV	Président
M ^r Ammar W.	FSNV	Examineur
Mme Benmasour.N	FSNV	Promotrice
M ^r . Oussadou	FSNV	Co-promoteur

Promotion 2015/2016

Remerciements

Nous remercions tout d'abord à Dieu le tout puissant, pour la bénédiction et l'opportunité de venir étudier en Algérie, de nous avoir donné la force et le courage d'étudier et de supporter tant de difficultés que nous avons eu au cours de ces 6 ans.

Nous remercions à la Présidente Mme Rouakî F. d'avoir accepté de bien vouloir examiner notre travail.

Nous remercions également à l'examineur M Ammar W. d'avoir Juger notre travail.

*Nous remercions à nos très chers enseignants, pour tout ce qui vous nous avez appris, en particulier à **Mme Benmasour** notre Promotrice pour tout ce qu'elle nous a appris, d'être patiente avec nous et de nous orienter vers la réussite, à **M Oussadou** pour son aide dans ce mémoire et à **Mme Amarouche** pour ses enseignements, son amitié et patiente.*

*Nous remercions à **M Djamel** (laboratoire de Blida) et à **M Halim** (établissement de recherche de Médea) de nous avoir guidé et accueilli les bras ouverts pendant les stages pratiques et orienté vers la réussite.*

Un grand merci à Mme Hamaidi, l'Enseigneur de la station de traitement de Rhegaia et son équipe (Eng. Lyes, et le préleveur Adel), qui nous ont énormément conseillé et guidé au laboratoire de Rhegaia.

On remercie à nos amis, qui ont été là pour nous, qui nous aidé de prêt dans nos études.

Enfin, on remercie à nos chers collègues (MTA 2015-2016) pour les bons moments passés ensemble, de nos avoir permis de connaître un monde qu'on a jamais connu auparavant. On vous portera toujours dans nos cœurs. A tout ceux qui nous aidé directement et indirectement pour la réussite de ce modeste travail.

Erivelta Juliana da Cunha João

Saskia Julia Cavo

Dedicace

Nous dédions ce simple travail

A nos parents et à nos familles qui ne nous a pas oubliés, un seul instant pendant ce temps passés en Algérie. Pour la force de continuer, de surmonter les obstacles et les difficultés.

Nous dédions à nos très chers Parents, Francisco CANHENGUE, Maria CANHENGUE et Marcelino CAVO, Joao MACIE et Julia MUNGUAMBE, d'avoir priés pour nous et de nous avoir soutenus de loin.

A notre cher ami qui est dans les bras de Dieu, Afonso Sunga, qui nous voulions voir réussir sa vie et ses études. Que a travers lui, Dieu puisse guider de plus prêt les étudiants étrangers en Algérie.

A nos très chers amis Algériens Wis Wis, Rhedouane, Kastali, Khadija et tous les autres.

Sans oublier nos très chers amis Igor Antonio, Kittie, Ndasse, Cyrille Mayam, Joana, Gercelina, qui nos ont constamment surveillé de prêt pour qu'on puisse avancer avec le travail, et tous les autres, qui de loin nos ont beaucoup encouragé.

Erivelta Juliana da Cunha João

Saskia Julia Cavo

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 les analyses physico-chimiques et des analyses microbiologiques des eaux usées et épurées.

Les résultats physico-chimiques nous révèle que seule trois paramètres : conductivité (1842,2), DCO (110,48 mgd'O₂/l) et DOB₅ (25,4 mgd'O₂/l) ne répondent pas aux normes OMS et de JORA. Ceci est du à la charge importante de la pollution organique et au disfonctionnement des bassins d'aérations.

Les rendements des paramètres physico-chimique MES, DCO et DBO₅ sont inférieur a 90%.Ce résultat montre une épuration non efficace.

L'étude des bactéries indicatrices d'une contamination fécale dans la station de Rhegaia a révélé un abattement considérable des Coliformes totaux, des Coliformes fécaux et des Streptocoques. Cependant elle a montrée un mauvais abattement des ARS avec un rendement inferieure à 90% (57%).

On peut déduire que l'épuration des eaux usées par la station de Réghaia est plus en moins efficace et elle est insuffisante face à l'augmentation de la population raccordée à cette station.

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

Abstract

This study is to estimate the elimination of the pollution load to evaluate the effectiveness of wastewater treatment by biological activated sludge process at the wastewater treatment plant in the province of Rhegaia.

Our study focused on physic-chemical and microbiological analysis of wastewater and clean.

The physicochemical results reveals that only three parameters: conductivity (1842.2), COD (110.48 mgd'O₂ / l) and BOD₅ (25.4 mgd'O₂ / l) do not meet WHO standards and JORA. This is due to the heavy load of organic pollution and malfunction of vents basins.

Yields on physicochemical parameters SS, COD and BOD 5 are inferior to 90% .This result shows an ineffective treatment. The study of bacteria indicative of fecal contamination in Rhegaia station showed a considerable reduction of total coliforms, faecal coliforms and streptococci. However it has shown a bad abatement ARS with a lower yield of 90% (57%).

It can be inferred that the sewage treatment by Réghaia station is less effective and is inadequate to meet the increase in the population connected to this station.

Keywords: Waste Water Treatment plant (WWTP) of Rhégaia, microbiological, physical and chemical analysis, activated sludge.

ملخص

وتعد هذه الدراسة لتقدير القضاء على حمل التلوث لتقييم فعالية معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة عملية الحمأة المنشطة البيولوجية في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في محافظة Rhégaia.

ركزت دراستنا على الفيزيائية والكيميائية وتحليل الميكروبي لوجي للمياه العادمة ونظيفة. نتائج الفيزيائية يكشف عن أن ثلاثة فقط المعلمات: الموصلية (1842.2)، COD (110.48 mg d'O₂ / لتر (و / 25.4 mg d'O₂ BOD₅ لتر (لا تفي معايير منظمة الصحة العالمية والجورة. ويرجع ذلك إلى عبء ثقيل من التلوث العضوي وحلل في فتحات الأحواض هذا. العائد على المعلمات الفيزيائية SS، COD و BOD 5 هي أدنى من 90٪ نتيجة. هذا معارض علاج غير فعالة.

أظهرت دراسة البكتيريا تدل على تلوث برازي في محطة Rhégaia انخفاضاً كبيراً من إجمالي القولونية، بكتيريا القولون البرازية والمكورات العقدية. ومع ذلك فقد تبين لخفض ARS سيئة بعائد أقل م. (ن 90٪ 57٪).

ويمكن الاستدلال على أن معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق محطة رعاية هي أقل فعالية وغير كافية لتلبية الزيادة في السكان مرتبطة هذه المحطة.

الكلمات الأساسية: المياه المستعملة، محطة معالجة المياه Rhégaia (الدرجة)، والتحليل الميكروبيولوجي، والفيزيائي الكيميائي التحليل تنشيط معالجة الكدارة المترسبة.

Liste des tableaux

Tableau 1	Différent types de pollution des eaux.....	5
Tableau 2	Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO5).....	8
Tableau 3	Quelques pathologies humaines transmises par l'eau pollué.....	9
Tableau 4	Principales utilisations des eaux usées épurées.....	17
Tableau 5	Quantité et nombre d'analyses.....	19
Tableau 6	Analyses physico-chimiques et leurs principes.....	20
Tableau 7	Différenciation entre Vibrions, Aéromonas et Pleisiomonas.....	35
Tableau 8	Caractéristiques générales (SEAAL 2015).....	Annexe I
Tableau 9	Données de base du constructeur.....	Annexe I
Tableau 10	Données de base de la STEP de Réghaia.....	Annexe I
Tableau 11	Matériel pour les analyses physicochimiques.....	Annexe II
Tableau 12	Matériel pour les analyses microbiologiques.....	Annexe II
Tableau 13	Composition des milieux de culture.....	Annexe II
Tableau 14	Résultats physico-chimiques.....	Annexe III
Tableau 15	Moyennes et écart-type physico-chimique.....	Annexe III
Tableau 16	Résultats microbiologiques.....	Annexe III
Tableau 17	Moyennes et écart type microbiologiques.....	Annexe III
Tableau 18	Rendements épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques.	Annexe III
Tableau 19	Rendements épuratoire des paramètres microbiologiques.....	Annexe III
Tableau 20	Normes physico-chimique des rejets selon OMS 2006 et JORA 2006..	Annexe III
Tableau 21	Normes microbiologiques de rejets selon OMS 2006.....	Annexe III
Tableau 22	Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation JORA 2012.....	Annexe III
Tableau 23	Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.....	Annexe III

Liste des figures

Figure 1	Station de Rhégaia.....	18
Figure 2	Préparation des dilutions.....	28
Figure 3	Aspect d'un TSI d'une Salmonella.....	34
Figure 4	Variation du pH en fonctions des prélèvements.....	37
Figure 5	Variation de la température en fonctions de temps.....	38
Figure 6	Variation de la CE.....	39
Figure 7	Variation des MES.....	40
Figure 8	Variation de la DCO en mg/l.....	41
Figure 9	Variation de la DBO ₅ en fonction du temps.....	42
Figure 10	Variation de rapport DCO/DBO ₅ des eaux brutes et traitées.....	43
Figure 11	Variation de l'azote ammoniacal.....	44
Figure 12	Variation des Nitrites.....	46
Figure 13	Evolution des Nitrates en fonction des prélèvements.....	47
Figure 14	Evolution des orthophosphate en fonction des prélèvements.....	47
Figure 15	Evaluation de la densité des coliformes totaux	50
Figure 16	Evaluation de la densité des coliformes fécaux.....	51
Figure 17	Evaluation de la densité des <i>Streptocoques fécaux</i>	52
Figure 18	Evaluation de la densité des bactéries Sulfito-réducteurs.....	53
Figure 19	Evolution des Staphylocoques.....	54
Figure 20	Rendement d'élimination de MES.....	55
Figure 21	Elimination de la DBO.....	56
Figure 22	Elimination de la DCO.....	56
Figure 23	Rendements d'élimination des bactéries.....	58
Figure 24	Schéma de l'entre des eaux usées et de leur passage par le canal venturi..	
Annexe I		
Figure 25	Poste de prétraitement des eaux usées.....	Annexe I

Figure 26	Fonctionnement du clarificateur depuis l'entrée de l'eau brute jusqu'à la sortie de l'eau épurée.....	Annexe I
Figure 27	Epaississement des boues.....	Annexe I
Figure 28	Dosage de la demande chimique d'oxygène par la méthode kit Hach...	Annexe IV
Figure 29	Dosage de nitrates par la méthode de kiHach.....	Annexe IV
Figure 30	Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode kit Hach.....	Annexe IV
Figure 31	Dosage d'orthophosphate par la méthode kitHach.....	Annexe IV
Figure 32	Rampe de filtration	Annexe IV
Figure 33	Rampe de filtration pour le dénombrement des Staphylocoques	Annexe IV

Introduction

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, c'est un précieux don de la nature que l'homme use et souvent abuse, n'est pas illimité et gratuit 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 traitements 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 2015-2019 contre plus de 167, actuellement, 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 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 (**Anonyme, 2015**).

Notre mémoire à pour but, 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.

Ce travail a été réalisé en trois parties :

- La première aborde une étude bibliographique qui donne des approches sur les généralités caractéristiques et 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 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.

Problématique et objectifs

L'urbanisation qui a conduit à la concentration de l'habitat humain a entraîné l'agression physique et chimique de l'environnement et une difficulté croissante dans la gestion de nos déchets. Les cours d'eau sont alors devenus de vrais récepteurs de nos déchets.

Parfois, les eaux usées sont peu contaminées par les déchets industriels, il existe des cas où ils sont déversés directement dans les milieux récepteurs. A cet effet, les eaux usées sont traitées dans les stations d'épuration (**STEP**) avant d'être rejetées dans le milieu naturel récepteur, toute fois, l'épuration recherchée par les STEP est loin d'être totale ; les effluents de ces jours se déversent continuellement dans les cours d'eau à l'aval des agglomérations.

Ce travail a pour but d'évaluer l'efficacité de ce traitement biologique par boue activées, 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.

L'étude a été menée à la station d'épuration de Rhégaia, elle consiste à faire une reconnaissance des différentes étapes de traitement et les lieux de prélèvement au sein de la station, **ensuite dans le laboratoire** de la station où aura lieu toutes les analyses physico-chimiques, ainsi que dans le laboratoire d'hygiène de Blida et l'établissement de Médéa, pour estimer l'efficacité du traitement dans la réduction de la charge microbiologique polluante.

Notre étude débute par une partie bibliographique, où nous expliquerons les généralités sur les eaux usées, leurs caractéristiques et leurs procédés d'épuration. Dans la partie expérimentale, après avoir présenté la station d'épuration des eaux usées, nous exposerons les différentes phases de traitement des eaux usées et les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques suivies, les résultats obtenus et leurs interprétations.

Nous allons clore le travail avec des recommandations.

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

SOMMAIRE

Introduction01

Problématique et Objectifs.....03

1^{ere} Partie : Partie Bibliographique

CHAPITRE I : Généralités et caractéristiques des eaux usées

I.1. Définition.....04

I.2. Différentes sources d'eaux usées.....04

I.2.1. Eaux usées domestiques.....04

I.2.2. Eaux usées industrielles.....04

I.2.3. Les eaux usées d'origine agricole04

I.2.4. Les eaux des ruissellements.....05

I.3. Pollution des eaux.....05

I.4. Caractéristiques des eaux usées.....06

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques.....06

I.4.2. Caractéristiques Physico-chimiques.....06

I.4.3. Caractéristiques microbiologiques09

I.4.3.1. Microorganismes.....09

I.4.3.2. Les Micro-organismes d'origine fécale.....10

I.4.3.3. Organisme libres.....	11
--------------------------------	----

CHAPITRE II : Le traitement des eaux usées

II.1. Introduction.....	13
II.2. Différentes étapes d'épuration des eaux usées.....	13
II.2.1. Pré-traitement.....	13
II.2.2. Traitement primaire.....	14
II.2.2. Traitement secondaire	15
II.2.4. Traitement tertiaire ou supplémentaire	16
II.2.5. Réutilisation des eaux usées.....	16

2^{ème} Partie : Partie Expérimentale

CHAPITRE I : Matériel et Méthodes

I. Matériel et méthodes	18
I.1. Présentation de la STEP de Rhégaia	18
I.2. Matériel	18
I.2.1. Matériel non biologique	18
I.2.2. Matériel biologique	18
I.2.3. Echantillonnage et prélèvement	18
I.3. Méthodes	20
I.3.1. Analyses physico-chimiques	20
I.3.2. Analyses microbiologiques.....	26
I.4. Rendements	36

CHAPITRE II : Résultats et discussions

II.1. Paramètres physico-chimiques.....	37
II.2. Paramètres microbiologiques.....	49
II.3. Rendements épuratoires.....	54
II.3.1. Rendements des paramètres physico-chimiques.....	55
II.3.2. Rendements des paramètres microbiologiques.....	57
Conclusion et Perspectives.....	58
Références bibliographiques	
Annexes	

I.1. Définition

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » (**Attab, 2011**).

I.2. Différentes sources d'eaux usées

I.2.1. Eaux usées domestiques

Les eaux résiduaires domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, elles se répartissent en : « Eaux ménagères », ayant pour origine les salles de bains et les cuisines, qui sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. « Eaux vannes », comprenant les rejets des toilettes. Ces dernières sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Elskens, 2010**). Ces eaux ont une composition connue relativement stable (**Leclerc, 1989**).

I.2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont en principe rejetées par une usine dans le milieu extérieur après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, et au refroidissement.

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Elles sont un mélange hétérogène composé de matières à caractère minérale ou organique, sous forme de composés insolubles et en proportion plus ou moins grande des composés en dissolution dans l'eau (**Boeglin, 2007**).

I.2.3. Eaux usées d'origine agricole

L'usage croissant des nombreux intrants, engrais, phytosanitaire (pesticides, herbicides etc.) surtout dans les grandes zones de monoculture, de déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs, ou encore des accumulations de métaux (Cu, Zn), proviennent des compléments alimentaires des animaux d'élevage et des résidus d'antibiotique utilisés contre les infections animales ou pour favoriser leur croissance (**Schmidt, 2005**). Ces eaux sont des rejets de plus en plus importants dans le milieu naturel. Des nombreux polluants se retrouvent ainsi en abondance dans l'eau (**Chevery, 1998**).

I.2.4. Eaux des ruissellements

Les eaux pluviales ou de ruissellement peuvent être à l'origine de pollutions importantes notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant de résidus déposés sur les toitures et les voiries (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux...). En outre, lorsque le système d'assainissement est « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques (Elskens, 2010).

I.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). Le tableau 1 résume, les différents types de pollution.

Tableau 1. Différents types de pollution des eaux

Type de pollution	Exemple	Sources
Physique	Pollution thermique	Rejets d'eau chaude.
		Centrales thermiques.
	Pollution radioactive	Exploitations nucléaires.
		Installations nucléaires.
Chimique	Pollution agricole	Nitrates, phosphates.
		Agriculture.
	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)

I.4. Caractéristiques des eaux usées

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques

a) Odeur

L'eau d'égout fraîche à 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 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_3O^+ , 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 l'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 l'électrode 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 croît (**Coin, 1981**).

d) Matière en suspension (MES)

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

- Matières minérales (le sable les argiles etc.)
- Et de 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**).

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) 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 consomme après 5 jours d'incubation a $20^{\circ}C$ 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 2 montre le rapport entre la DCO et DBO (**Anonyme, 1975**).

Tableau 2 : Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO5)

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

(Truc, 2007)

h) Azote (N₂)

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 (NO₃⁻), les nitrites (NO₂⁻) et l'ammonium (NH₄⁺) (Henry et al., 1996).

i) Nitrites (NO₂⁻) et Nitrates (NO₃⁻)

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 (NH₄⁺)

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 (PO₄³⁻)

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

I.4.3. 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 causés par les différentes classes de micro-organismes (**Cardot, 1999**).

Tableau 3 : Quelque pathologie humaine transmise par l'eau pollué

Type de Micro-organisme	Maladies	Agents responsable
Bactéries	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Typhoïde	<i>Salmonelle typhi</i>
	Paratyphoïde	<i>Salmonelle Paratyphi A,B</i>
	Dysenterie Bacillaire	<i>Shigella</i>
Virus		<i>Escherichia coli</i>
	Gastro-entérites aigues et diarrhées	Entérotoxinogène <i>Campylobacter jejuni/Coli</i>
	Hépatite virale	<i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp</i>
		Virus hépatite A, B
	Gastro-entérites aigues et diarrhées	Virus de Norwalk <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</i>
	Cryptosporidiose	<i>histolytiCryptosopodim sp</i>

(Montiel, 2009)

I.4.3.2. Micro-organismes d'origine fécale

a) Coliforme totaux

Les coliformes sont des bacilles à gram positif, 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 thermotolérants 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 des ces bactéries car en plus de ces caractéristiques elle produit l'indole à 44°C à partir de tryptophane (**Lapernt et Gourgaud, 1997**).

c) Streptocoques fécaux

Les *streptocoques fécaux* ou *entérocoques fécaux* sont des bactéries d'origine fécale et animale ayant l'antigène D. Elles sont appelées des streptocoques D. Elles 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**).

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 grams négatives, et leurs colonies sont brillantes translucides. Elles sont asporulées, 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, les eaux, l'environnement et les intestins. Elles sont des bactéries grams 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).

a.1 .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 :

- Les protozoaires
- Les métazoaires (Balvay et Druart, 2007).

a1.1. 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**).

a.2.Phytoplancton

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

a.2.1 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, dépourvus 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 des champignons, les moisissures et les levures. Les levures sont des champignons unicellulaires et les moisissures sont des champignons filamenteux unicellulaires ou multicellulaires (**Guiraud, 2012**).

II.1 Introduction

Les procédés de traitements 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 Pré-traitement

Les prétraitements sont destinés à séparer des eaux résiduaires. Les eaux usées véhiculent des corps grossiers de nature variée (papiers, chiffons, bouts de boies, 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 ce 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 :

- Grilles manuelles
- Et grilles automatiques

Son but est d'éviter l'obturation des conduites et le blocage des organes mécaniques (**Boeglin, 2002**).

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-chimique consiste en une étape de coagulation/floculation suivie d'une étape de décantation ou flottation. Ce traitement élimine pratiquement toute la partie décantable des matières solides en suspension et une partie importante. Il permet également de réduire la DBO₅ qui est associée 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.2.2. 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 des 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. 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

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 (**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 potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle (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 4 : 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)**.

I. Matériels et méthodes

Durant notre stage qui s'est déroulés en 03 mois (Mars, Avril et Mai) au sein de la station d'épuration (STEP) de Réghaia, nous avons effectué des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux brutes, décantées et épurées, afin de s'assurer de l'efficacité du procédé d'épuration des eaux usées.

I.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 desphosphatation par injection ferrique.

Les eaux usées reçues dans cette station proviennent de deux pompages différents que 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 présentés dans les tableaux 8,9 et 10 (annexe).

I.2. Matériel

I.2.1. Matériel non biologique

Voir annexes

I.2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est le suivant:

- Eaux usées brutes
- Eaux usées décantés
- Et eaux usées épurés

I.2.3 L'échantillonnage et prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé pendant une période allant du 13 Mars au 15 Mai 2016 à raison d'un prélèvement par semaine (tableau 05). 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 décanté 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 5: 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	7	7	7	7	7	7

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

I.3. Méthodes

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

I.3.1. Analyses physico-chimiques

Tableau 6: 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 qui a été utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 qui 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

équivalentes en anhydride carbonique (CO₂), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple) pour piéger le CO₂, 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 nitroprussique 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 phosphore molybdè. **ISO 6878**

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 tampon 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.

a) 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

b) Matières en suspension

Les matières en suspension sont dosées par la méthode de filtration selon la norme ISO 11923.

➤ **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 :

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

Où

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.

c) 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 mgO₂/l, (la concentration en masse d'oxygène consommé par la matière organique présente dans échantillon) (Figure 28 annexe).

d) Demande biochimique en oxygène

➤ **Mode opératoire**

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquat ;
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO ;
- Ajouter de la soude pour absorber le CO₂ formé ;
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation 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 :

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

Où

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

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

e) 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 spectrophomètre (DR2800). (Figure 29 annexe).

➤ **Expressions des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg/l.

f) 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 dirigeant le cannelage 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 cannelage 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'orthophosphate

Les orthophosphates sont mesuré 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 cannelage ver 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 31 annexe).

➤ Expressions de résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l.

I.3.2. Analyses microbiologiques

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

- Coliformes totaux.
- Coliformes fécaux (*Escherichia coli*)
- 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 dilutions 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 des 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^{-1} ;
- 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.

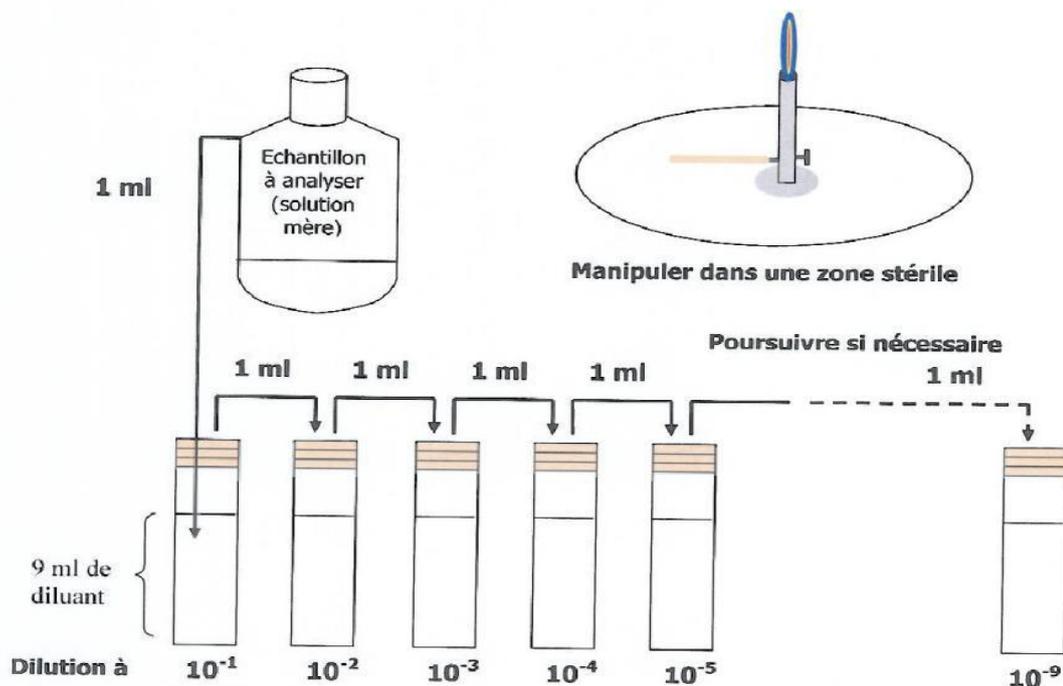


Fig 1 : Préparation des dilutions

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 distillé 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 le 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-ci-dessus) sauf pour les salmonelles, les vibrions et les bactéries anaérobies sulfito- réducteurs qui sont comptés directement.

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

Où

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 lactosé 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 une boîte de pétri contenant la gélose lactosé 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 des petites tailles, lisses, légèrement bombées, à contours régulier et pigmentés en jaune orange.

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

Ne pas dénombrer que les boites 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 isolés pour pratiquer des tests simples, confirmatifs sur un bouillon Tryptophane et test d'oxydase.

Impérativement repiquage sur les milieux confirmatifs liquides :

- a) Bouillon lactosé 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 contiennent 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 couleur 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 et pente rouge avec dégagement de gaz et/ou H₂S), il faut faire un repiquage sur un tube contenant de l'urée et l'isolement sur un autre TSI, après incubation tout à 37°C pendant 24h ; Procéder à un ensemencement d'une galerie biochimique de type API 20E à incubation à 37°C pendant 24h.

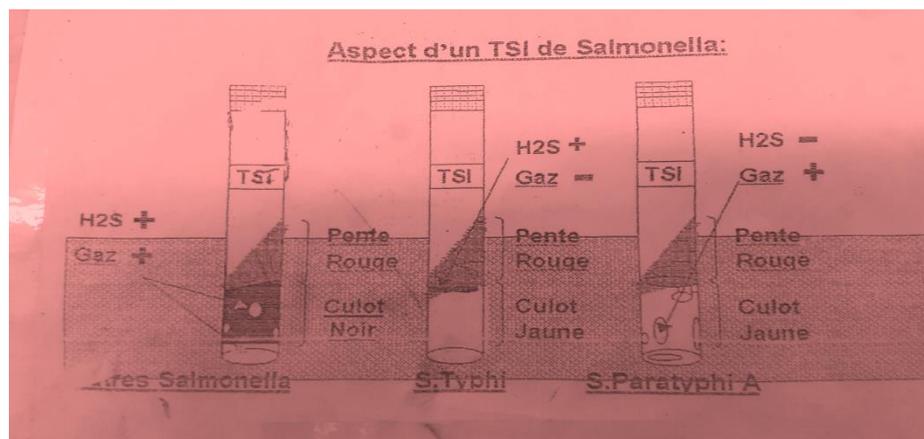


Fig 2 : Aspect d'un TSI de Salmonella (F.MOUFFOF)

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 dans 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 7: Différenciation entre les Vibrions, Aéromonas et Pleisiomonas

	LDC	ODC	ADH
Vibrions	+	+	-
Aéromonas	-	-	+
Pleisiomonas	+	+	+

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.

I.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).

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

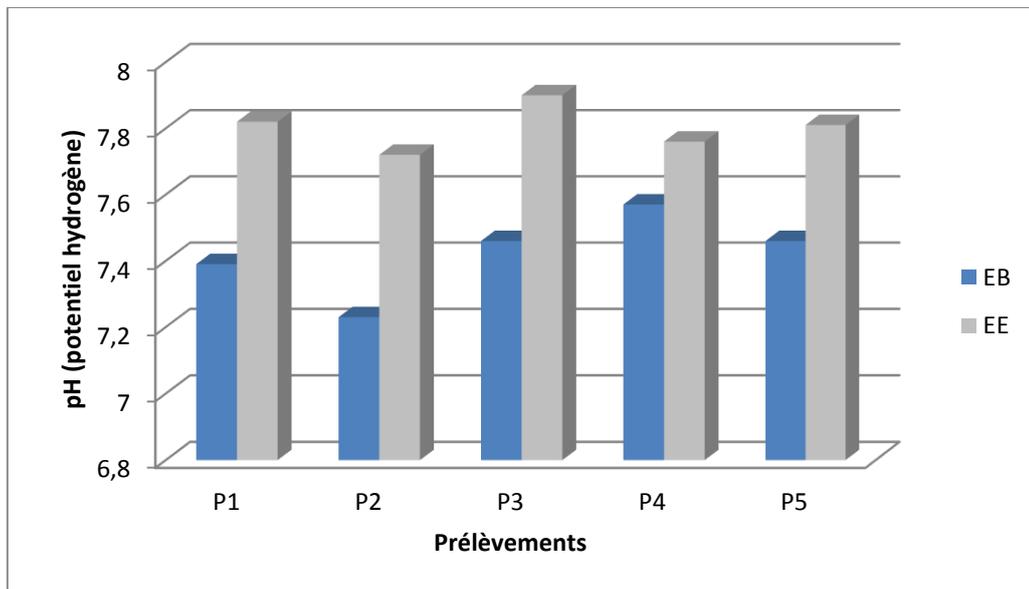
II.1. Paramètres physico-chimique

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 14 (annexe) et dans les figures 3 jusqu'au 13. Les résultats obtenus sont comparés avec les normes de l'OMS et de JORA afin d'évaluer la qualité de ces eaux.

II.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 3).

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

Fig 3: Variation du pH en fonctions des prélèvements

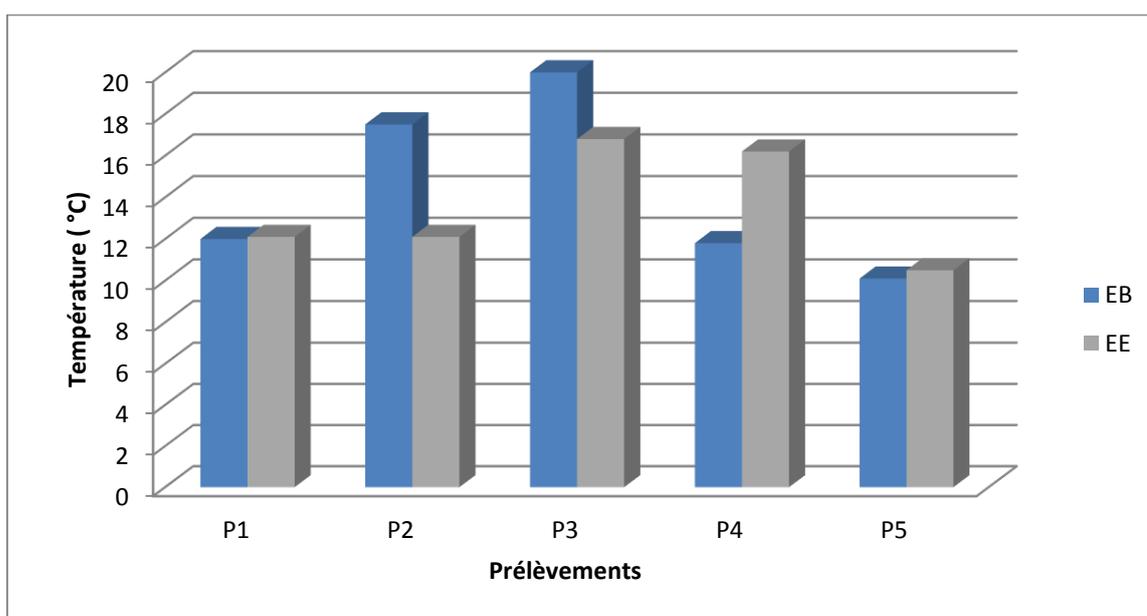
II.1.2. Température (T)

Selon **Meinck et al., (1877)**, la température de l'eau est très importante, car est 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 chaine 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 du traitement efficace.



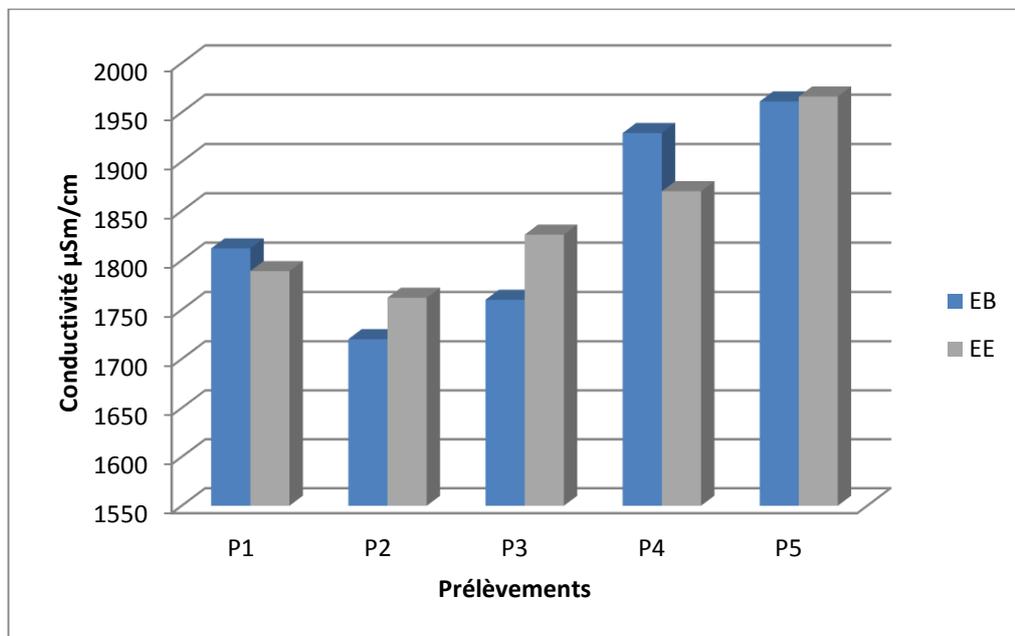
Normes : OMS et de JORA (30°C)

Fig 4 : Variation de la température en fonctions de temps

II.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 1720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1961 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celles des EE oscillent de 1762 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 1966 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Norme : OMS 2006 (1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$). EB : eau brute ; EE : eau épuré

Fig 5 : Variation de la Conductivité électrique

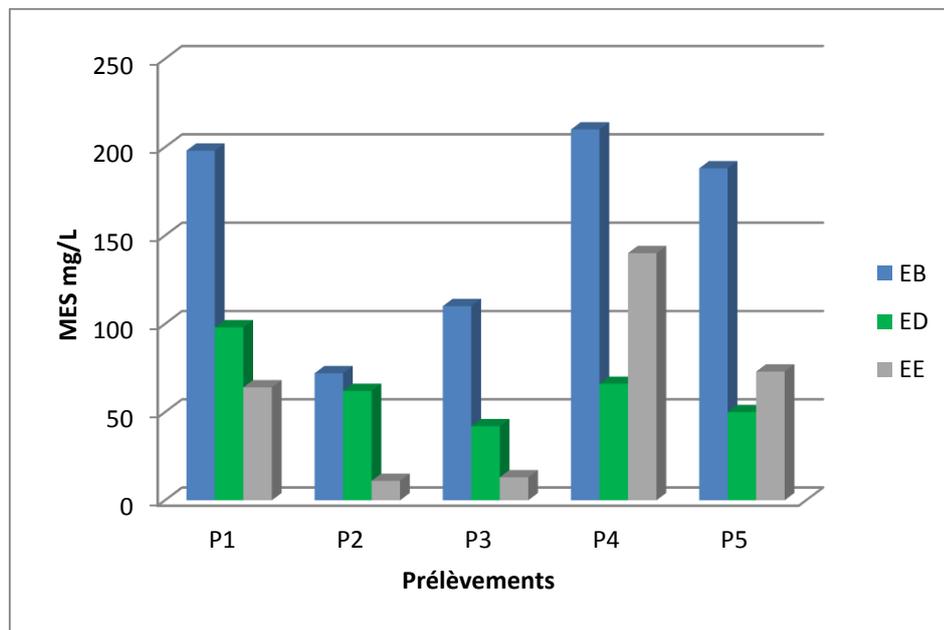
On remarque que les valeurs des EB et EE sont presque similaires. Ceci est dû probablement à une charge importante de la pollution organique et aussi à l'absence de la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui pourra être retenue dans les boues. En plus les valeurs sont très élevées en comparant avec celles de la norme d'OMS 2006 (1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Par ailleurs les valeurs des eaux résiduaires dépassent 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce que implique selon **Rodier et al., (2005)**, que ces eaux présentent une minéralisation élevées (Figure 5). Ceci est probablement dû à un apport massif de détergents apportés par les eaux usées domestiques.

II.1.4. Matière en suspension (MES)

Selon **Grosclaude (1999)**, les matières en suspension représentent des impuretés non dissoutes dans l'eau. Ils ont souvent une teneur en matière organique importante et une densité légèrement supérieure à celle de l'eau. Ils sont en majeure partie, de nature biodégradable. (**FAO, 2003**).

À l'entrée de la station la teneur des MES est élevée. Les valeurs sont comprises entre 72mg/l et 210mg/l (figure 6). Selon **Baumont (2005)**, la présence de ces matières en suspension dans les différents rejets gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes photogènes.



Norme : OMS (30mg/l) ; JORA (35mg/l). EB : eau brute ; ED : eau décanté ; EE : eau épurée.

Fig 6 : Variation des MES

Après l'épuration des eaux usées presque la moitié des MES sont éliminées dont les valeurs enregistrées varient entre 11mg/l et 140 mg/l (figure 6). Cette diminution de 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. En outre les valeurs des EE ne sont pas conformes aux la norme donnée par OMS (30mg/l) et par JORA (35mg/l).

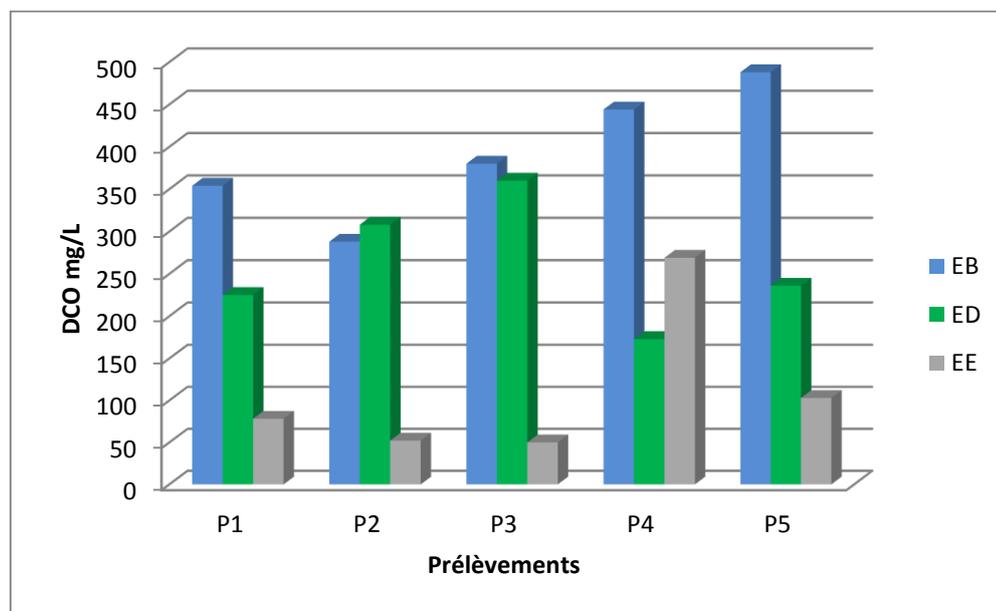
II.1.5. Paramètres de la pollution organique

II.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 7, on remarque les résultats à l'entrée varient entre 288 mg O₂/l et 488 mg O₂/l et à la sortie de la station, les valeurs de la DCO des 3 prélèvements (P1, P2, P3) de l'eau traitée sont comprises entre 50 mg/L 269 mg/l. Selon Rejesk (2002), ces valeurs sont dans la gamme de 300 à 700 mg O₂/l confirmant ainsi l'origine du rejet.



Normes : OMS et de JORA (<90 mg d'O₂/l)

Fig 7 : Variation de la DCO en mg/l

Ces valeurs sont conforme aux normes de l'OMS et du JORA (<90 mg d'O₂/l), mais elles sont supérieures à celles des eaux destinées à l'irrigation (<40 mg d'O₂/l).

En revanche les 2 dernières (P4, P5) sont supérieures aux normes de l'OMS et de JORA. Ceci est due probablement à une fraction de la DCO biodégradable soit elle n'est décomposée par l'activité des microorganismes épurateurs, soit elle n'est pas éliminée par sédimentation au niveau du clarificateur.

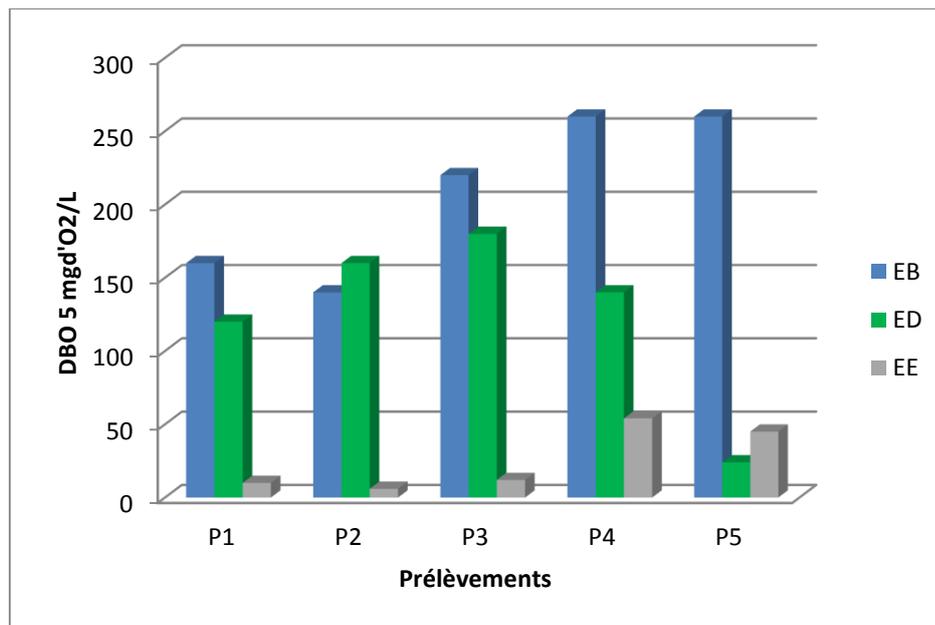
II.1.5.2. Demande biologique en oxygène(DBO₅)

La mesure de la demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une l'eau en matières organiques biodégradables (son degré de pollution ou sa qualité) (Djernakoye, 2005).

Les résultats obtenus dans la figure 8, varient entre 140 mg d'O₂/l et 260mg d'O₂/l pour les EB, celles des ED varient entre 24 mg d'O₂/l et 180 mg d'O₂/l et celles des EE varient 6 mg d'O₂/l à 54 mg d'O₂/l.

L'abaissement de ces valeurs de la DBO₅ dans l'eau épurée est du au passage dans le dessableur, qui permet 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 éliminé dans les bassins d'aérations.

Selon Cardot (1999), cette réduction 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.



Norme : OMS, JORA et l'irrigation (≤ 30 mg d'O₂/l).

Fig 8: Variation de la DBO₅ en fonction du temps

On remarque que les dans trois premiers prélèvements les DBO₅ sont conformes aux normes données par l'OMS et JORA et sont inferieures a celles des eaux destinées à l'irrigation (≤ 30 mg d'O₂/l).

Cependant les deux dernières prélèvements (P4 54mg d'O₂/l et P5 45mg d'O₂/l) ne sont pas conformes aux normes citées.

D'après **Gomella et Guerrée (1978)**, soit l'oxydation des composés du carbone n'a pas eu lieu, soit l'oxydation des combinaisons comprenant l'azote n'a pas eu lieu ou encore la température de 20°C (température idéal pour l'oxydation des composés carbonés et azotés) a changé à un certain moment.

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

Le rapport DBO₅/DCO est un indice de la biodégradabilité d'échantillon à étudié (figure 9). La DCO donne une idée de la teneur d'un effluent en matière oxydable immédiatement biodégradable ou non. Elle est donc en générale toujours supérieure à la DBO.

L'écart entre ces deux déterminations est autant plus grand que les matières oxydables sont peu biodégradables à l'inverse il est d'autant plus petits que les matières oxydables sont plus biodégradables ce qui est du soit à la nature non biodégradables soit la présence dans l'effluent de toxique que inhibent l'activité bactérienne (**Anonyme 1975**).

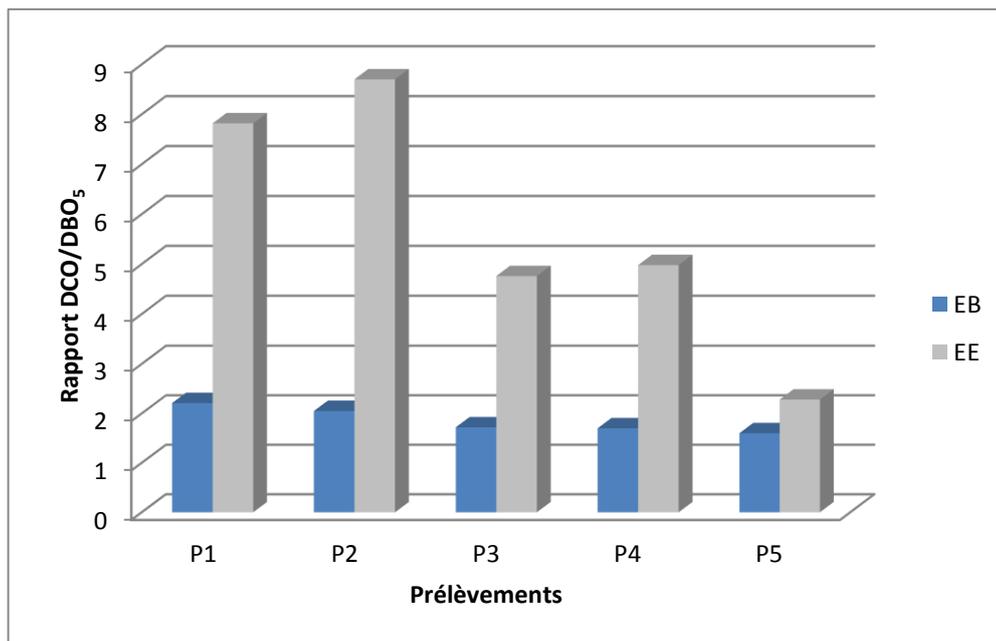


Fig 9 : Variation de rapport DCO/DBO₅ des eaux brutes et traitées

Par ailleurs, selon **Rodier et al., (2009)** si $DCO/DBO_5 < 3$ l'effluent est facilement biodégradable ; si $3 < DCO/DBO_5 < 5$ l'effluent est moyennement biodégradable et si $DCO/DBO_5 > 5$ l'effluent est difficilement biodégradable, voir non biodégradable.

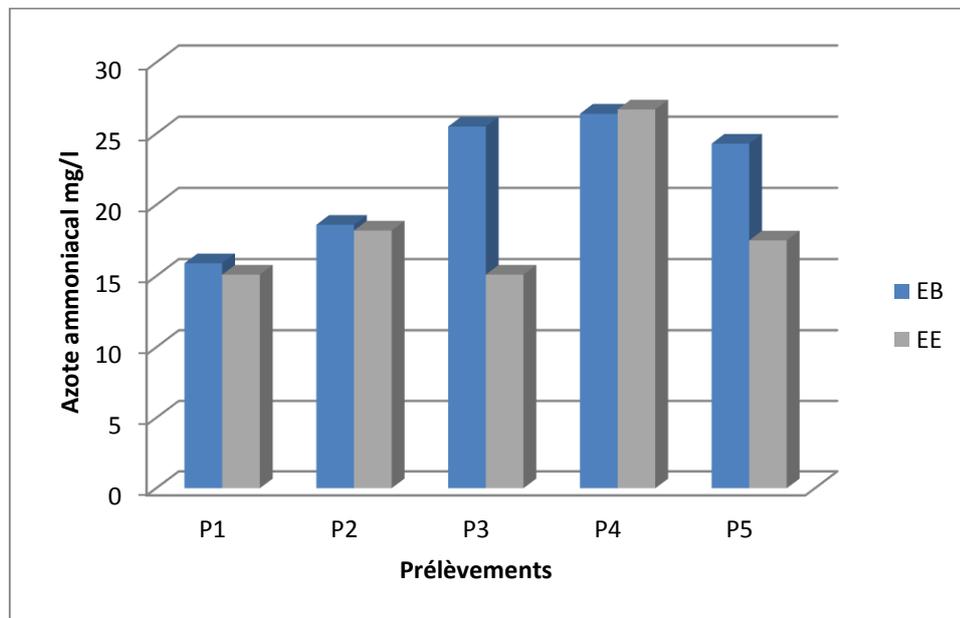
La comparaison de nos résultats (figure 9) avec ceux donné par **Rodier et al., (2009)**, nous révèlent que les EB sont facilement biodégradable. Alors que les EE au niveau de la

STEP sont difficilement biodégradables, voir non biodégradables. Ceci est du probablement à un disfonctionnement des bassins d'aérations au niveau de la STEP qui se traduit par la réduction des microorganismes responsables de l'épuration.

II.1.5.4 Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Dans l'eau usée l'azote se présente en plusieurs formes mais essentiellement sous la forme d'azote organique qui sera transformé en azote ammoniacal et peut donc, en qualité d'élément nutritif, intervenir dans le développement de certaines bactéries (Permo, 1994).

La figure 10, décrit que les valeurs d'azote ammoniacal à l'entrée (eau brute) varient entre le minimum 15,9 mg/l et le maximum 26,4mg/l avec une moyenne de 22,14mg/l. A la sortie de la station il décrit un minimum 15,1mg/l et un maximum 26,5mg/l avec une moyenne de 18,52mg/l.



Norme : OMS (1mg/l)

Fig 10 : Variation de l'azote ammoniacal

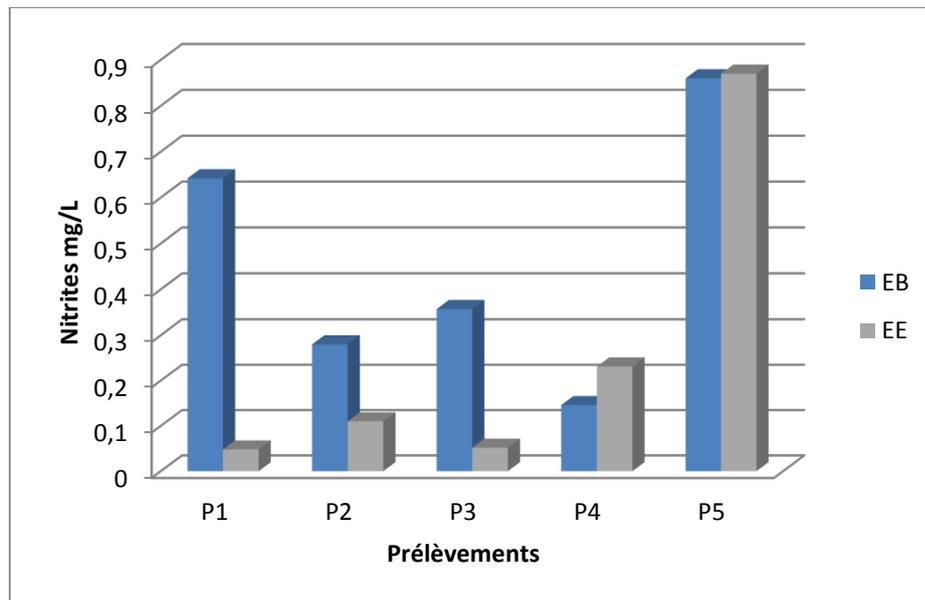
Ces données nous ont permis de constater qu'il n'y a pas vraiment une réduction c'est-à-dire certains valeurs de l'eau brute sont presque égales ou proches de l'eau épurée. Ceci peut être du à la quantité et la qualité de la biomasse épuratrice et a faible quantité des bactéries du genre nitrosomonas qui sont responsables de la transformation de la fraction azotée en azote ammoniacal. Ces valeurs ne concordent pas avec ceux donnés par OMS inférieure à 1.

En outre selon **Satin et Selmi (1999)**, l'élimination de l'azote ammoniacal est insuffisante après les traitements préliminaires, primaires et secondaires, d'où il nécessite d'envisager un traitement tertiaire et les mauvaises conditions de conception et d'exploitation restituent des eaux traitées contenant souvent entre 20 et 50 mg de l'azote ammoniacal par litre. De plus selon **Gomella et Guerrée (1978)**, il suffit d'aérer (bullage, ruissellement) l'eau chargée d'ammoniac, pour assurer une élimination pratiquement totale de l'ammoniac contenu dans l'eau.

II.1.5.6. Nitrites (NO₂⁻)

Selon la figure 11, les valeurs des nitrites à l'entrée et à la sortie sont faibles. Elles varient entre 0,28 mg/l et 0,64 mg/l, avec une moyenne de 0,45mg/l pour l'eau brute et entre 0,5mg/l et 1,87mg/l pour l'eau épurée avec une moyenne 0,26 mg/l.

Les nitrites constituent une forme intermédiaire de l'azote et les nitrates sont les produits finals de l'oxydation de l'azote. Les traitements biologiques peuvent transformer NH₄ en NO₂ par des bactéries nitrosomonas et la quantité d'oxygène de l'eau n'est pas suffisante pour poursuivre l'oxydation jusqu'au stade de nitrates (**Vilaginés, 2010**).



Norme : OMS et irrigation (<1mg/l)

Fig 11 : Variation des Nitrite

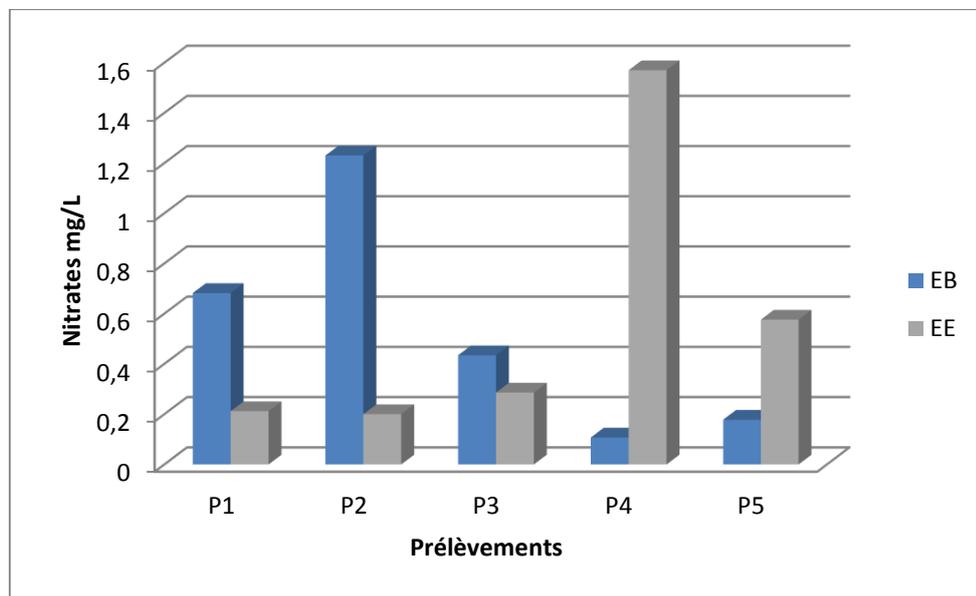
Les teneurs en nitrites observés sont toujours très faibles, le développement du double processus dépend donc de la vitesse de transformation de l'ammonium en nitrites. Les micro-organismes en cause sont autotrophes et utilisent directement de CO₂ ou l'ion bicarbonate comme source de carbone (**Gomella et Guerrée, 1978**). Ses données nous permettent de dire que la concentration des nitrites dans l'eau épurée est conforme à la norme de rejet et aussi à

la norme extrêmes d'irrigation (<1mg/l) d'OMS. Donc le processus de nitrification dans la STEP est satisfaisant.

II.1.5.7. Nitrates (NO₃⁻)

La figure 12, 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 0,10mg/l et un maximum de 1,23 mg/l pour les EB et entre 0,2mg/l et 1,57mg/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 4, qui dépasse la norme.

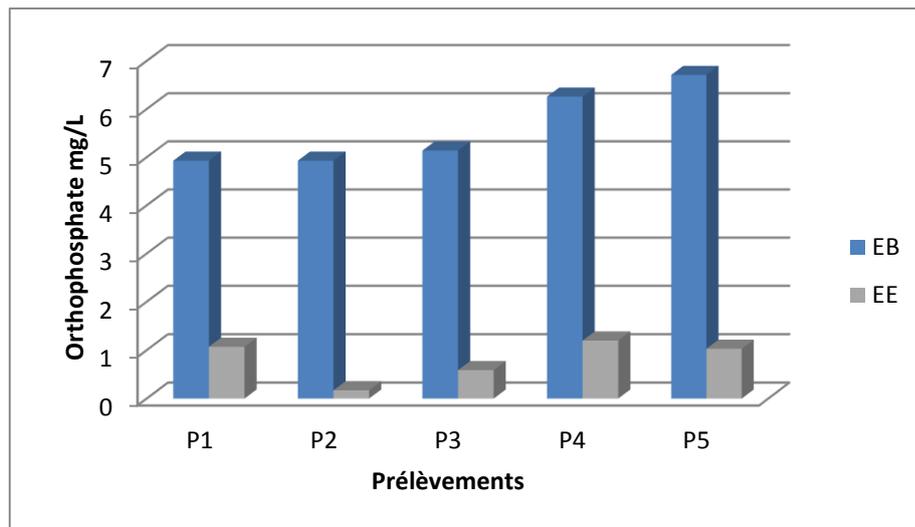


Norme : OMS et irrigation (<1mg/l)

Figure 12 : Evolution des Nitrates en fonction des prélèvements

II.1.5.8. Orthophosphates (PO₄³⁻)

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 13 à l'entrée, les valeurs des EB sont élevées et elles sont comprises entre 4,93 mg/l et 6,71mg/l avec une moyenne de 5,59 mg/l. A la sortie (figure 13) de la STEP, les valeurs oscillent entre 0.172mg/l et 1.2mg/l. On note une réduction significative qui peut être due à la présence des bactéries desphosphatantes dans le bassin d'aération dans la station.



Norme : OMS et de JORA (<2mg/)

Fig13 : Evolution des orthophosphate en fonction des prélèvements

Les agents phosphatés sont des polluants très forts de la nature, vu que leurs élimination dans les eaux est importante. Nous pouvons déduire que le traitement est d'une bonne efficacité. Les valeurs des EE sont conformes aux normes, d'OMS et de JORA (<2mg/l) et aux valeurs des eaux d'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**).

II.2. Paramètres microbiologiques

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

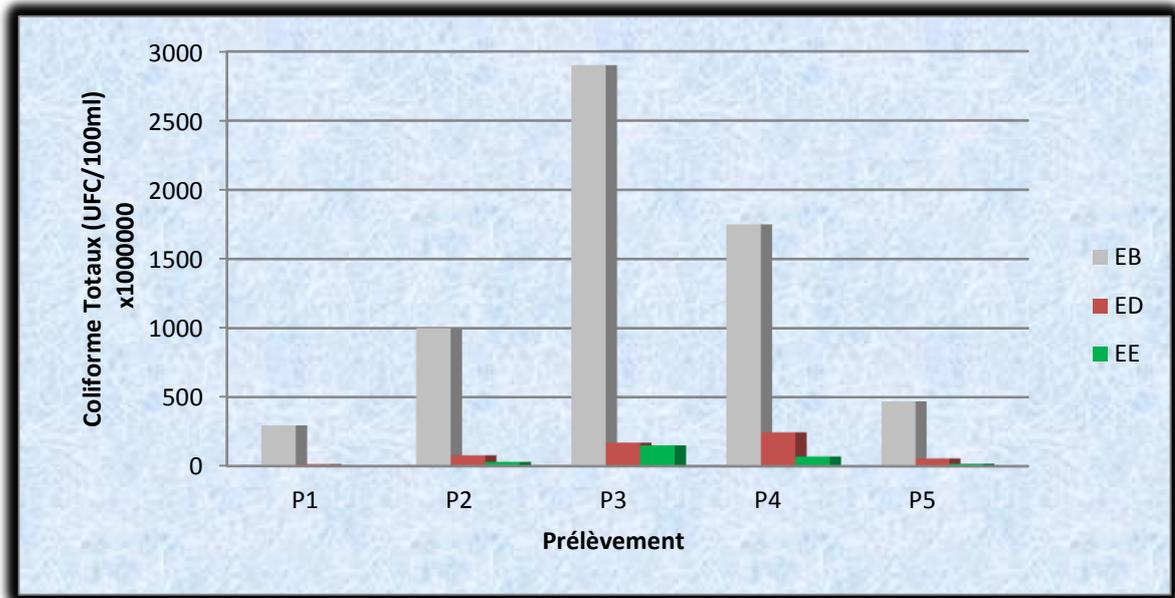
Les résultats des analyses microbiologiques des eaux brutes et des eaux épurées prélevées de la STEP de Rhégaia durant les 3 mois (mois de Mars, mois d'Avril et mois de Mai) sont mentionnés dans le tableau 13 (annexe) et dans les figures 14 à 18.

II.2.1. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux (CF) ne sont pas des indicateurs de contamination fécale, ils sont recherchés dans certaines eaux car ils peuvent parfois exprimer un risque de contamination microbienne au-delà d'un certain seuil (**Delarras, 2014**).

Les résultats des coliformes totaux dans les EB, les ED, les EE sont respectivement égale à 128×10^7 UFC/100ml, 112×10^6 UFC/100 ml et 67×10^6 UFC/100 ml. (Figure 14)

La charge importante des Coliformes totaux constante dans les eaux brutes est due à l'enrichissement en matière organiques des eaux usées brutes qui rend 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) de rejet dans le milieu naturel. Cette réduction est due aux phénomènes d'absorption des germes sur les floes biologiques.



Norme : OMS : (10^3 - 10^7) EB : eau brute ; ED : eau décanté ; EE : eau épurée

Fig 14 : Evaluation de la densité des coliformes totaux dans les trois types d'eaux

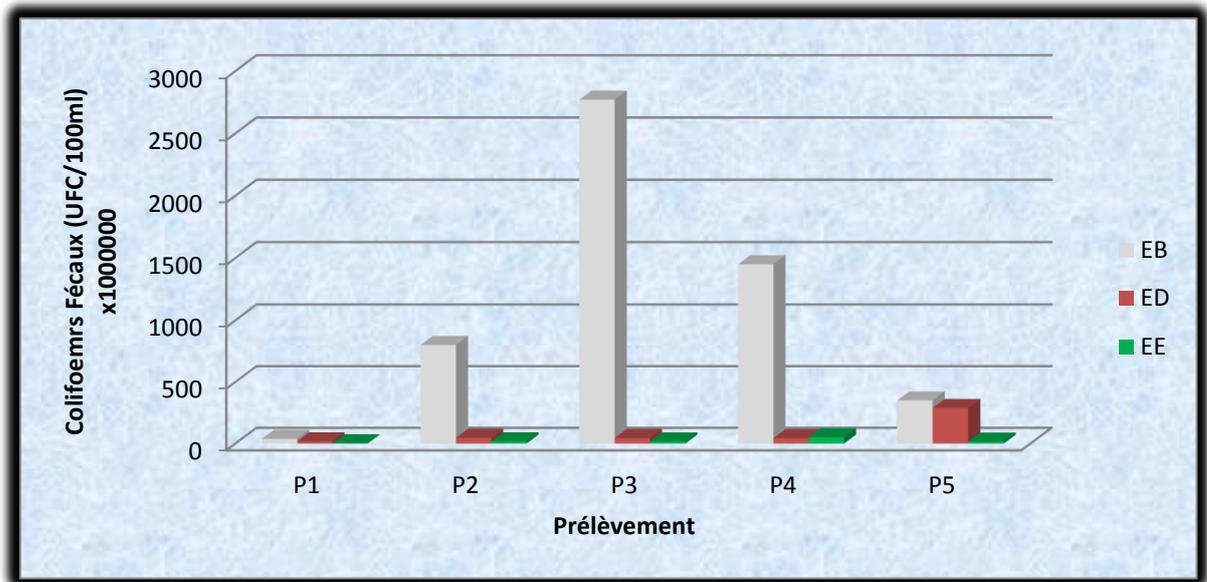
II.2.2. Coliformes fécaux

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 représenté dans la figure 15. On trouve une moyenne de 108×10^7 UFC/100ml pour les EB, une moyenne de $88,6 \times 10^6$ UFC/100ml pour les ED et une moyenne de $20,96 \times 10^6$ UFC/100ml pour les EE.

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

Le nombre de ces germes a diminué dans l'eau épurée et il est conforme à la norme donnée par l'OMS (10 - 10^6).



Norme OMS : (10-10⁶)

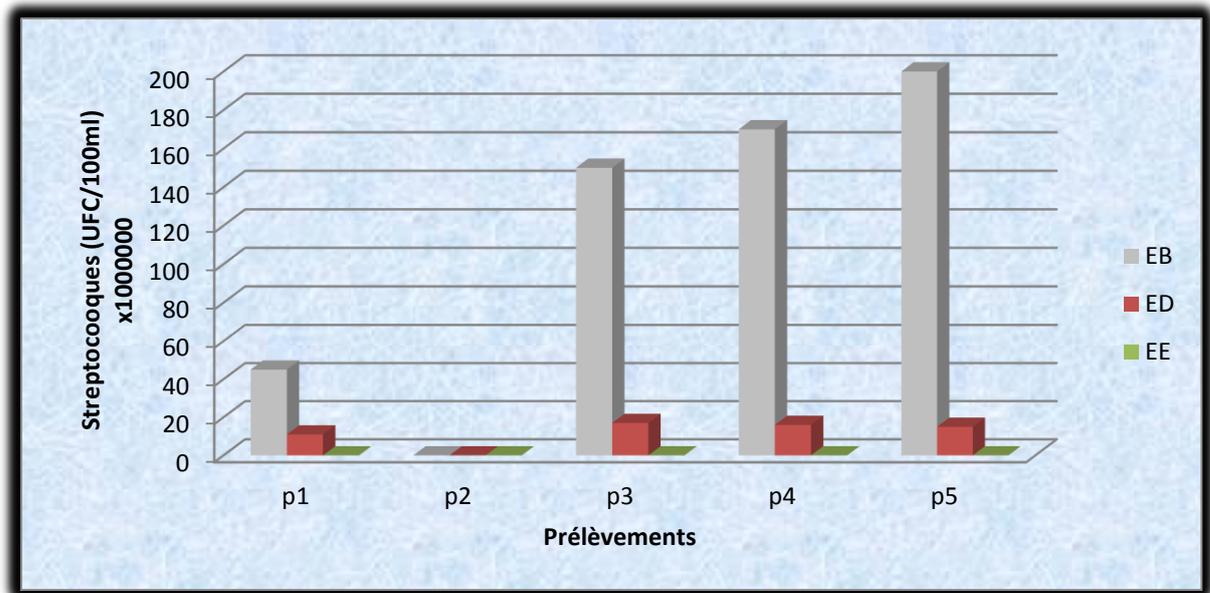
Figure 15 : Evaluation de la densité des coliformes fécaux dans les trois types d'eaux

II.2.3. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont plus résistants aux conditions environnementales difficiles et elles persistent plus longtemps dans l'eau (Gleeson et Gray, 1997).

Les valeurs de l'analyse des Streptocoques fécaux sont mentionnées dans la figure 16. Elle nous montre une moyenne de 113×10^7 UFC/100 ml pour l'eau brute, une moyenne de 11×10^6 UFC/100 ml pour l'eau décantée et l'absence totale des germes dans l'eau épurée. Les résultats des EE sont inférieures et conformes aux normes données par l'OMS ($10 \cdot 10^5$).

Les Streptocoques fécaux proviennent essentiellement des eaux de vannes (les eaux sont très chargées en germes issus de la flore intestinale de l'être humain). La réduction importante des germes après l'épuration biologique, est due aux phénomènes d'adsorption par les boues activées.



Norme : OMS ($10 \cdot 10^5$)

Figure 16 : Evaluation de la densité des *Streptocoques fécaux* dans les trois types d'eaux

II.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 *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 17).

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.

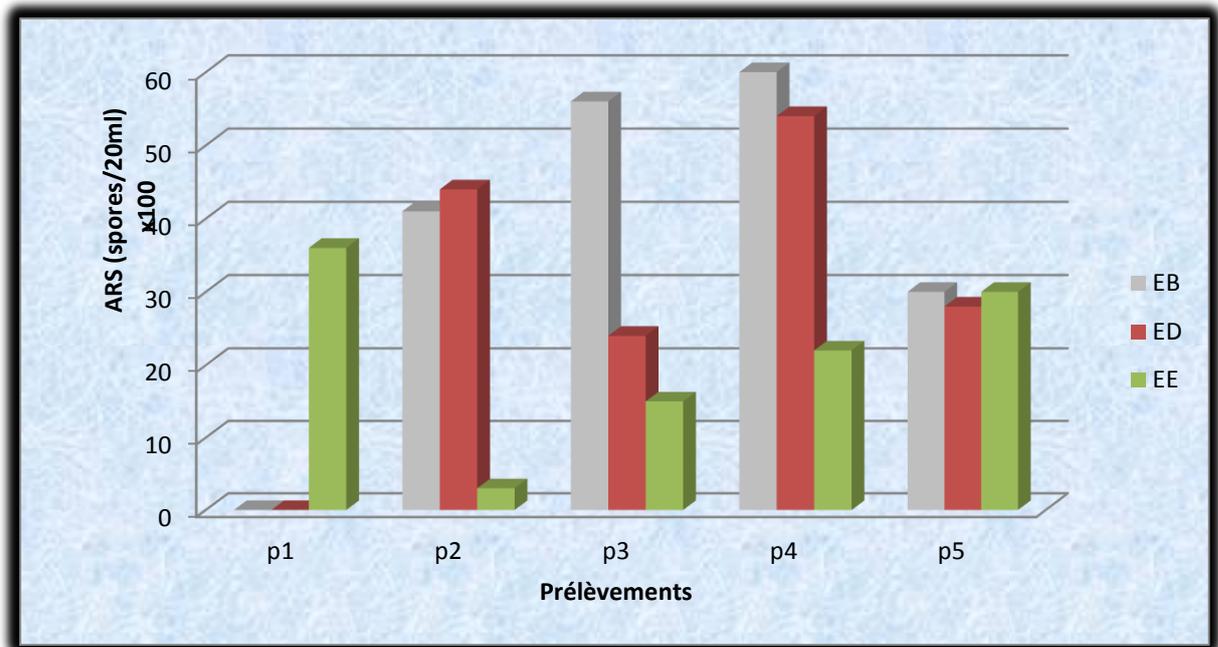


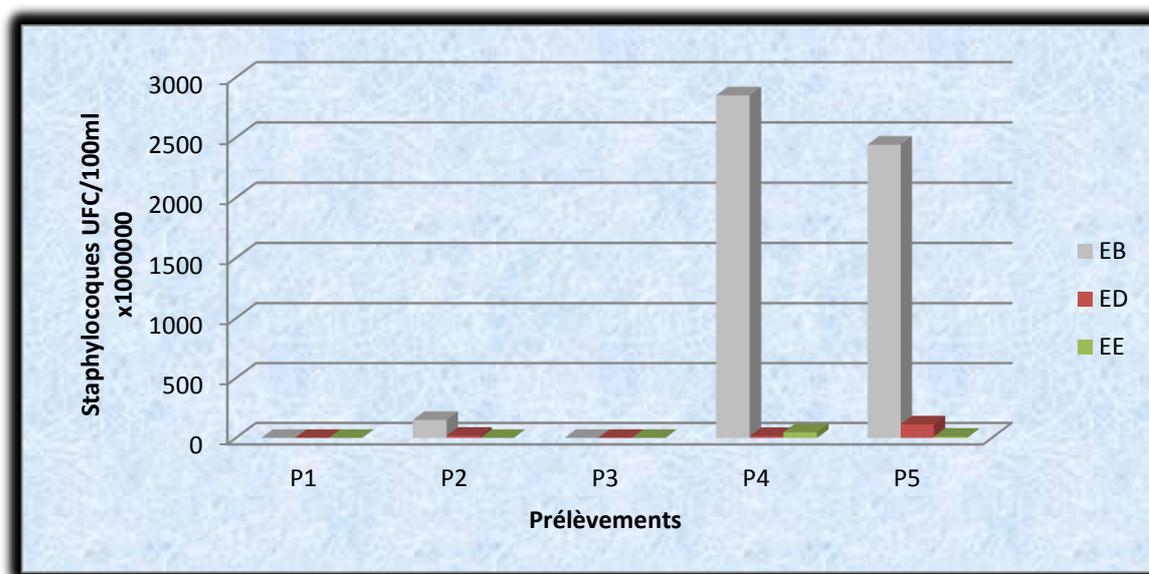
Figure 17 : Evaluation de la densité des bactéries sulfite-réducteurs dans les trois types d'eau.

II.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 importants 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 (figure18) 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.



Norme : OMS (0-10)

Figure 18 : Evolution des Staphylocoques

II.2.6. Salmonelles et vibrions cholériques

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).

II.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 18 et 19 (annexe) et dans les figures 19 à 22.

II.3.1. Rendements des paramètres physico-chimiques

II.3.1.1. Rendement d'élimination de MES

Le taux d'abattement des MES après traitement dans la STEP est présenté dans la figure 19. Il est de l'ordre de 61,5%. Ce taux est inférieur à celui de **Rejesk (2002)** (90%). Ce résultat montre une épuration non efficace. Sachant que l'élimination des MES se fait par la sédimentation dans les décanteurs, les bassins d'aération et les clarificateurs.

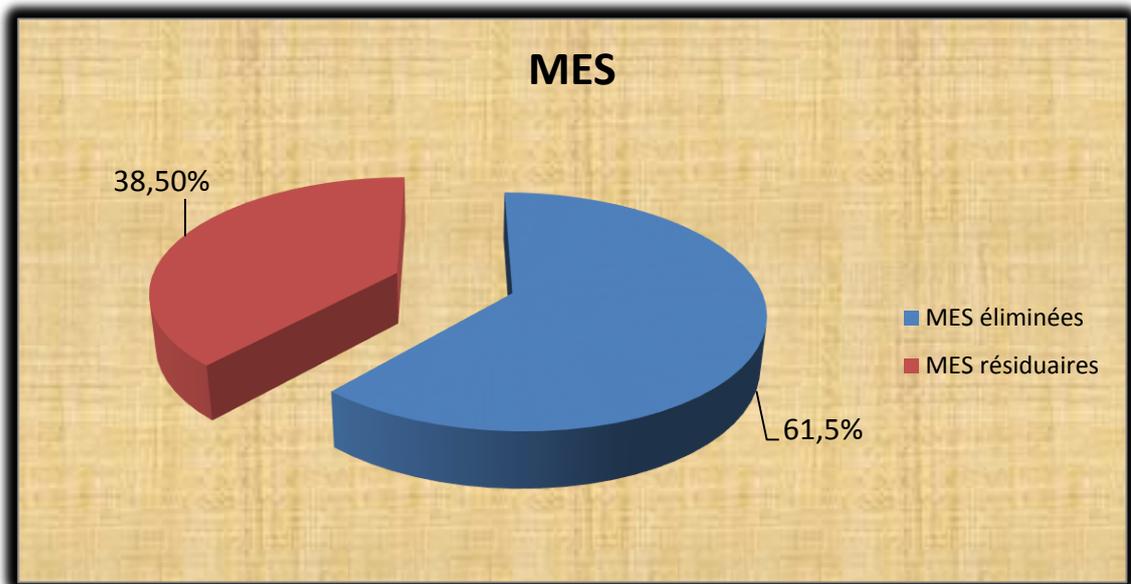


Fig 19: Rendement d'élimination des MES

I.3.1.2. Rendement d'élimination de la DCO et la DBO₅

Nous remarquons que les rendements d'épuration de la DCO et de la DBO₅ sont inférieurs à 90% (**Rejesk, 2002**). Ceci explique une faible clarification.

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

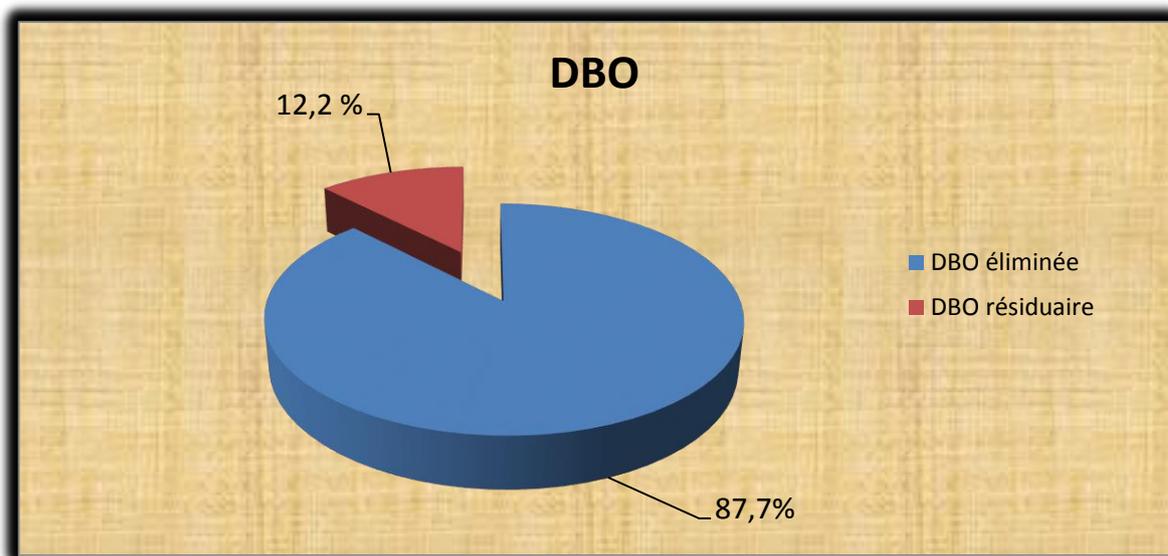


Fig 20 : Elimination de la DBO

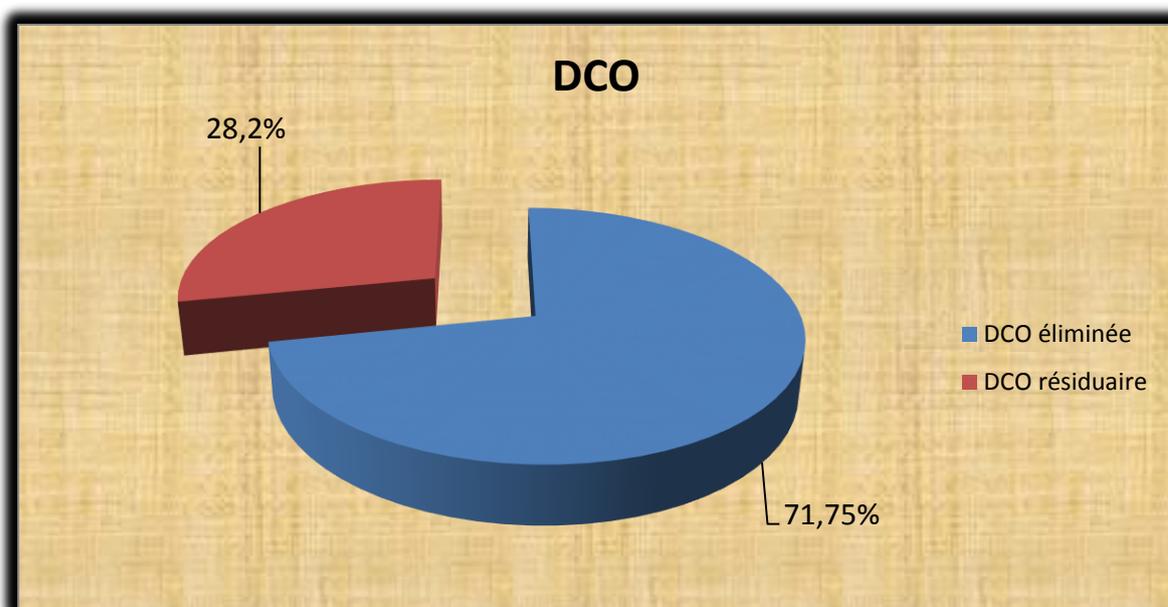


Fig 21 : Elimination de la DCO

II.3.2. Rendements des paramètres microbiologiques

Comme pour le cas des paramètres physico-chimiques, les rendements épuratoires sont calculés sur les normes moyennes des germes indicateurs de contamination fécale : les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux, les staphylocoques et les anaérobies Sulfito-réducteurs. Les résultats des rendements d'épuration sont portés dans le tableau 18 (annexe) et dans la figure 22.

D'après **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.

L'étude des bactéries indicatrices d'une contamination fécale dans la station de Rhégaia a révélé un abattement considérable des Coliformes totaux, des Coliformes fécaux et des Staphylocoques. Cependant elle a montrée un mauvais abattement des ARS avec un rendement inférieure à 90% (57%). Nos résultats concernant les trois premiers germes correspondent avec ceux obtenus par **Block (1982)** qui a conclu que l'épuration par boues activées quand elle est correctement conduite, elle permet une bonne élimination bactérienne (les coliformes et les streptocoques). Il souligne en outre que les actions potentiellement pathogènes pour l'homme comme les Salmonelles, n'échappent pas à ce traitement et leur population sont diminués à 90 à 99%.

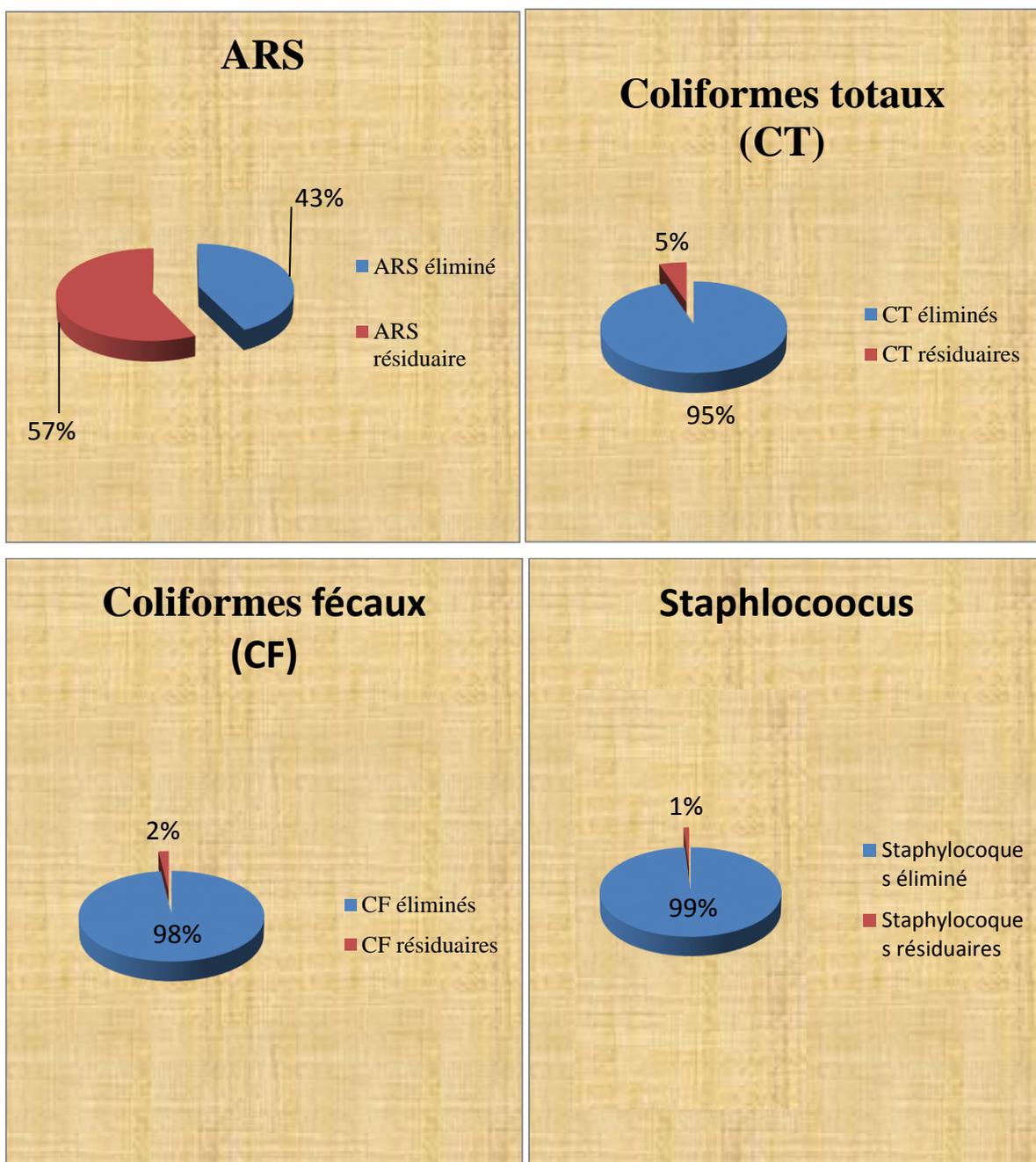


Fig22 : Rendements d'élimination des bactéries.

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 et après l'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux épurées de la station, les résultats obtenus nous permettent de conclure que :

- Sur les 09 paramètres physico-chimiques : 03 paramètres (DCO, DBO, MES) ne sont pas conformes aux normes données par l'OMS et JORA.
- Le traitement biologique des eaux usées par les boues activées ne donne pas une présentation satisfaisante car il donne une mauvaise élimination de la DCO, la DBO et les MES avec des rendements respectifs de 71.75%, 87.7% et 61.5%.

Concernant les résultats des analyses microbiologiques, on constate des bons rendements épuratoires, supérieures à 90% avec une absence des germes pathogènes (Salmonelles).

En revanche, on note un mauvais rendement épuratoire à 90% pour les ARS (57%).

Le mauvais rendement pour les ARS et leur nombre dépassent celui de la norme données par l'OMS surtout dans les 3 derniers prélèvements (P3, P4, P5), révèle un problème majeur concernant l'impuissance de la STEP face à l'augmentation de la population raccordée au réseau de la station d'où la nécessité d'agrandir le dispositif d'épuration.

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 de 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 envisagés :

- 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.

- ❖ **Aboukacem A., Chalaoui A., Soulaymani A., Rhazi-filali F., Benali D., 2007.** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknés (Maroc). Rev. Microbiol. Ind. San. et Environn. N° 1.
- ❖ **AFSSA 2006.** Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives : www.afssa.fr/ftp/afssa/37423-37424
- ❖ **Aminot A., et Chauss Pied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO. 395p.
- ❖ **Amir S., 2005.** Contribution à la valorisation de boue de station d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Institut National polytechnique de Toulouse. 309p.
- ❖ **Amiriou et Benkadour, 2015.** Etude microbiologique et dosage des contaminants : pesticides par RRA et métaux lourds par SAA dans une culture maraichère tomate *Lycopersicon esculentum* alimentée par des eaux usées et épurées de la Step de Baraki. 52p.
- ❖ **Anastasois I., Stamou. 1996.** Traitement biologiques des eaux usées. 304p.
- ❖ **Anonyme 2011.** Communauté d'agglomération du Lac du Bourget. www.agglo-lacdubourget.fr)
- ❖ **Anonyme : Association française des techniciens du pétrole, 1975.** Les fluides de travail métaux. Editions techinp. 284-285 p.
- ❖ **Asano, 1998.** Wastewater reclamation and reuse, water quality, management library. 1475p.
- ❖ **Attab, S. 2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud berkaou par l'utilisation d'un filtre a sable Local 2p.
- ❖ **Balvay et Druart., 2007.** Le lemmam et la vie microscopique. Paris Quae 20p.
- ❖ **Baumont S., 2005.** Réutilisation des eaux épurées: risques sanitaires et faisabilité en ile de France. ORS (Observation régional de Santé de l'ile de France), Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France.222p.

- ❖ **Beaudry J.P., 1985.** Traitement des eaux. Editions le griffon d'argile inc. 187-188p.
- ❖ **Bechac J., Boutin P., Mercier B. et Nuer P., 1984.** Traitement des eaux usées. Paris : Eryolles.281p.
- ❖ **Beghoura et Heraoui, S. 2012.** Notice de Fonctionnement et d'Exploitation de la station d'épuration de Reghaia. Centre technique assainissement usines :
- ❖ **Benmira 2015.** Evaluation de l'efficacité des eaux usées de la station d'épuration de Rhégaia sur le plan physico-chimique et bactériologique et évaluation de l'antibiorésistance de *Pseudomonas aeruginosa*. 3p.
- ❖ **Block, JC. 1982.** Elimination des microorganismes au cours du traitement des eaux usées urbaines, point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau-air).Tome 1. coordonné par Guy M. Paris. Lavoisier Technique et Documentation. 214p.
- ❖ **Boeglin J. 2007.** Article pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure 44p.
- ❖ **Boeglin J., 2002.** Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble. Editions techniques ingénieur. 55p.
- ❖ **Bremaud C., Claisse J., Leulier F., Thibault J., Ulrich E., 2006.** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Editions educegri. 222p.
- ❖ **Cardot C. 1999.** Génie de l'environnement des traitements de l'eau, procédés physico-chimique et biologiques cours et les problèmes résolus éditions ellipses 13 p.
- ❖ **Carip C., Salavert M., Tandeau A., 2015.** Microbiologie hygiène et droit Alimentaire. 2^e éditions. Editions Lavoisier. 74-109p.
- ❖ **Cauchi, Hydrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois D., Dernas, Larbaigt, Derangere, Martigne et Seguret .1996.** La réutilisation des eaux usées après épuration. Technique, Sciences et Méthodes. 2118 p.
- ❖ **Cebbron A., 2004.** Nitrification, bactéries nitrifiantes et émission de N₂O la seine en aval de Paris : Université Paris VI-Pierre et Marie curie. 202-204p.
- ❖ **Chevery C.1998.** Agriculture intensive et qualité des eaux. Editons INRA. 230 p.

- ❖ **Coin L., 1981.** La pratique de l'eau. Editions du moniteur. 424p.
- ❖ **Coste C. et Loudet M., 1987.** L'assainissement en milieu urbain ou rural. Tome 2 : l'épuration et les traitements. 2^e édition. Paris : le moniteur. 271p.
- ❖ **Courier de l'environnement de l'Inra.** n°38, 1999. 67p.
- ❖ **Dalarras C., 2014.** Pratiques en microbiologie de laboratoire recherche des bactéries et des levures-moisissures. Editions Lavoisier, 610-659 p.
- ❖ **Degrement M., 2005.** Technique de l'eau. 10^e édition. Edition deग्रément. 813p.
- ❖ **Desjardins R., 1988.** Le traitement des eaux. 2^e édition. Edition école polytechnique de Montréal. 17p.
- ❖ **Djermakoye H. M. M., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries. Caractérisation physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surfaces et les souterraines. Thèse Doctorat. Université de Bamako, pp 29.
- ❖ **Edeline F., 1985.** Epuration physicochimique des eaux théorie et technologie. Editions cebedoc spr. 127p.
- ❖ **Elskens M., 2010.** Article analyse des eaux résiduaires-mesure de la pollution 77-81p.
- ❖ **Faby, J .A., Brissaud, F.1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau. 76 p.
- ❖ **Gharzouli M., 2014.** Investir dans le développement durable: La réutilisation des eaux usées 25p.
- ❖ **Gilles P., 1999.** Lutte contre la pollution des eaux : Finition à haute performance. Paris : Lavoisier technique et documentation. 245p.
- ❖ **Gleeson C. et Gray N., 1997.** The coliform index and waterborne disease. E & FN spoon. 194p.
- ❖ **Gregorio C., Badot P., 2007.** Traitement et épurations des eaux industrielles pollués-procédés membranaires bioadsorption et oxydation chimique éditions presses universitaires de franche –comté. 224p.
- ❖ **Grosclaude G., 1999.** Un point sur l'eau : usages et polluants, tome 2. Paris : INRA. 177p.
- ❖ **Guiraud J., 2012.** Microbiologie Alimentaire. Edition dunod. 86 p.

- ❖ **Guiraud J., 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR, 118p.
- ❖ **Hade, 2003.** Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger. Canada : FIDES. 359p.
- ❖ **Henry M., Beaudry J., 1996.** Chimie des eaux. Editions le Griffon d'argile Inc. 150-155p.
- ❖ **Hynry M., 1978.** Mémento d'assainissement. Edition EYROLLES. Paris. 133p.
- ❖ **Koller E., 2009.** Traitements des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sol et boues. 2^e édition. Edition Dunod. 32-35p.
- ❖ **Lapernt J., Gourgaud M., 1997.** Technique de microbiologie microorganisme eucaryotes procaryotes, structure, métabolisme systématique, applications industrielles, milieux de culture et réactifs. 3^e édition Lavoisier. 341p.
- ❖ **Leclerc H. Mossell A., et al., 1989.** Microbiologie : le tube digestif l'eau et les aliments. 277-230 p.
- ❖ **Leyral G., Vierling E., 1997.** Microbiologie et toxicologie des aliments Hygiène et sécurité alimentaires. 2^e édition. Edition doin. 106 p.
- ❖ **Linda H., Raven R., Berg D., Hassenzah M., 2009.** Environnement. 6^e édition. Editions de boeck. 574p.
- ❖ Lyonnaise des eaux ; Société des eaux et d'assainissement algérienne. 67p.
- ❖ **Mammeri L., 2007.** Etude de la réaction de dénitrification par l'utilisation du succinate de sodium comme source de carbone. 6p.
- ❖ **Meinck F., Stooff H., et Kohlschutter H., 1977.** Les eaux résiduaires industrielles. 2^e éditions. Paris : Masson. 863p.
- ❖ **Mekhalif F., 2009.** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'apport dans un circuit de refroidissement. 1p.
- ❖ **Montiel A., 2009.** Eaux destinées à la consommation Humain-Risques sanitaires, contrôle et réglementation éditions techniques ingénieur. 42p.
- ❖ **Office International de l'eau. 05/04/2005.** Caractérisation des eaux usées. DFE/CNFME. 105p.
- ❖ **Office National de l'assainissement 2009 :** Rapport annuel.
- ❖ **Office National de l'assainissement 2015 :** Rapport annuel.

- ❖ **Perraud B., 2009.** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets. 2^e édition. Editions boeck. 324p.
- ❖ **Prescott, Wiley H., Woolverton S., 2010.** Microbiologie de 3^e édition. Editions boeck. 1055p.
- ❖ **Rodier J. et coll, 2005.** L'analyse de l'eau. 8^e édition. DUNOD, 609-611pg.
- ❖ **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Coll, 2009.** L'analyse de l'eau. 9^e édition. Editions dunod. 997p.
- ❖ **Rodriguez Garcia A., 2004.** Etude de la congélation comme techniques de traitement : applications scientifiques. Thèse de Doctorat. Institut national des appliqués d'Agadir. 320p.
- ❖ **Roustan M., 2014.** Eau : données et statistiques. 15p.
- ❖ **Saghi R., 2007.** Différents filières de traitement des eaux. Ecole National des Sciences appliqués d'agadir. 320p.
- ❖ **Satin M., et Selmi B., 1999.** Guide technique de l'assainissement. 2^e édition le moniteur. 430p.
- ❖ **Schmidt P. 2005.** Guide pratique de l'eau et de l'assainissement. Editions berger-levraut. 18 p.
- ❖ **Shuval H.L., 1991.** Parasitic disease and wastewater irrigation. In: sanitation in developing countries. Ed. Oxfoam and the Ross Institute of tropical Hygiene, Chichester, John Wiley, Dacey A., 215p.
- ❖ **Tardat-Henry M. et Beaudry J. 1999.** Chimie des eaux. Editeur: le Griffon d'argile inc. 152p.
- ❖ **Tebibel G., Kahloucheb S., Guemouri A.,** Microbiologie travaux pratiques 2^e année TCB. 4^e édition corrigée office des publications universitaires. 29-30p.
- ❖ **Truc A., 2007.** Traitements tertiaires des effluents industriels - Réduction de la DCO dure. Editions techniques ingénieur. 40p.
- ❖ **Vilagines R. 2010.** Eau environnement et sante publique. 3^e édition. Edition Tec DOC. 54 p.
- ❖ **Vouriot N., Lacomme B., Terret M., 2015.** Biologie et Microbiologie appliqués structure et domicile. Edition delagrage. 159 p.

Présentation de la STEP de Réghaia

Tableau 8 : Caractéristiques générales

Nom	STEP Réghaia
Adresse	Station d'épuration de Réghaia route national 24 Réghaia
Maitre d'ouvrage/Exploitant	Direction d'hydraulique wilaya Alger/SEAAL
Constructeur	Traitement primaire : DEGREMONT Traitement biologique groupe CGEC & WABAG
Année de mise en route	Traitement primaire : 1997/ traitement biologique 2008
Capacité nominale	40000EH

(SEAAL 2015)

Tableau 9 : Données de base du constructeur

	Eau brute		Eau épurée	
	Flux nominal journalier		Concentration sur l'échantillon moyen 24h	Valeur
MES	19 960 kg/j		20mg/l	25
DBO ₅	15 800 kg/j		50mg/l	25
DCO	28 560 kg/j		15mg/l	90
NGL	1 960 kg/j		10ml	
Pt	540 kg/j		3ml	
Coliforme fécaux			2 000 /100 ml	
Coliforme totaux			10000/100ml	
Œufs d'helminthes			1/1L	

(SEAAL 2015)

Tableau 10 : Données de base de la STEP de Réghaia.

Débit moyen journalier	80 000 m ³ /j
Débit moyen horaire	3 333 m ³ /j
Débit de pointe de temps sec	5 022m ³ /h
Débit de pointe de temps de pluie	8 118m ³ /h

(SEAAL, 2015)

❖ L'entrée des eaux brutes à la station de Réghaia

Les eaux usées de la station de Réghaia provient de deux pompes (industrielle et domestique) que sont acheminées du bassin d'arrivée vers le bassin de comptage pour quantifier le volume journalier. Un échantillonneur effectue des prélèvements moyen en 24h.

Lorsqu'il y a une sur plus de l'eau qui surpassent le débit maximal toléré, eau est acheminée dans un déversoir que est désigne le bassin d'orage (**Beghoura et Heraoui, 2012**).

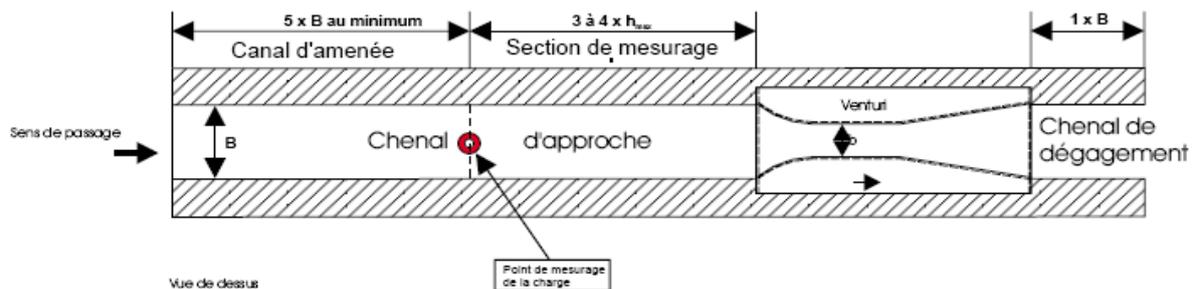


Fig 23 : Schéma de l'entre des eaux usées et de leur passage par le canal venturi



Ouvrage d'arrivée (**photo originale**)



Bassin de comptage (**photo originale**)



Canaux d'arrivée de la STEP de Réghaia (**photo originale**)

❖ Les étapes du prétraitement dans la station Réghaia

Dégrillage

Il existe deux dégrilleurs automatique sont montés dans les canaux, chacun est composé d'une grille courbée en acier galvanisé à nettoyage automatique par un peigne rotatif diamétral.

En cas d'arrêt des dégrilleurs automatique les eaux sont dirigés vers un dégrilleur manuel de secours à champ plat. Les refus sont envoyés vers une benne de stockage au moyen d'un tapis roulant. (Beghoura et Heraoui, 2012).



Dégrilleur automatique de la STEP de Réghaia (photo originale)

Dessableur / Dégraisseur

Après l'élimination des déchets solides, des effluents sont ensuite admis dans trois canaux, pour subir une élimination combinée des graisses par flottation et des sables par sédimentation.

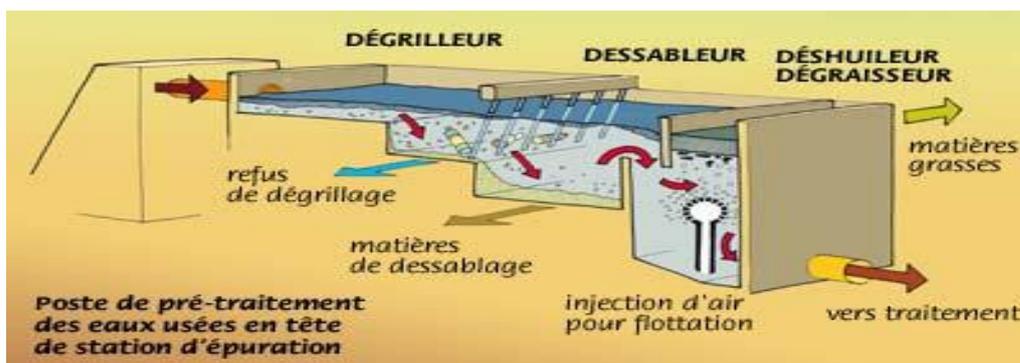


Fig 24: Poste de prétraitement des eaux usées.

Les trois canaux d'une longueur de 28 m, une largeur de 4 m, la hauteur de l'eau est de 3.6m et un temps de séjour de 12 minutes. Le débit moyen 24h est de 9.9 m³/m²/h. (Beghoura et Heraoui, 2012).



Dessableur dégraisseur de la STEP de Réghaia (**photo originale**)

Le mélange sables/eau remonte par le système de pompage par air lift, est admis dans un classificateur. Les sables, sont extraits au moyen d'une vis sans fin pour être stockés dans une benne (**Benmira, 2015**)



Classification des sables (**photo originale**)

La graisse sera dilué avec l'eau et est acheminée vers fosse sera évacuer soit à l'aide d'une aspiratrice soit manuellement.

❖ Traitements primaires

Après le prétraitement il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. L'eau sera décantée par décanteur primaires, ses décanteurs ont une forme circulaire équipée de deux racleurs de surface et profondeur. Les eaux décantées sont orientées vers le traitement biologique. Les matières décantées « boues primaires » sont extraites régulièrement pour être envoyées vers l'étape d'épaississement des boues.

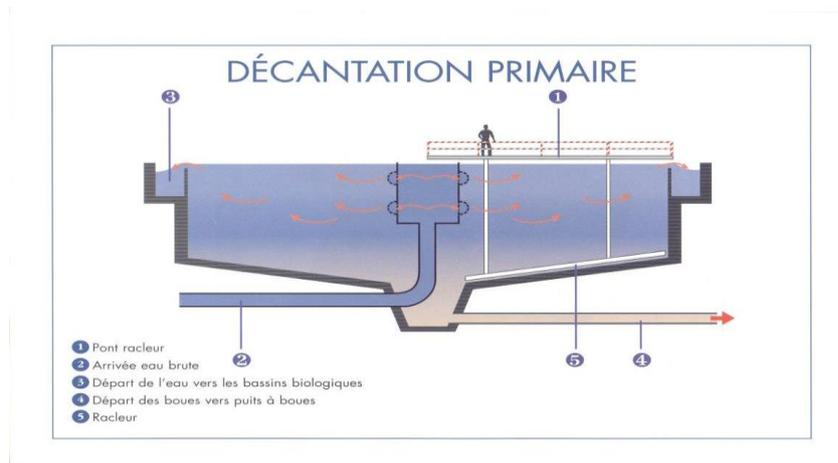


Fig25 : Principe de décantation primaire



Décanteur primaire de la STEP Réghaia (**photo originale**)

Deux décanteurs identiques, circulaire d'un diamètre de 4900 m³ et une hauteur cylindrique de 2.6m.

Deux pompes de 150m³/h pour l'extraction des boues primaires. (**Beghoura et Heraoui, 2012**).

❖ Traitement secondaire

Bassin d'aération

Le bassin d'aération est le réacteur biologique dans lequel s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies, associée à une dénitrification la pollution dissoute est transformée en gaz et biomasse.

Ce bassin est équipé d'un dispositif d'oxygénation et de brassage permettant :

D'introduire une quantité d'oxygène déterminée dans l'eau, nécessaire à la satisfaction des besoins correspondant à l'oxydation de la pollution organique.

De brasser la suspension de boues activées pour en assurer l'homogénéité et éviter les dépôts.

En absence d'oxygène dans une partie du bassin d'aération dite « zone d'anoxie » et en présence de Nitrates, d'autres micro-organismes se développent, appelés « bactéries nitrifiantes » qui servent à la dégradation des charges azotées et à la production d'azote gazeux.

Il existe deux bassins d'aération fonctionnant en parallèle d'une longueur de 46.30 m et une largeur de 46.30 m sur une profondeur de 5.86 m. La capacité de chaque bassin est de 11866 m³, chaque bassin est équipé de trois turbines de surface de type à axe vertical et à vitesse lente. (Beghoura et Heraoui, 2012).

Clarificateur

Principe

Le clarificateur est un ouvrage circulaire de base cylindro-conique, il assure la séparation de phase boues / eau traitée après avoir subir des séances d'aération dans le réacteur biologique d'une part et d'assurer la concentration des boues afin de la réintroduire dans le bassin d'aération d'autre part.

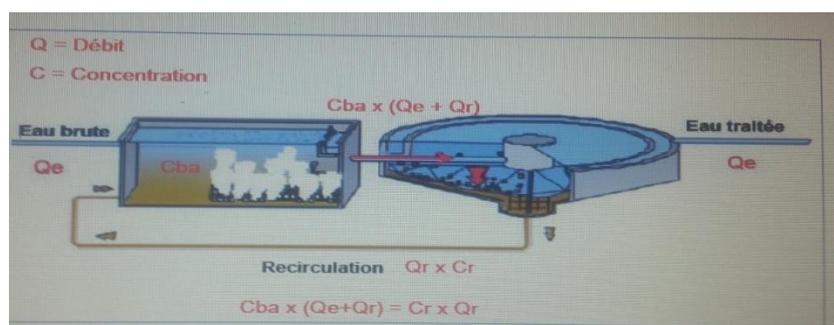


Fig 26: Fonctionnement du clarificateur depuis l'entrée de l'eau brute jusqu'à la sortie de l'eau épurée.

Il existe trois clarificateurs d'un diamètre unitaire de 58m, d'une hauteur de 3.8 m, le volume unitaire approximatif est de 9200m³.

La recirculation des boues secondaires s'effectue à l'aide de 3 pompes de 2222 m³/h. (Beghoura et Heraoui, 2012).

❖ Traitements tertiaires

La station d'épuration de Réghaia est une STEP dotée de ce traitement ou les eaux épurées sont acheminées vers une unité de traitement dans le but de réduire la contamination microbiologique.

Filtration

Les eaux épurées sont acheminées vers une unité de traitement poussé dite « traitement tertiaire » dans le but de réduire la contamination microbiologique. L'opération de filtration consiste à faire passer les eaux épurées sur un lit filtrant constitué du sable. Des impuretés restent piégées entre les espaces inter granulaires du sable. Le degré d'encrassement est mesuré par un manomètre pour indiquer la nécessité d'un lavage. (Beghoura et Heraoui, 2012).



Lit filtrant

❖ **Principes et fonctionnement des traitements des boues utilisés dans la STEP de Réghaia.**

Epaississement des boues

L'épaississement consiste à réduire le volume de boues et l'augmentation de leur concentration par gravité. Les boues alimentent l'ouvrage au centre et se précipitent au fond de l'ouvrage sous l'effet de la gravité, tandis que le surnageant récupéré au niveau de la goulotte rejoint le poste toutes eaux. Les boues épaissies au fond de l'ouvrage sont menées vers les bassins de stockage.

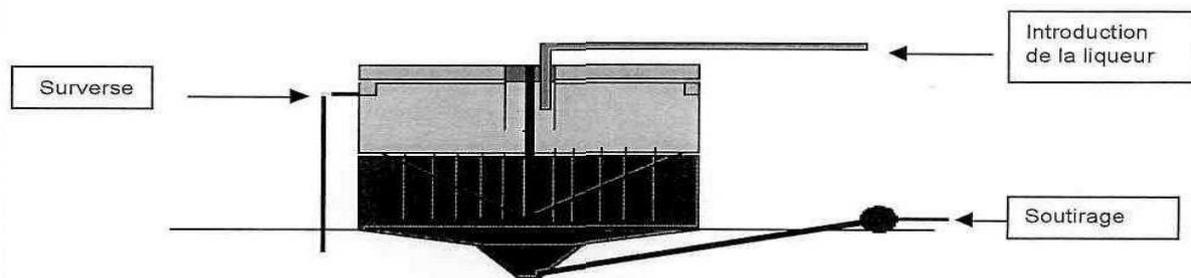


Fig 27: Epaississement des boues

Stabilisation chimique des boues

Le chaulage consiste à amener et maintenir un pH supérieur à 12. Le pouvoir fermentescible de la boue peut être diminué, au moins temporairement, par l'adjonction de la chaux. Cette opération permet une inactivation des germes pathogènes.

Déshydratation des boues par centrifugation

La centrifugation des boues se base sur la différence de densité entre les matières sèches et l'eau qu'elles contiennent.

La boue arrive à la machine avec une certaine vitesse horizontale. La partie liquide traverse alors toute la centrifugeuse dans sa zone la plus centrale tandis que les matières solides restent plaquées contre le bol extérieur sous la force de sa vitesse de rotation. La vie intérieure tourne dans le même sens que le bol mais à une vitesse plus importante pour récupérer les boues et les évacuer en sens inverse de l'eau jusqu'à la deuxième sortie de la machine (Beghoura et Heraoui, 2012).

Evacuation de l'eau épurée

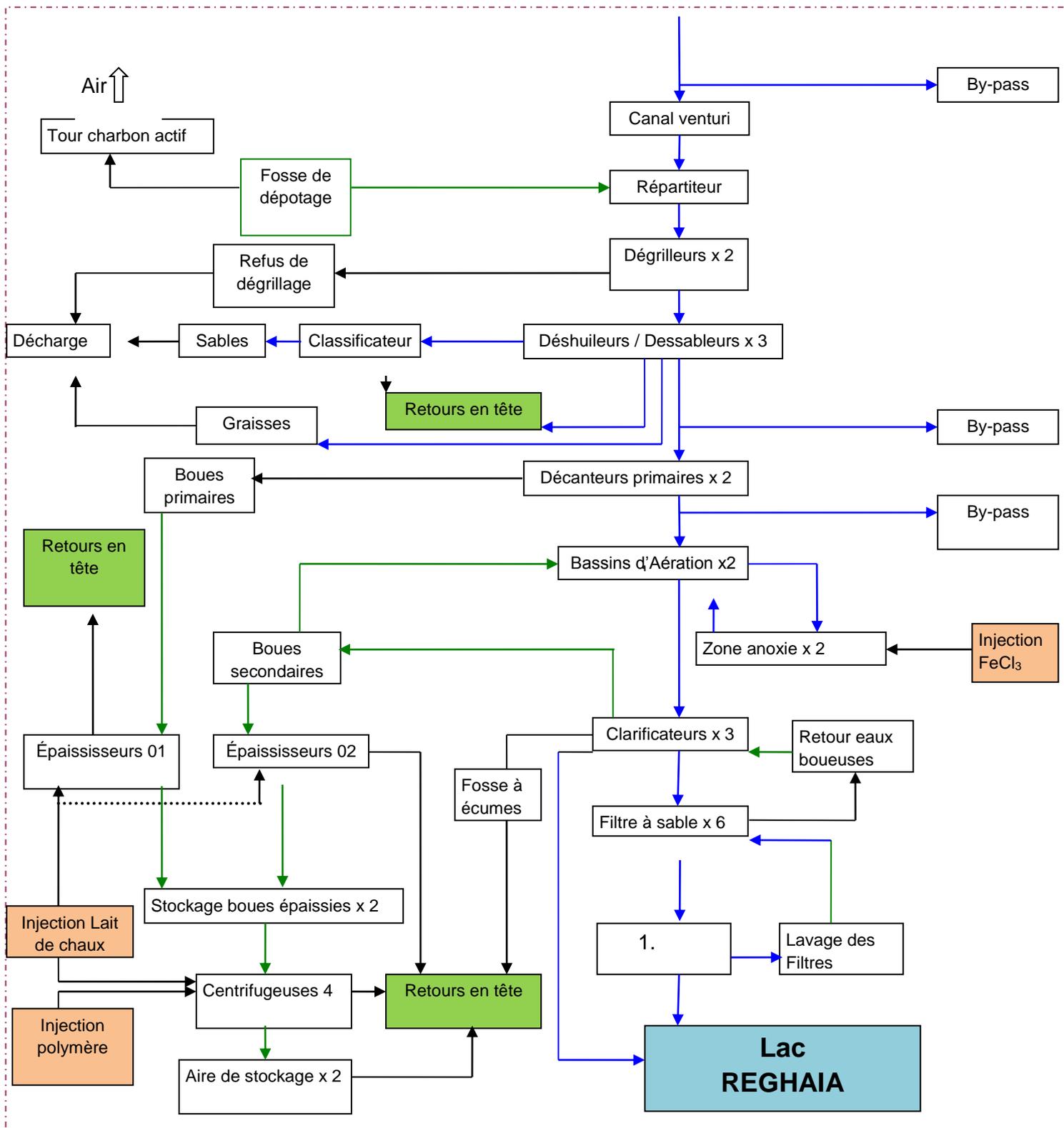


Tableau 11 : Matériel pour les analyses physicochimiques

➤ Appareillage	➤ Colorants, réactifs et produits chimiques
<ul style="list-style-type: none">• Agitateur magnétique• Balance.• Conductimètre.• Dessiccateur.• DBO mètre SP 50 type SKALAR.• Dispositif de filtration.• Etuve• Hotte.• Incubateur pour DBO5 à 20°C.• Oxymétrie.• Papiers filtre à 0.45 µm.• Pompe à vide.• Réfrigérateur.• Spectrophotomètre (HACH) DR 2800 et 4000.• pH-mètre.	<ul style="list-style-type: none">• Sulfate Mercurique• Soude• Acide Sulfurique• Sulfate De Potassium• Sulfate D'argent• Solution De Dichromate De Potassium• Indicateur Féroïen• Sulfate Ammoniacal Ferreux• Fuchsine Basique• Ethanol• Eau De Javel• Eau Déminéralisée• Violet Cristallisé• Iodure De Potassium• Chlorure De Sodium• Acétate De Sodium• Eau distillée
➤ Verrerie	
<ul style="list-style-type: none">• Béchers.• Creusets.• Dispensette.• Eprouvettes 100 ml, 1l.• Erlen Meyer.• Flacons avec bouchons pour DBO5.• Fioles 10ml, 50ml, 100ml.• Matras.• Picettes.• Pipettes 1ml, 10ml, 15ml.• Récipients pour l'eau de dilution.• Réfrigérants	

Tableau 12 : Matériel pour les analyses microbiologiques

<p>➤ Appareillage</p> <ul style="list-style-type: none">• Stérilisateur à sec (flacons)• Bain marie.• Bec-bunsen.• Compteur colonies• Incubateurs à 37°C et 44°C.• Papier de 0.47 µm• Rampe de filtration.	<p>➤ Réactifs, colorants et additifs</p> <ul style="list-style-type: none">• Additif Hektoen.• Alun de fer.• Sulfite de sodium.• Eau distillée.• Eau de Javel.• Kowacs
<p>➤ Verrerie</p> <ul style="list-style-type: none">• Boîtes de Pétri.• Tubes à essai.• Pipettes Pasteur.• Pipettes graduées de 1ml, 5ml, 10 ml.• Pincés stériles.• Eprouvette 50 ml	<p>➤ Composition des différents milieux de culture</p> <ul style="list-style-type: none">• Eau physiologique.• Gélose au tergitol et au TTC.• Bouillon Tryptophane.• Milieu TSA.• Gélose Slanetz et Bartley.• BEA.• Gélose viande fois (VF).• Gélose Chapman au mannitol.• Bouillon cœur-cerveau (BHIB).• Eau Peptonée Tamponnée (EPT).• Gélose Hektoen.• Gélose TSI (triple Sugar Iron)• Bouillon VBL• Milieux Schubert• Peptonée Alcaline (EPA).• Gélose nutritive alcaline bilié (GNAB)

Tableau 13: Composition des milieux de culture

Bouillon sélinite-cystéine (SFB)	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone pancréatique de caseine 10g+ Lactose 8g + L-cystéine 0,02 g + Monohydrogénophosphate de Na + 20g+ Eau distillée 1000ml
Tryptophane	<ul style="list-style-type: none"> • Tryptone 10,0 g + L-Tryptophane 1,0 g + Chlorure de sodium 5,0 g + et un pH 7,5 ± 0,2 à 25°C
TTC	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 10,0 g + Extrait de viande 5,0 g + Extrait de levure 6,0 g + Lactose 20,0 g + Tergitol 10 mg + Chlorure de Triphényl Tétrazolium 25 mg + Bleu de bromothymol 50 mg + Agar 13,0 g à un pH 7,2
Réactif de Kovacs	<ul style="list-style-type: none"> • Paradiméthylaminobenzaldéhyde + 5,0 g Alcool isoamylique +75,0 ml + Acide chlorhydrique 25,0 ml
Slanetz et Bartely	<ul style="list-style-type: none"> • Tryptose 20,0 g + Extrait autolytique de levure 5,0 g + Glucose 2,0 g + Phosphate dipotassique 4,0 g + Azide de sodium 0,4 g + Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium 0,1 g + Agar agar bactériologique 10,0 g et un pH 7,2 ± 0,2 à 25°C
Champan	<ul style="list-style-type: none"> • Tryptone 5,0 g + Peptone pepsique de viande 5,0 g + Extrait de viande 1,0 g + Mannitol 10,0 g + Chlorure de sodium 75,0 g + Rouge de phénol 25,0 mg + Agar agar bactériologique 15,0 g et un pH 7,1 ± 0,2 à 25°C
Milieu Schubert	<ul style="list-style-type: none"> • Tryptophane 0,2g + Acide glutamique 0,2g + Sulfate de magnésium 0,7g + Sulfate d'ammonium 0,4g + Citrate de sodium 0,5g + Chlorure de sodium 2g + Peptone 10g + Mannitol 7,5g + Eau distillée 500ml + Tampon phosphate à pH 7,6 500ml Stériliser à l'autoclave 10 min à 115°C 15
Gelose Hektoen	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 12g + Extrait De Levure 3g + Na_2PO_4 0.6g + Hyposulfure De Sodium 5g + Sel Biliaires 9g + Citrate De Fer Ammoniacal 1.5g + Salicine 2g + Lactose 12g + Saccharose 12g + Fuchsine Acide 40mg + Bleu De Bromothymol 64g + Gélose 13g + Eau Distillée 1000g
Bouillon Lactosé au Vert Brillant (VBL)	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone pepsique de viande 7,0 g + Extrait autolytique de levure 3,0 g + Lactose 10,0 g + Sels biliaires 1,5 g + Chlorure de sodium 5,0 g + Rouge neutre 30,0 mg + Cristal violet 2,0 mg + Agar agar bactériologique 12,0 g pH 7,4 ± 0,2 à 25°C
Eau peptonée alcaline EPA	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 10g+Lactose 5g + Monohydrogénophosphate de Na 9g+ Eau distillée 100ml+ Dihydrogénophosphate de K 1,5g
Gelose viande foie VF	<ul style="list-style-type: none"> • Glucose 30g+ Amidon 2g+ Agar 11-18g+ Eau distillée 100 ml
Gélose nutritive	<ul style="list-style-type: none"> • Peptone 10g+ Extrait de viande 4g+ Chlorure de sodium 5g

**alcaline
bilée(GNAB)**

+ Agar13g+ Eau distillée 1000 ml

Tableau 14: Résultats physico-chimiques

Prélèvements Paramètres	P1(03/04/2016)			P2(11/04/2016)			P3(17/04/2016)			P4(25/04/2016)			P5(03/05/2016)		
	EB	ED	EE	EB	ED	EE	EB	ED	EE	EB	ED	EE	EB	ED	EE
pH	7.39		7.82	7.23		7.72	7.46		7.90	7.57		7.76	7.46		7.81
T°	12.00		12.10	17.50		12.10	20		16.80	11.80		16.20	10.1		10.5
CE	1812		1789	1720		1762	1760		1826	1929		1870	1961		1966
MES	198	98	64	72	62	11	110	42	13	210	86	140	188		73
DCO	354	225	78.2	288	308	52.2	380	360	50.0	444	173.0	269	488	236	103
DBO ₅	160	120	10	140	160	6	220	180	12	260	140	54	260	24	45
NO ₂ ⁻	0.642		0.048	0.28		0.11	0.357		0.052	0.146		0.231	0.086		0.187
NO ₃ ⁻	0.682		0.212	1.23		0.2	0.434		0.286	0.107		1.57	0.178		0.576
NH ₄ ⁺	15.9		15.1	18.6		18.2	25.5		15.1	26.4		26.70	24.3		17.5
PO ₄ ³⁻	4.93		1.07	4.02		0.172	5.14		0.588	6.26		1.2	6.71		1.03

Tableau 15 : Moyennes et écart-type physico-chimique

	Moyenne		Ecart type	
	EB	EE	EB	EE
pH	7.42	7.8	0.12	0.06
T°	14.28	13.54	4.23	2.78
CE	1836.4	1842.6	104.97	80.03
MES	155.6	60.2	60.98	52.9
DCO	390.8	110.48	77.96	91.21
DBO ₅	208	25.4	55.85	22.33
NO ₂ ⁻	0.45	0.26	0.28	0.34
NO ₃ ⁻	0.52	0.56	0.45	0.58
NH ₄ ⁺	22.14	18.52	4.62	4.68
PO ₄ ³⁻	5.59	0.81	0.83	0.42

Tableau 16 : Résultats microbiologiques

Prélèvement		P1 03/04/2016	P2 11/04/2016	P3 17/04/2016	P4 25/04/2016	P5 03/05/2016
Germes						
CF	EB	38*10 ⁶	80*10 ⁷	277*10 ⁷	145*10 ⁷	35*10 ⁷
	ED	180*10 ⁵	47*10 ⁶	45*10 ⁶	44*10 ⁶	289*10 ⁶
	EE	280*10 ⁴	18*10 ⁶	17*10 ⁶	51*10 ⁶	16*10 ⁶
CT	EB	295*10 ⁶	100*10 ⁷	290*10 ⁷	175*10 ⁷	47*10 ⁷
	ED	140*10 ⁵	78*10 ⁶	170*10 ⁶	245*10 ⁶	56*10 ⁶
	EE	260*10 ⁴	30*10 ⁶	150*10 ⁶	70*10 ⁶	18*10 ⁶
Staph	EB	0*10 ⁶	15*10 ⁷	0*10 ⁷	285*10 ⁷	344*10 ⁷
	ED	0*10 ⁵	18*10 ⁶	0*10 ⁶	16*10 ⁶	113*10 ⁶
	EE	0*10 ⁴	0*10 ⁶	0*10 ⁶	47*10 ⁶	10*10 ⁶
Cl	EB	0*10 ²	41*10 ²	56*10 ²	60*10 ²	30*10 ²
	ED	0*10 ²	44*10 ²	24*10 ²	54*10 ²	28*10 ²
	EE	36*10 ²	3*10 ²	15*10 ²	22*10 ²	30*10 ²
Strep	EB	45*10 ⁶	0*10 ⁷	15*10 ⁷	17*10 ⁷	20*10 ⁷
	ED	110*10 ⁵	0*10 ⁶	17*10 ⁶	16*10 ⁶	15*10 ⁶
	EE	0*10 ⁴	0*10 ⁶	0*10 ⁶	0*10 ⁶	0*10 ⁶
E.coli	EB	+	+	+	+	+
	ED	+	+	+	+	+
	EE	+	+	-	+	-

Tableau 17: Moyennes et écart type microbiologiques

	Moyenne		Ecart type	
	EB	EE	EB	EE
CF	1081.6	20.96	1082.82	17.89
CT	1283	67	1066.53	59.63
Staphylocoques	1088	11.4	1430.02	20.36
ARS	37.4	21.2	24.09	20.68
Streptocoques	113	0	85.99	0

Tableau 18 : Rendements épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques.

	MES mg/l	DCO mg/l	DBO mg/l
EB	155.6	390.8	208
EE	60.2	110.48	25.4
Rendement en %	61.3	71.72	87.78

Tableau 19 : Rendements épuratoire des paramètres microbiologiques

	CT	CF	SF	ASR
EB	1283	1081.6	1088	37.4
EE	67	20.96	11.4	21.2
Rendement en %	94.77	98.06	98.95	43.31

Tableau 20: Normes physico-chimique des rejets selon OMS 2006 et JORA2006

Parametre	Unité	Norme	
		OMS	JORA
Ph	-	30	30
Temperatura	°C	6,5-8,5	6,5- 8,5
DC	us / Cm	1250	-
MES	mg /L	30	35
DCO	mg /L	90	90
DBO ₅	mg /L	30	30
Ammonium	mg /L	1	-
Nitrites	mg /L	1	-
Nitrate	mg /L	1	-
Ortophosphate	mg /L	2	-

Tableau 21 : Normes microbiologiques de rejets selon OMS 2006

Microorganisme/Bacterie	Concentration (en Nbre par litre)
Coliforme totaux	$10^3 - 10^7$
Coliforme fécaux(E .coli)	$10 - 10^6$
Enterecoques	$10 - 10^6$
Salmonelle	0 -10
Vibron cholérique	0 -10
ARS	-
Staphylocoque	-

Tableau 22 : Specifications des eaux usées epurees utilisées a des fins d'irrigation JORA 2012

Groupes de cultures	Parametres microbiologique	
	Coliformes fecaux(CFU/100ml)	Nématodes intestinaux(oeuf/1 (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus. Légume qui ne sont consommés que Cuits ; L égume destinés à la conserverie ou à	<100	Abence

la transformation non alimentaire.

Arbre fruitiers	< 1000	<1
Culture et arbustes fourragers		
Cultures céréalières		
Culture industrielles		
Arbre forestiers		
Plantes florales et ornementales		
Seuil recommandé		

Tableau 23 : Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

Paramètres	Unité	Normes
pH		6.5-8.5
Conductivité électrique	ms/cm	<3*
MES	mg/l	<70*
DCO	mg/l	<40*
DBO ₅	(mg/l)	<30*
Nitrates	mg/l	<50*
Nitrites	mg/l	- <1*
Ortophosphates	mg/l	<0.94
HCO ₃	mg/l	500**
SO ₄	mg/l	400**
CL	mg/l	1065**
Ca ²⁺	mg/l	400**
Na ²⁺	mg/l	920**
Mg ²⁺	mg/l	60.75**
Cd ²⁺	mg/l	0.01*
Pb ²⁺	mg/l	0.05*
Zn ²⁺	mg/l	2*
Cr ⁶⁺	mg/l	0.1*
NH ₄ ⁺	mg/l	<2*

OMS (1989), **FAO (2003)

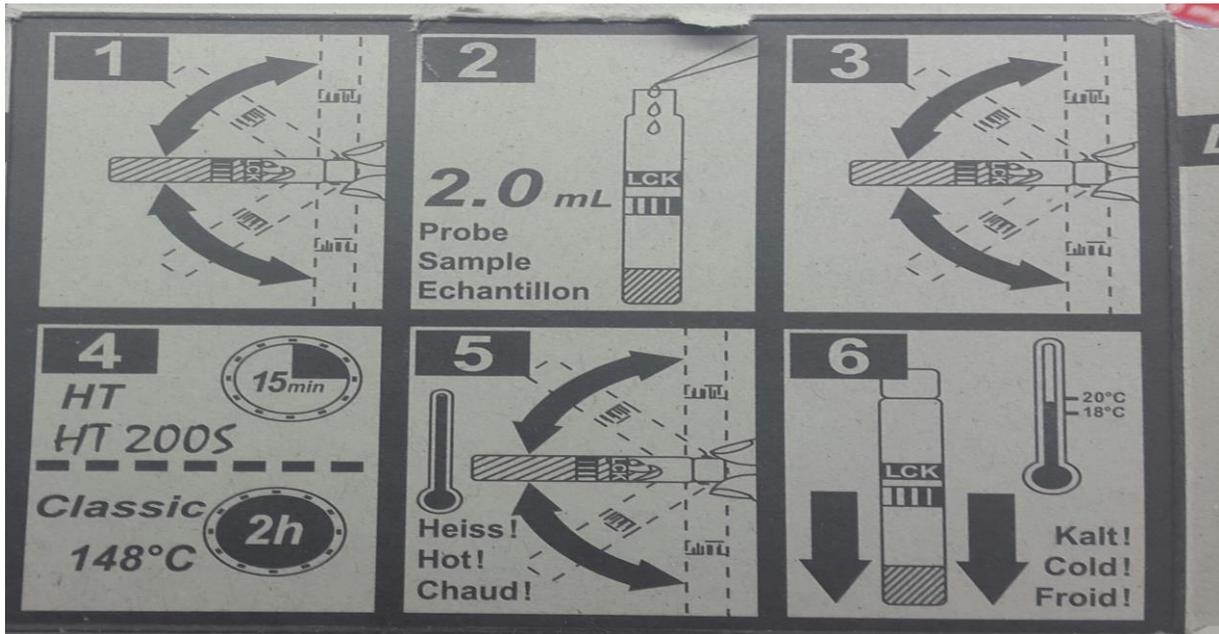


Fig 28 : Dosage de la demande chimique d'oxygène par la méthode kit Hach

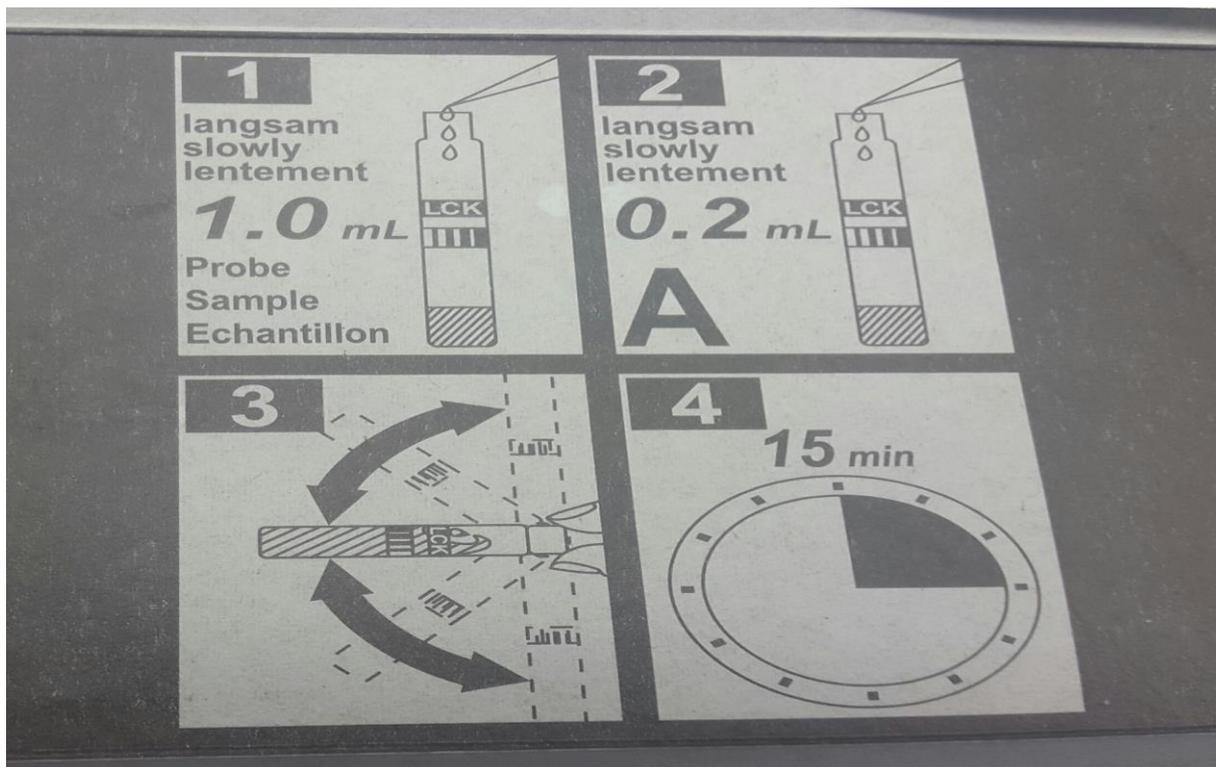


Fig 29 : Dosage de nitrates par la méthode de kit Hach



Fig 30 : Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode kit Hach

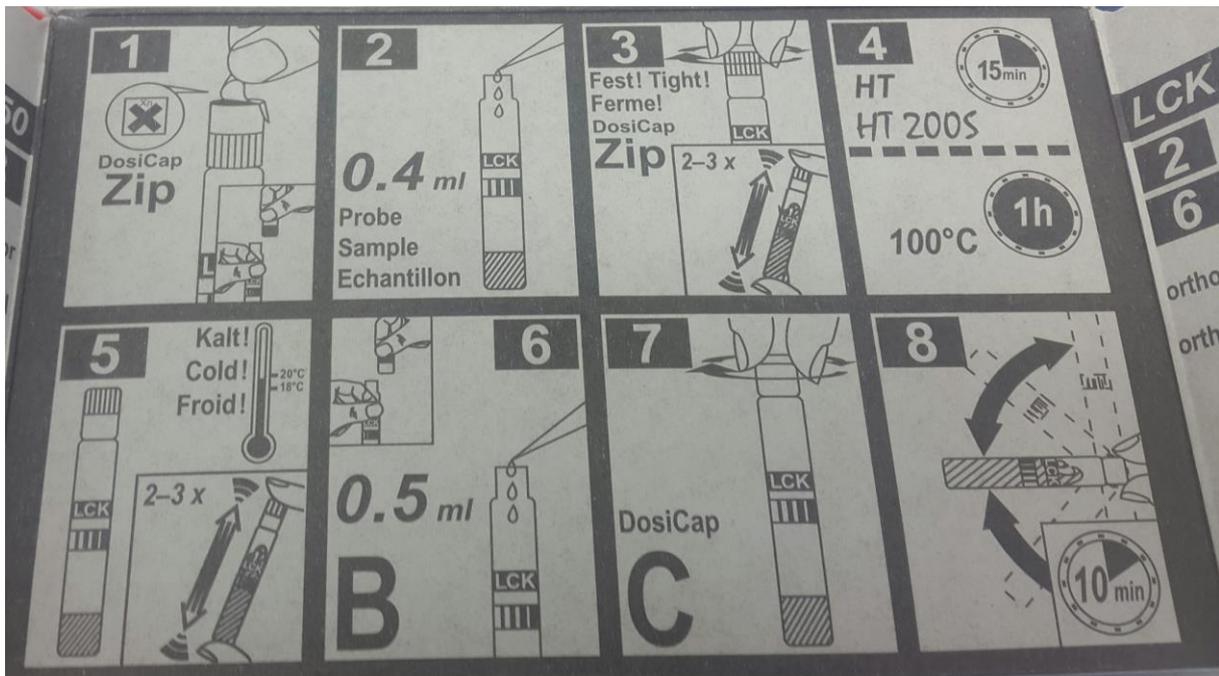


Fig 31 : Dosage d'orthophosphate par la méthode kit Hach

Schéma de Montage
Rampe de filtration COMBISART 3 postes

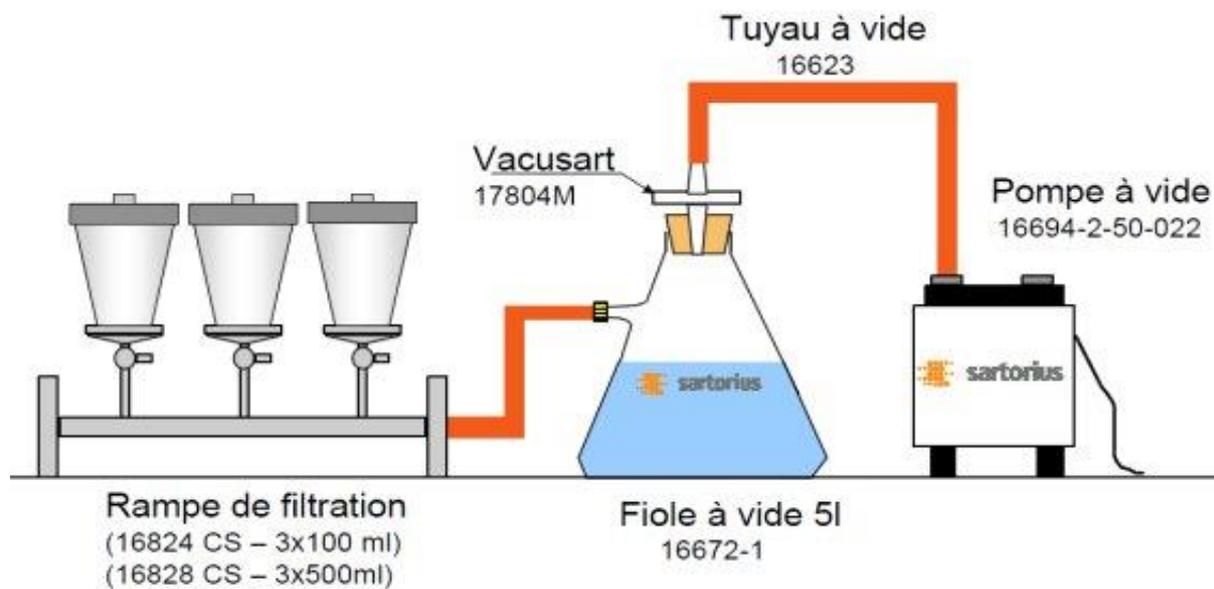


Fig 32 : Rampe de filtration

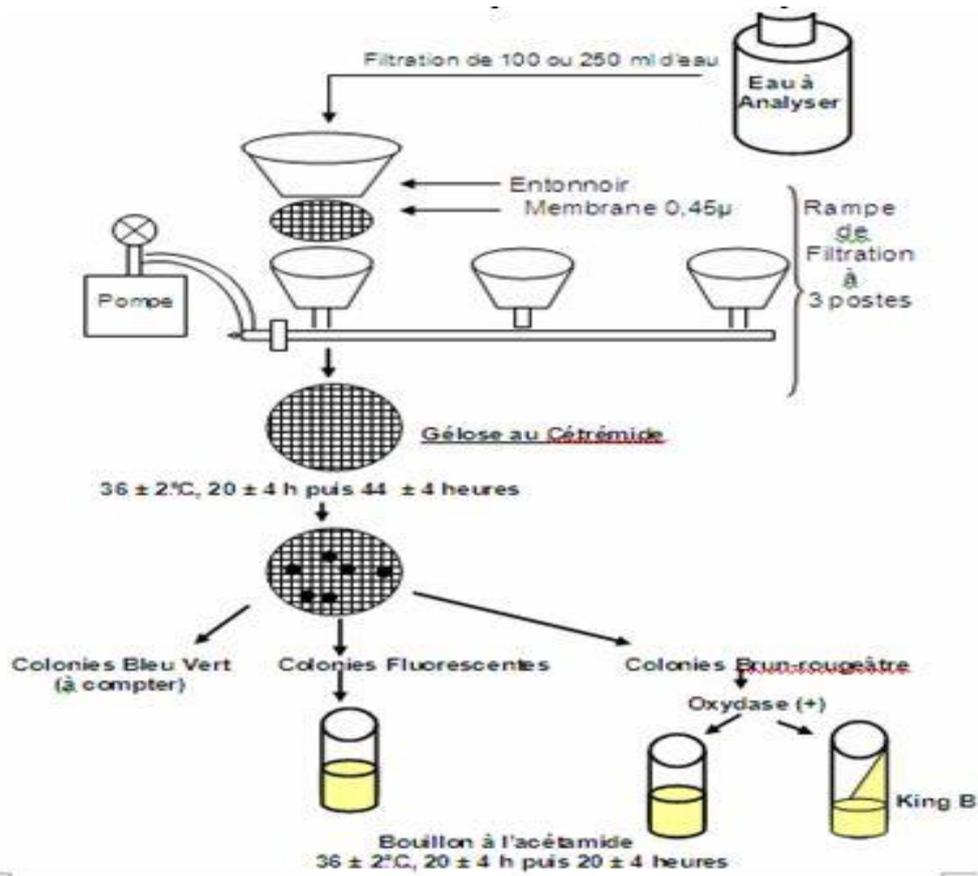


Figure 33 : Rampe de filtration pour le dénombrement des Staphylocoques

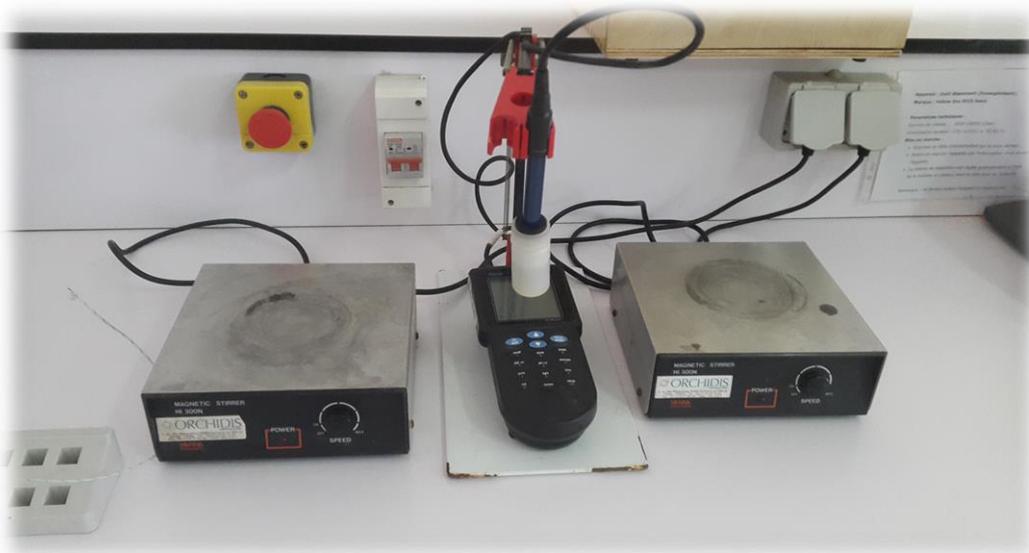
Balance



Conductimètre



pH-mètre



Spectrophotomètre



Centrifugeuse





Etuve



Membrane de filtration



Kit hach de dosage



kit Hach LKC 350, kit Hach LKC 341.