

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université Saad Dahleb de Blida 1
Faculté des sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

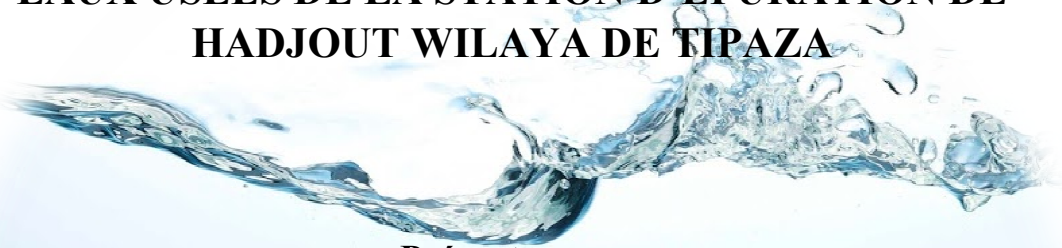


Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
de Master II en Biologie

Option : Restauration des milieux aquatiques continentaux

Thème

**ÉTUDE BACTÉRIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES
EAUX USÉES DE LA STATION D'ÉPURATION DE
HADJOUT WILAYA DE TIPAZA**



Présente par :

GRINE IMAD EDDINE

REMADELIA SARAH

Devant le Jury :

- *Mme FAIDI H. MAA* *UB1 Présidente*
- *Mme EL MAHDI I.* *MAAUB1 Examinatrice*
- *Mme KHETTAR S.* *MAAUB1* *Promotrice*
- *Mr KAIS H.* *Vacataire UB1 Co-promoteur*

Soutenu publiquement
Le 21 septembre 2017



Remerciements





À notre maîtresse et présidente de thèse Mme FAIDI H.

Nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider le jury de ce travail. Nous avons pour vous l'estime et le respect qu'imposent votre compétence, votre sérieux et votre richesse d'enseignement. Veuillez trouver, cher maître, dans ce modeste travail, l'expression de notre très haute considération et notre profonde gratitude.

A notre maîtresse et examinatrice de thèse Mme EL MAHDI I.

Vous m'avez fait le grand honneur d'accepter de me diriger dans ce travail avec bienveillance et rigueur. Votre attachement au travail bien fait est l'objet de ma considération. Votre amabilité, Votre dynamisme, votre dévouement pour le travail et votre compétence ont suscité mon admiration. Je garde un excellent souvenir de la qualité de l'enseignement que vous nous avez prodigué. J'espère être digne de la confiance que vous avez placée en moi en me guidant dans l'élaboration et la mise au point de ce travail. Veuillez trouver dans ce travail, très cher maître, le témoignage de ma profonde gratitude et l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

À notre chère maîtresse et promotrice de thèse Mme KHETTAR S. et À notre cher maître et Co-promoteur Mr KAIS H.

Nous remercions nos très chers enseignants, de faculté des sciences de la nature et de la vie à SAAD DAHLEB pour tout ce que vous nous avez appris, en particulier à notre Promotrice pour tout ce qu'elle nous a appris, d'être patiente avec nous et de nous orienter vers la réussite, à notre Co-promoteur

pour son aide dans ce mémoire et pour ses enseignements, son affection et patiente. Merci infiniment monsieur.

*Nous exprimons nos vives gratitudees à **Mr.YAHYAOUI**, directeur de l'**ADE CHEFFA** et à toute l'équipe de Laboratoire surtout coté bactériologie de bien vouloir l'accueillir et de nous avons bien comprendre.*

*Nous remercions profondément à **Mr Djamel** (laboratoire d'hygiène de **Blida**) de nous avoir guidé et accueilli les bras ouverts pendant les stages pratiques et orienté vers la réussite, pour son soutien et encouragement .c'est un homme extraordinaire. Merci de tout notre cœur monsieur.*

*Un grand merci à **Mme NAIMA** directrice de la station (**HADJOUT**) et son collègue de travail **MrMAAMAR** et son équipe (préleveurs...) de leur guidé et connaitre beaucoup de chose, l'Enseigneur de la station de traitement de **CHENOUA** surtout laboratoire physico-chimique et son équipe qui nous ont énormément conseillé et aussi guidé au laboratoire de **CHENOUA**.*

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 (**EEP 2016-2017**) pour les bons moments passés ensemble, de nos avoir permis de connaitre 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.*



Dédicace

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mon frère Walid et ma sœur adorée Ihcène qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Un grand remerciement à mes professeurs de Biologie à SAAD-DAHLEB-BLIDA surtout mes enseignants et enseignantes qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Puisse ce travail être le témoignage de ma profonde affection, mon estime et mon attachement. Que dieu vous comble de bonheur, de santé, de succès et de prospérité dans votre vie et vous protège. (À toute famille).

À mes Amis A tous ceux qui me sont chers « Redouane ».

IMAD EDDINE

Dédicace

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le procure bonne santé et longue vie. A toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; que dieu te garde dans son vaste paradis, maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, A mes frères Mohamed et Lamine, ma sœur Chahinez bien-aimée sans oublier ma sœur Meriem, son mari Rachid et leurs pupilles Rania et Amira.

Le mérite revient d'abord à mes professeurs qui m'ont donné leur savoir pour atteindre mes ambitions. Ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Une mention spéciale de mon collègue au travail Imad, qui était dans un sincère travail pour le compléter dans la dernière école de cursus pour ouvrir les portes de notre travail à haut de gamme.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude

SARAH



Résumé

Notre étude a été axée sur les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brute et épuré, et évaluer l'efficacité du traitement de ces eaux par le procédé biologique des boues activées au niveau de la station d'épuration de HADJOUT.

Les résultats physico-chimiques nous révèlent que seulement la conductivité avec 2250ms/cm ne répond pas aux normes de l'OMS et JORA. Cela est dû à la charge importante de la pollution organique et un déséquilibre dans le bassin, de telle sorte que le traitement est très efficace avec un débit à faible charge.

Les rendements des paramètres physico-chimiques : matières en suspension avec un taux de 96%, DCO 90% sont supérieurs à 90% sauf DBO₅ avec 87% qui est inférieur à ce taux. Il n'influe pas sur les résultats mais démontre une épuration efficace.

L'étude des indicateurs bactériens a montré une contamination fécale dans la station avec un rendement significatif de coliformes totaux 86.4%, coliformes fécaux 91.8% et Staphylocoques 93%.

On peut déduire que le traitement des eaux usées de la station de Hadjout est plus efficace en ce qui concerne les analyses physico-chimiques et plus ou moins insuffisant pour la détection bactériologique de cette station.

Mot clé: eaux usée, Station d'épuration (STEP) analyse physico-chimiques, traitement bactériologique, boue activée, eau épurée.



Summary

Our study has focused on the analysis physicochemical and bacteriological of raw wastewater and purified water, and the effectiveness of the treatment of these water by the biological process of activated sludge at the level of the water treatment plant of HADJOUT.

The physicochemical results reveal that only conductivity with (2250us/cm) does not meet the (WHO) and (JORA) standards. This is due to the heavy load of organic pollution and an imbalance in the pond, so that the treatment is very effective with a low load flow.

The yields of the physicochemical parameters “suspended matters” MES with a rate of (96%), “chemical oxygen demand” COD(90%) are higher than 90% except “biological oxygen demand” BOD5 with (87%) that is less than this rate. It does not affect the results, but demonstrates an effective treatment.

The study of bacterial indicators showed fecal contamination in HADJOUT station: a significant return of total coliforms (86.4%), fecal coliforms (91.8%) and Staphylococcus (93).

We can infer that the treatment of the used water from the station of Hadjout is more effective with regard to the physicochemical analysis and more or less inadequate for bacteriological detection of this station.

Key words: wastewater, water treatment plant, physicochemical analysis, bacteriological treatment, activated sludge, purified water.

ملخص

ركزت دراستنا على التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الصرف الصحي الخامة والمياه المصفاة وتقييم فعالية معالجة هاته المياه من خلال العملية البيولوجية للحماة المنشطة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي حجوط.

تكشف النتائج الفيزيائية والكيميائية أن فقط توصيل المياه (2250 ميكروسيمنز / سم) لا يفي بمعايير منظمة الصحة العالمية (OMS) والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية (JORA). ويرجع ذلك إلى الحمل الثقيل للتلوث العضوي وعدم التوازن في الحوض، بحيث يكون العلاج فعالا جدا مع تدفق منخفض الحمل.

ان محاصيل المعلمات الفيزيوكيميائية: مواد عالقة بمعدل (96٪)، طلب الاكسجين الكيميائي (90٪) هي أكبر من 90٪ باستثناء طلب الأوكسجين البيولوجي بـ 87٪ وهو أقل من هذا المعدل. وأنها لا تؤثر على النتائج ولكن تدل على تنقية فعالة.

اظهرت دراسة المؤشرات البكتيرية تلوث البراز في محطة حجوط مردودا كبيرا من الكوليفورم الكلي (86.4٪)، القولون البرازي (91.8٪) والمكورات العنقودية (93٪).

ويمكن استنتاج أن معالجة المياه المصفاة في محطة حجوط أكثر كفاءة فيما يتعلق بالتحاليل الفيزيوكيميائية أو أكثر التي تكفي للكشف البكتريولوجي لهذه المحطة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، التحليل الفيزيوكيميائي، المعالجة البكتريولوجية، الحماة المنشطة، المياه المصفاة.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADE : Algérienne Des Eaux.

ASR: Anaérobie Sulfito-Réducteurs

BCPL: Bouillon lactose au Pourpre de bromocrésol.

CE : Conductivité électrique.

CEE: Communauté Économique Européenne.

CEMAGREF: Centre d'Étude, Machinisme de Génie Rural, d'Environnement et de Forêt.

CF: Coliformes Fécaux

COT : Carbone Organique Total.

CT: Coliformes Totaux.

D/C: Double Concentration.

DBO₅: Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

EH : Équivalent par Habitant.

ERU: Eau Résiduaires Urbains.

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière En Suspension.

MO: Matière Organique.

MV (S): Matière Volatile (sèche).

NA : Normes Algériennes.

Nt : Azote total

NTK : Azote kjeldahl

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Pt : Phosphore total

SF : Streptocoque Fécaux.

UFC : UnityFormingColony.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Différents types de pollution des eaux	05
II	Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO ₅)	08
III	Les bactéries pathogènes dans les eaux usées	10
IV	Caractéristiques générales de la station	14
V	Les débits à l'entrée de la station selon la conception	14
VI	Dimensions des bassins biologiques	18
VII	Caractéristique du clarificateur	18
VIII	Principales utilisations des eaux épurées	21
IX	Quantité et nombre d'analyses	23
X	Analyses physico-chimiques et leurs principes	24
XI	Volumes utilisés pour la mesure de la DBO ₅ en fonction des concentrations de l'eau à analyser.	27
XII	Relation entre l'indice de boue et la décantation des boues	31
XIII	Etat physique de boues	31
XIV	Variation des débits journaliers en fonction des prélèvements	38
XV	Résultats physico-chimiques des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III
XVI	Résultats physico-chimiques des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III
XVII	Normes physico-chimique des rejets selon OMS 2006 et JORA2006	Annexe III
XVIII	Variation de rapport DCO/DBO ₅ des eaux brutes et traitées	47
XIX	Résultats microbiologiques (germes indicateurs d'une contamination fécale) des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III
XX	Résultats microbiologiques (germes indicateurs d'une contamination fécale) des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III

XXI	Résultats microbiologiques (germes pathogènes) des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III
XXII	Résultats microbiologiques (germes pathogènes) des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus	Annexe III
XXIII	Normes microbiologiques des rejets selon OMS 2006	Annexe III
XXIV	Rendements épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques	54
XXV	Rendements épuratoire des paramètres microbiologiques	55
XXVI	Variation de l'indice de boue aux dates de prélèvements	56
XXVII	La relation entre la siccité (matière sèche) et la boue déshydratée par rapport aux prélèvements	57
XXVIII	Indice de biodégradabilité	Annexe III
XXIX	Données de base du constructeur	Annexe II
XXX	Matériel pour les analyses physicochimiques	Annexe II
XXXI	Matériels pour les analyses microbiologiques	Annexe II
XXXII	Composition des milieux de culture	Annexe II
XXXIII	Principe des bactéries pathogènes	Annexe II

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Nature de la pollution des eaux	03
02	Station d'épuration des eaux usées	13
03	Schéma des ouvrages de la station Hadjout	13
04	Bloc des traitements physiques de la STEP de la ville de Hadjout	15
05	Station de relevage	16
06	les étapes de prétraitement des eaux usées	17
07	Compartiment anoxie et Compartiment aérobie	17
08	Décanteur secondaire	18
09	Clarificateur	19
10	Bassin de chloration	19
11	Boue déshydratée en phase finale	21
12	Schéma général de la station d'épuration de HADJOUT	22
13	Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode kit Hach	Annexe I
14	Dosage d'orthophosphate par la méthode kit Hach	Annexe I
15	Schéma de préparation des dilutions jusqu'au 10^{-6}	32
16	Test de présomption des coliformes totaux	33
17	Test de confirmation des coliformes fécaux	34
18	Test de confirmation des streptocoques fécaux	35
19	Lecture des salmonelles	Annexe I
20	Confirmation par la galerie biochimique	Annexe I
21	variation du débit par rapport à l'entrée et la sortie	38
22	la variation de la température	40
23	la variation du pH	41
24	La variation de la conductivité (CE)	42

25	La variation des MES	42
26	la variation des MVS des eaux brutes	43
27	la variation des DCO	44
28	la variation des DBO ₅	45
29	la variation d'azote total	46
30	la variation de phosphore total	46
31	la variation d'orthophosphate	47
32	la variation du l'azote ammoniacal	48
33	la variation de nombre des coliformes totaux après une dilution 10 ⁶ en fonction de différents prélèvements.	49
34	la variation de coliformes fécaux après une dilution de 10 ⁶	50
35	Confirmation d'E. coli	51
36	la variation de Stréptocoques fécaux après une dilution de 10 ⁵	51
37	La somme de rendement épuratoire pour les (MES, DCO, DBO).	54
38	Le rendement épuratoire des bactéries concernées	55
39	variation de l'indice des boues (IB) dans le bassin d'aération de la STEP	56
40	La variation entre la boue déshydratée et la siccité	57
41	les milieux de cultures.	Annexe I

Glossaire

Effluent : terme générique désignant une eau résiduaire urbaine ou industrielle, et plus généralement tout rejet liquide véhiculant une certaine charge polluante (dissoute, colloïdale ou particulaire). Ces effluents recèlent des composants organiques ou chimiques nuisibles à l'environnement.

Désinfection : c'est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes de l'eau. Il peut subsister dans l'eau quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation (stérilisation = destruction de tous les germes présents dans un milieu)

Charge hydraulique: débit journalier reçu par la station sous forme de hauteur d'eau (exprimée en m^3 /jour).

Charge organique: masse journalière de pollution reçue par la station (exprimée en kg/jour). La charge organique peut être calculée

SOMMAIRE

Résumé	
Liste des tableaux	
Listes des figures et photos.	
Liste des abréviations.	
Glossaire.	

Première partie : Étude bibliographique.

CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées

- Introduction.....	01
I.1. Définition.....	03
I.2. Nature de la pollution des eaux.....	03
I.3. Origine des eaux usées.....	03
I.3.1. Eaux usées domestiques.....	04
I.3.2. Eaux usées industrielles.....	04
I.3.3. Eaux usées de ruissellement.....	04
I.3.4. Eaux usées agricoles.....	04
I.4. Types de la pollution des eaux.....	04
I.5. Impacts des eaux usées.....	05
I.5.1. Impact écologique.....	05
I.5.2. Eutrophisation.....	05

CHAPITRE II : Principaux indicateurs de qualité des eaux usées

II.1. Principaux paramètres de pollution.....	06
II.2. Caractéristique de la pollution des eaux usées.....	06
II.2.1. Caractéristique physico-chimique.....	06
II.2.1.1. Caractéristique physique.....	06
II.2.1.2. Caractéristique chimique.....	07
II.2.2. Caractéristique microbiologique.....	09
II.2.2.1. Microorganismes indicateurs d'une contamination fécale.....	09
II.2.2.2 Bactéries pathogènes.....	09

CHAPITRE III : Procédé d'épuration des eaux usées

III.1. L'épuration.....	12
III.2. Principaux procédés d'épuration.....	12
III.3. Présentation de la station d'épuration des eaux usées de HADJOUT.....	13
III.3.1- Implantation.....	13
III.3.2. Description des différents ouvrages de la station.....	14
III.4. Réutilisation des eaux usées.....	21

Deuxième partie : Étude expérimentale.

CHAPITRE I : Matériel et Méthodes

I.1- Matériel.....	23
I.2- Méthode de prélèvement	23
I.3. Conditionnement des échantillons.....	24
I.3.1. Analyses Physico-chimiques.....	25
I.3.2. Analyses bactériologiques.....	32
I.3.3. Rendements d'épuration.....	38

CHAPITRE II : Résultats et discussions

II.1. Débits.....	39
II.2. Paramètres physico-chimiques.....	40
II.3. Paramètres de la pollution organique.....	43
II.4. Paramètres microbiologiques.....	49
II.5. Rendement épuratoire.....	53
II.6. Paramètre de fonctionnement du processus.....	55

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe



Introduction

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-épuration des eaux réceptrices (cours d'eau) induisant un risque pour la santé humaine et les écosystèmes (ELSKENS, 2010).

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. (DEVAUX, 1999).

Aujourd'hui la consommation globale par habitant, choisie comme indice du développement économique d'une nation, ne cesse de décroître suite aux problèmes (MEKHALIF, 2009).

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation. (HAMSA, 2004)

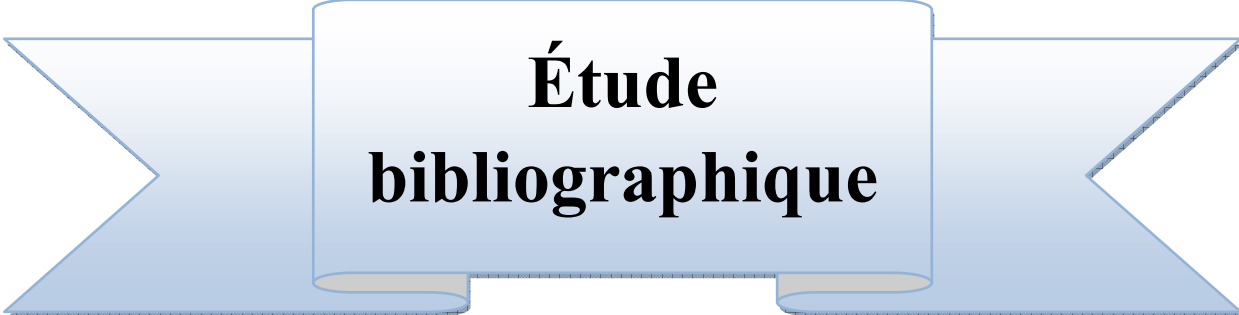
Pratiquement, plus la qualité de l'eau diminue, plus la nécessité de procéder à des contrôles fréquents et étendus devient impérieuse. (RODIER, 2005). La problématique d'épuration ne s'arrête pas aux seuls procédés de traitements mis en œuvre mais englobe aussi son acheminement sa distribution ainsi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

En Algérie 167 stations d'épuration d'eau (STEP) existe à travers le territoire national, qui traitent annuellement un volume de 320 millions de m³ d'eaux usées sur 1.200 millions de m³ rejetés. Le nombre des stations d'épuration des eaux usées en Algérie atteindra 272 unités à la fin de 2019 contre plus de 167, 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 2015 relatif à ce domaine, par ailleurs, que 60 % de ces eaux sont exploitées (ANONYME, 2015).

Ce travail a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux usées de la station d'épuration de HADJOUT afin de déterminer l'efficacité du traitement biologique par les boues 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.

Cette étude débute par une partie bibliographique, où nous expliquerons l'état sur les eaux usées, les principaux indicateurs des eaux usées et à la fin procédé d'épuration des eaux usées.

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.



**Étude
bibliographique**

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX USÉES

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- Nature de la pollution des eaux

La pollution de l'eau est une altération d'origine naturelle ou anthropologique qui affecte sa qualité et rend son utilisation dangereuse, pouvant perturber l'écosystème aquatique (ASSOULINE, 2012) figure 01.

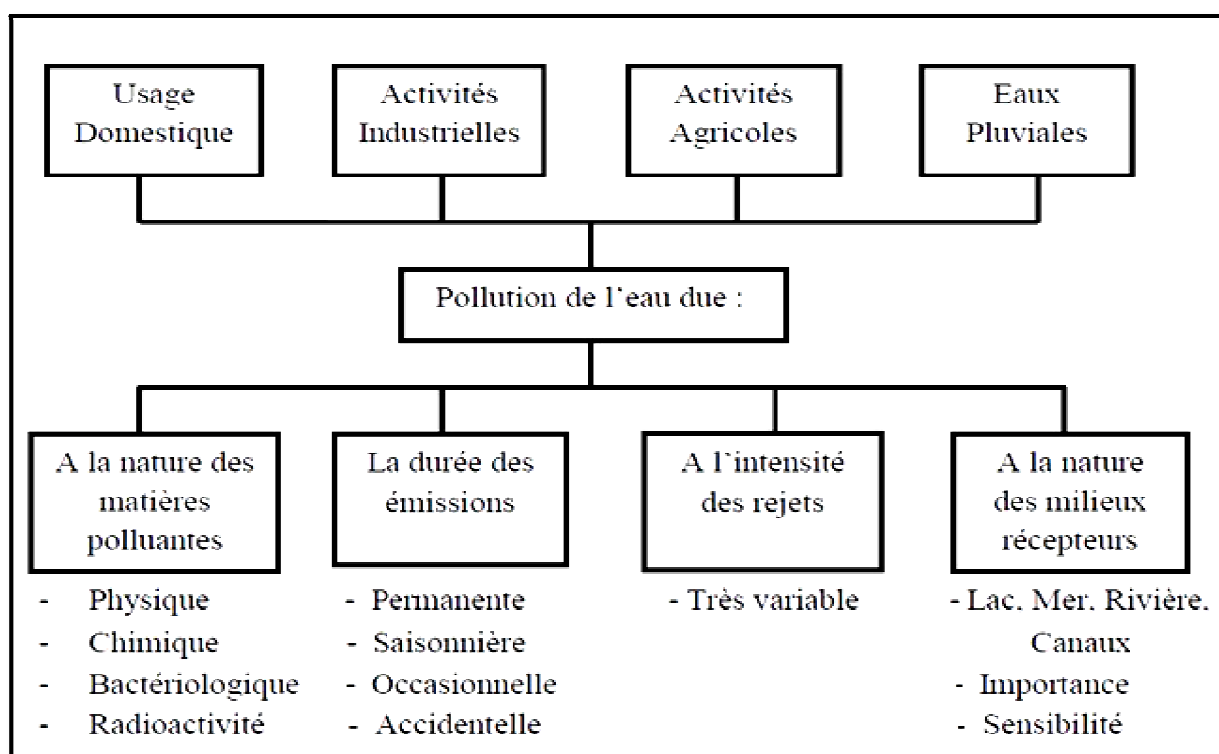


Figure 01 : Nature de la pollution des eaux. (Direction de l'environnement, 1990).

I.3. Origine des eaux usées

D'après RODIER et al., (2005), On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables.

I.3.1. 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).

I.3.2. 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.3.3. Eaux usées de ruissellement

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.3.4. Eaux usées agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des engrais, des produits phytosanitaires : herbicides et pesticides, sans compter les déjections animales qui accompagnent les élevages intensifs, ou encore de métaux (Cu, Zn) et des résidus d'antibiotiques (SCHMIDT, 2005).

I.4. Types de la 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 I résume les différents types de pollution.

Tableau I : Différents types de pollution des eaux.

Type de pollution	Exemple	Source
Physique pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Exploitation nucléaire	Installations nucléaires
Pollution agricole	Nitrates, phosphates	Agriculture
Métaux lourds	Mercure, zinc, plomb, Manganèse	Industrie, agriculture, combustion.
Chimique Pesticides Industrie	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.

(ELSKENS, 2010).

I.5. Impacts des eaux usées

I.5.1. Impact écologique

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible (CHELLE *et al.* 2005).

I.5.2. Eutrophisation

L'eutrophisation des lacs et des réservoirs se classe parmi les paramètres de pollution des eaux les plus répandus. Au cours des 20 dernières années, le terme "eutrophisation" a été employé pour décrire l'enrichissement des plans d'eau par l'apport artificiel et indésirable de substances nutritives favorisant le développement végétal (SEMAOUNE, 2008).

II. PRINCIPAUX INDICATEURS DE LA QUALITÉ DES EAUX USÉES

II.1. Principaux paramètres de pollution

La pollution des eaux résiduaires urbaine est généralement évaluée par la mesure des matières en suspension (MES), de la pollution organique carbonée (DCO, DBO5, COT), des différentes formes d'azote (NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻) et des principales formes de phosphore (PT, orthophosphates, poly phosphate). Par temps de pluie, s'y ajoute les hydrocarbures et certains métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd...), nombreux micro-organismes (RODIER *et al.*, 2005).

II.2. Caractéristique de la pollution des eaux usées

II.2.1. Caractéristique physico-chimique

II.2.1.1. Caractéristique physique

✓ Température

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

✓ 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 H₃O⁺, il dépend de l'origine et de la nature de l'eau (BREMAUD *et al.*, 2006).

✓ Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (ms/cm) à 20 C° (DEVILLERS *et al.*, 2005).

✓ Matière en suspension

Les MES comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux (DEVILLERS *et al.*, 2005).

✓ Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. (RODIER *et al.*, 2005). Elle est due aux particules colloïdales en suspension dans l'eau (VILAGINES, 2010).

II.2.1.2. Caractéristique chimique

✓ 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 biodégradabilité de l'effluent (**KOLLER, 2009**).

✓ 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 DBO5 c'est la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation à 20°C et à l'obscurité.

✓ Oxygène Dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu (**REJSEK, 2002**).

✓ Carbone organique totale (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO. (**TARMOUL, 2007**).

✓ Notion de biodégradabilité et le coefficient 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 DCO/DBO5 c'est un indice de la biodégradabilité de l'eau usée. Le tableau II montre le rapport entre la DCO et DBO (**ANONYME, 1975**), Tableau II (**TRUC, 2007**).

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

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

(TRUC, 2007).

✓ **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).

L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène (TARMOUL, 2007).

✓ **Nitrites (NO₂⁻)**

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (RODIER *et al.*, 2009).

✓ **Nitrates (NO₃⁻)**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (RODIER *et al.*, 2009).

✓ **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).

✓ **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* BEAUDRY., 1999).

II.2.2. Caractéristique microbiologique

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

La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les shigelles, ainsi que certains pathogènes peuvent donner une indication sur les risques liés à l'utilisation de certains types d'eaux (BAUMONT *et al.*, 2004).

II.2.2.1. Microorganismes indicateurs d'une contamination fécale

✓ Coliformes totaux

Les coliformes sont des bacilles à gram positif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sel biliaires ou d'autres agents de surface, fermentent la lactose avec production de gaz en moins de 48 heures à une température de 35°C (LAPARNTET 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 et les animaux (HADE, 2003).

✓ Coliformes thermotolérants

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 C°. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Echerichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella* (sous genre III Arizona), *Yersinia enterocolitica*. (RODIER *et al.*, 2005).

✓ Streptocoques fécaux et *Enterococcus*

Ce sont des cocci à Gram positif, sphériques ou ovoïdes, disposés en paire pour former des diplocoques et pouvant se présenter sous forme de chaînettes parfois longues, ils ne sporulent pas (AVRIL *et al.*, 1992). L'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. (RODIER *et al.*, 2005).

II.2.2.2 Bactéries pathogènes

Ces germes proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution. Ils peuvent également être natifs du milieu marin. **Tableau III** (ASANO 1998).

Tableau III : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Voies de contamination principales
<i>Salmonella</i>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	Ingestion
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	Ingestion
<i>E.coli</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Vibrio</i>	Choléra	Ingestion
<i>Leptospira</i>	Leptospirose	Cutanée/ Inhalation/ Ingestion
<i>Legionella</i>	Légionellose	Inhalation
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose	Inhalation

(ASANO, 1998).

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 côté 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).

✓ Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des bactéries cocci sphériques de 0,5 à 1 µm de diamètre, à 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.

Parmi ces espèces *Staphylococcus aureus* possédant l'enzyme, catalase et coagulase. Capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif. C'est l'espèce la plus pathogène (DELLARAS, 2014).

✓ *Vibrio cholerae*

Les vibrions appartiennent à la famille des *vibrionaceae*. Elles sont des bacilles à Gram négatives, et leurs colonies sont brillantes translucides. Elles sont asporulées, généralement mobiles (flagelle polaire) ou immobiles, aéro-anaérobie facultatives. 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 *Vibrio* sont aquatiques. Elles se trouvent dans les différents eaux (eaux de surface, eaux de mer). Elles sont la particularité de colonisé différents animaux marins tels que poissons, crustacées... (CARIP *et al.*, 2015).

✓ **Anaérobies Sulfito-réducteurs**

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 à Gram positives, de grandes tailles, groupées en chainettes. Elles sont généralement mobiles et sont capables de sporuler. Elles possèdent une catalase négative et elles sont anaérobies stricts, mésophytes et elles supportent des variations importantes de pH et de température. Ces spores sont de grandes tailles et elles sont parfois plus grandes que les bactéries. Elles sont très résistantes à la chaleur 100°C pendant plusieurs minutes (CARIP *et al.*, 2015).

✓ **Salmonelles**

Les Salmonelles appartiennent à la famille Entérobactéries. Ce sont des bacilles à Gram négatif de 1 à 3 microns, mobiles, aéro-anaérobies, non sporulés, poussant facilement sur des milieux de culture ordinaire en 24 à 48 heures. Elles n'acidifient pas le lactose mais fermentent le glucose et possèdent une nitrate- réductase mais n'ont ni oxydase ni uréase (BOURRILLON *et al.*, 1997).

III. PROCÉDÉ D'ÉPURATION DES EAUX USÉES

III.1. L'épuration

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

L'objectif de l'épuration est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement. À cet égard, le traitement des eaux résiduaires le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

➤ Station d'épuration

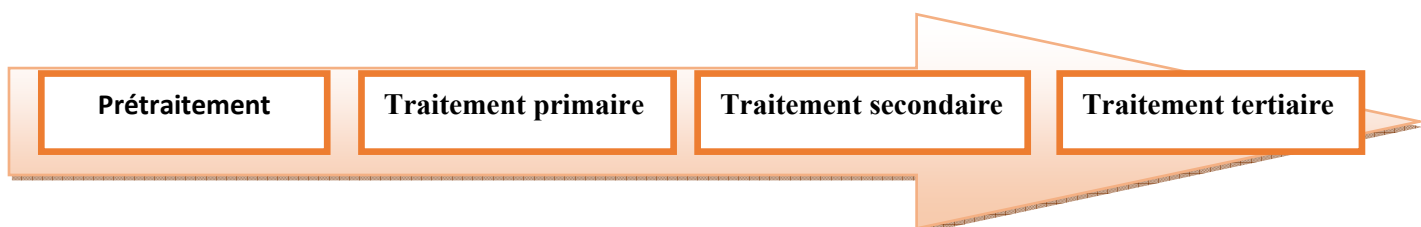
Elles constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel. Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs. Sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques. (BRIERE, 1994).

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.

III.2. Principaux procédés d'épuration

Le traitement de la filière eau passe par les étapes suivantes, voir figure :



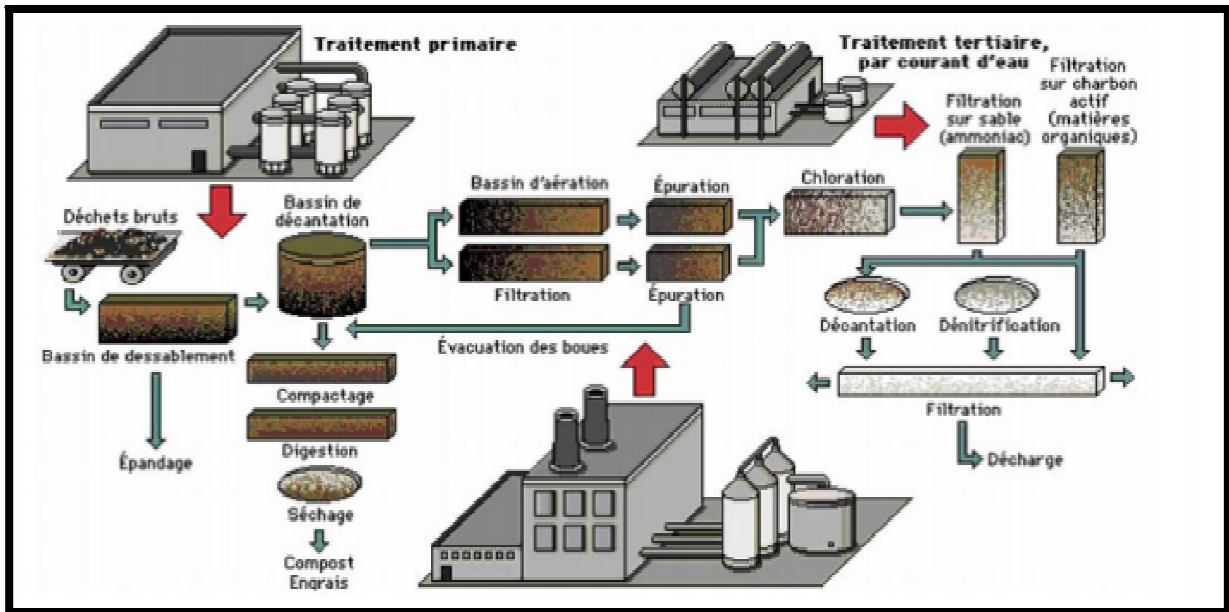


Figure 02 : Station d'épuration des eaux usées (BRIERE, 1994)

III.3. Présentation de la station d'épuration des eaux usées de HADJOUT

III.3.1- Implantation

La station d'épuration des eaux usées urbaines de HADJOUT est située dans la partie la plus basse de la ville à proximité d'oued NADOR (route de KOLEA). Elle s'étend sur un terrain de 70 000 m². La STEP a été mise en service depuis juillet 2006 .

III.3.1.1-Capacité de la station

La ville de HADJOUT est dotée d'une station d'épuration conçue pour 70 000 eq/hab et une charge hydraulique correspondant à un débit 11200m³/j en 2010.

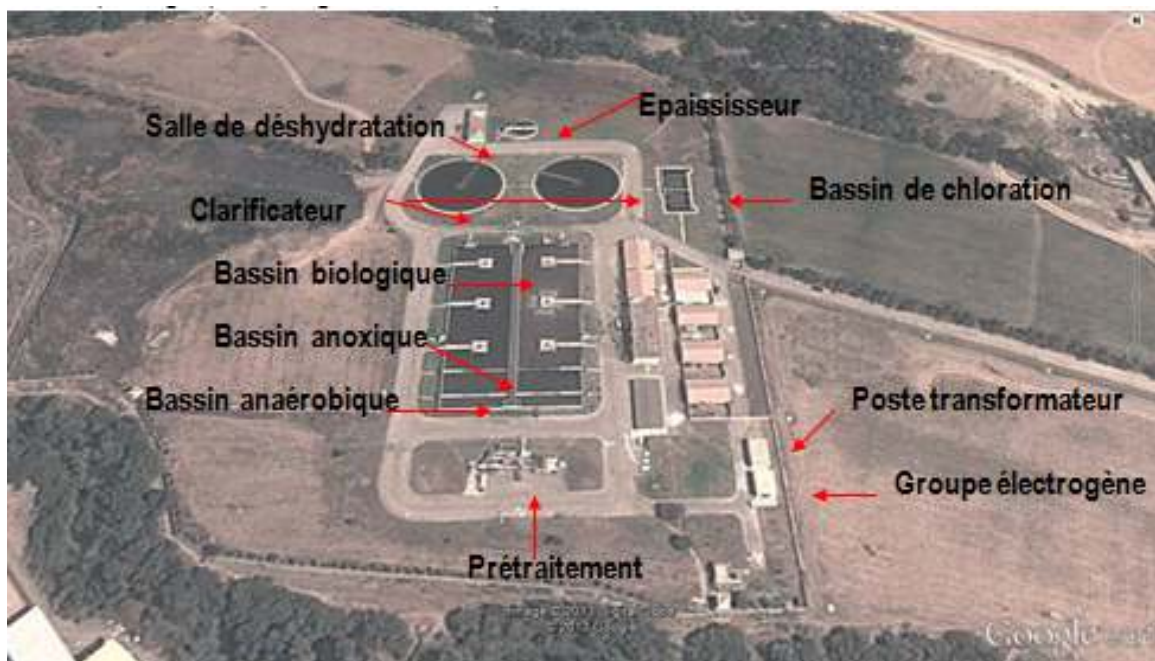


Figure 03: Schéma des ouvrages de la station Hadjout. (SEEAL)

III.3.1.2- Données de base : les caractéristiques générales de la station de Hadjout sont résumées dans le tableau IV.

Tableau IV :Caractéristiques générales de la station.

Nom	STEP HADJOUT
Adresse	STATION D'ÉPURATION DE HADJOUT ROUTE OUED MERZOUG
Maître d'ouvrage / Exploitant	Direction d'hydraulique W.TIPAZA / SEAL
Constructeur	SUBAL
Année de mise en route	JUIN 2006
Type de réseau	Unitaire

(SEAL)

III.4.1.2.1- Débits

En ce qui concerne les débits, la station a été dimensionnée selon les données suivantes (tableau V).

Tableau V: Les débits à l'entrée de la station selon la conception.

Désignation	L'horizon 2016	L'horizon 2020
Débit journalier	11200 m ³ /j	16800 m ³ /j
Débit horaire moyen	467 m ³ /h	700 m ³ /j
Débit de point	803 m ³ /j	1176 m ³ /j

(SEAL)

III.3.1.2.2. Réseau d'assainissement de la STEP

Les eaux résiduaires acheminées à la station d'épuration sont des eaux urbaines constituées par les rejets domestiques et pluviaux. La collecte des eaux usées vers la station est assurée par un réseau unitaire principale qui développe une longueur de 56000 m et liée à des stations de relevages.

III.3.2. Description des différents ouvrages de la station

La station reçoit les eaux usées de la ville de HADJOUT, MEURAD, RAHABA et BOUFADEL. La station reçoit une partie des eaux usées gravitaires, d'autre partie est pompée à la station de deux postes de relevage :

-PR ELRAHABA : composée de deux pompes de 65 m³/h

-PR BOUFADEL : composée de trois pompes dont une de 110 m³/h et deux de 137 m³/h.

III.3.2.1. Arrivée des eaux brutes

Le comptage du débit se fait par apport au débit épuré (on tolère **10 %** de différence). Une station de relevage en tête de station pour le By-pass doté de deux pompes de **360 m³/h**.

La filière de traitement de la STEP de HADJOUT est constituée de deux phases de traitement.

- Traitement de la filière « Eau ».
- Traitement de la filière « Boue ».

III.3.2.2. Prétraitement des eaux usées

III.3.2.2.1. Le dégrillage grossier : Il a pour but essentiel de retenir les matières volumineuses charriées par l'effluent. il permet de :

- Protéger contre les chocs et les bouchages les différentes unités de l'installation : pompes, décanteurs, tuyauteries.
- Retenir des matières volumineuses dont la dégradation par voie biologique est impossible.

Le dégrilleur est équipé d'un dispositif de relevage et d'éjections automatiques ou manuelles des déchets.

- ✓ **Traitement biologique :** deux bassins rectangulaires en parallèle ; chacun comporte :
 - zone anaérobique : **500 m³**
 - zone anoxique : **1000 m³**
 - zone biologique : **6000 m³**.
- ✓ **Décantation :**
 - deux clarificateurs doté de pont racleur.



Figure 04 : Bloc des traitements physiques (dégrillage grossier et fin ainsi que dessablage / déshuilage) de la STEP de la ville de Hadjout (photooriginale).

III.3.2.2.2. Station de relevage : elle contient quatre pompes submersibles qui envoient les eaux usées dans un répartiteur à deux sorties : le canal principal et le canal auxiliaire à l'auto mode les pompes fonctionnent selon le niveau d'eau du réservoir. Ce niveau d'eau est mesuré par un détecteur à ultrason. Au niveau de 1.5mune pompe démarre. Au niveau de 2.5 la deuxième démarre. Au niveau de 3.5m la troisième démarre et quand le niveau arrive à 4.5m on a une alarme de trop plain sur l'ordinateur (figure 05)



Figure 05 : Station de relevage.(Photo originale)

III.3.2.2.3. Le dégrilleur fin : A l'auto mode le dégrilleur fin fonctionne, selon la différence de niveau de l'eau à son amont et aval. Cette différence est mesurée à l'aide de deux détecteurs ultrason de niveau .le dégrilleur continue à fonctionner jusqu'à l'élimination de la différence. Les refus sont envoyés vers une benne de stockage au moyen d'une bande transporteuse.

III.3.2.2.4. Dessablage-déhuilage : Après l'élimination des déchets solides, les effluents sont ensuite admis dans un ouvrage circulaire, pour subir une élimination combinée des graisses par flottation et des sables par sédimentation.

➤ **Dessablage :** C'est est une opération de pré-décantation dont le but est d'extraire des eaux des matières minérales en solution d'une granulométrie supérieure à environ 200 microns tels que les sables et les graviers. Pour éviter les problèmes dus à la décantation de sable dans les bassins biologiques un dessableur est installé en aval du dégrilleur fin.

Le mélange sable-eau obtenue est déchargé dans un clarificateur qui sépare le sable de l'eau et décharge le sable drainé dans un centenaire de stockage.

➤ **Déshuilage/dégraissage :** C'est une opération de flottation qui offre une surface tranquille agit comme séparateur de graisses, huiles à densité inférieure à celle d'eau dans un bassin qui les permette de se rassembler à la surface.

Le dégraissage peut être réalisé en combinaison avec le dessablage à condition que l'ouvrage à été dimensionné en conséquence.

Le déshuileur/ dessableur comprend essentiellement :

- Deux suppresseurs d'air pour l'aspiration du sable.
- Deux suppresseurs d'air pour l'entraînement des flottants.
- Le fluide entre par une ouverture tangentielle ce qui lui imprime une vitesse de rotation centrifuge.

Les graisses et les écumes sont collectée à la surface du bassin elles sont évacuées dans réservoir de stockage de graisse équipé d'une cloison siphonide qui piège la graisse dans le réservoir et fait recirculer l'eau vers l'entrée de la station, (Figure 06).

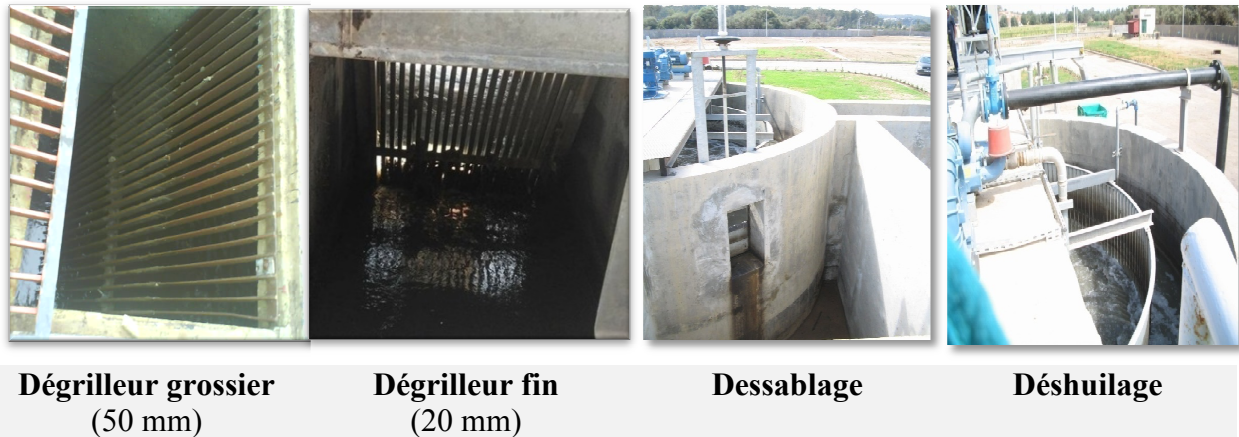


Figure 06 :les étapes de prétraitement des eaux usées(Photo originale).

III.3.2.3. Traitement secondaire

Il se fera dans deux bassins rectangulaires montés en parallèle. Chaque bassin comporte trois compartiments :

- Un compartiment anaérobique, pour la réduction du taux de phosphore, équipé de mélangeurs pour empêcher la décantation. D'un volume de 500m^3 et de 5m de profondeur.
- Un compartiment anoxique pour l'élimination de l'azote, également équipé de trois turbines d'aération de puissance de 75 kw qui assurent l'oxygénation et le brassage de la liqueur mixte (boues activées) ,voir figure 07.



Figure 07: Compartiment anoxie et Compartiment aérobie (Photo originale)

- Un compartiment d'oxygénation (aérobie), équipé de six aérateurs de surface.
- Chaque bassin est équipé de 3 Turbines de surface du type TASC 070 à axe vertical.
- Une recirculation est prévue entre le bassin d'oxygénation et le compartiment anaérobique.

Tableau VI: Dimensions des bassins biologiques.

Nombre	Volume d'un bassin (m ³)	Vitesse du moteur (tr/mn)	Longueur x largeurs (m)	Diamètre de la turbine (mm)	Hauteur d'eau (m)	Capacité d'oxygénation (O ₂ /h)	Puissance d'aérateur (kW/h)
Bassin anoxie Déphosphatation biologique	1000 x2	904	-	300	-	-	2.8
Bassin Anaérobie Nitrification/ Dénitrification	500 x2	904	-	300	-	-	1.5
Bassin D'aération	12000	-	118 x 42.60	5500	10	388	150

(SEEAL)

III.3.2.4. Clarificateur (Décantation primaire)

La station est dotée de deux clarificateurs (figure 08) en béton armé de forme cylindro-conique chaque décanteur est équipé d'un pont racleur tournant, constitué d'une passerelle 2/3 à laquelle sont suspendus les racles de fond et de surface, ces derniers ont un double rôle :

- Les racles de fond ramènent les boues déposées sur le fond vers la poche centrale où elles coulent par gravité vers le poste de pompage des boues activées.
- Les racles de surface dirigent les écumes flottantes vers bâches de reprise où elles seront récupérées manuellement à les intervalles régulières.

Tableau VII: Caractéristique du clarificateur.

Diamètre	30 m
Volume	2961 m³
Hauteur d'eau moyenne	3.68 m.

(SEEAL)

**Figure 08:** Décanteur secondaire(Photo originale)

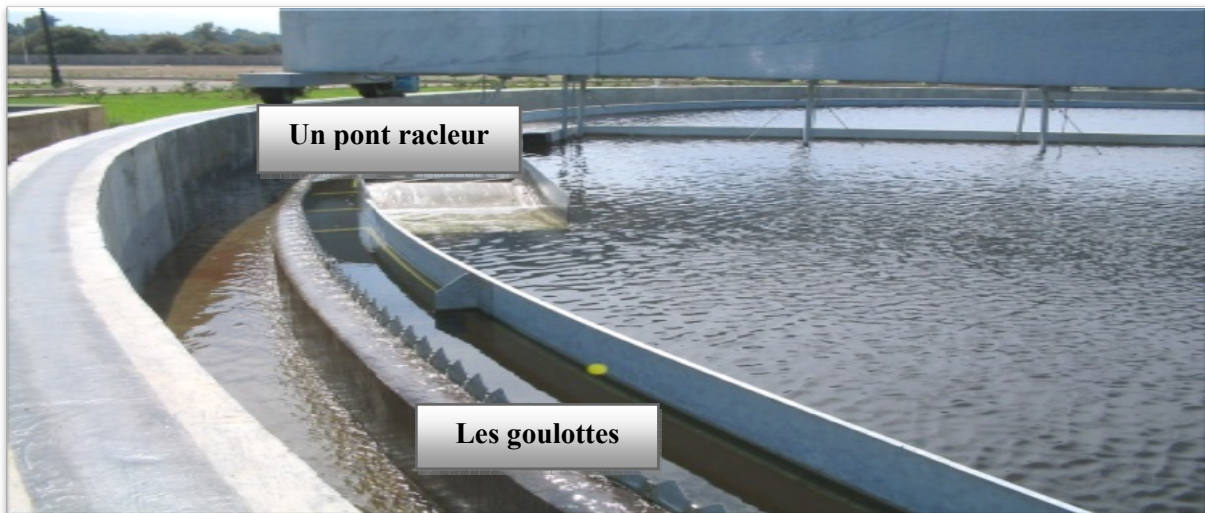


Figure 09: Clarificateur(Photo originale)

III.3.2.5. La désinfection

Il existe deux bassins de chloration d'une contenance effective de 350m³ de chacun(figure 09), où l'eau traitée reçoit l'injection de chlore désinfecté par l'eau de javel injecté par une pompe doseuse et évacuée gravitaire-ment dans l'oued NADOR. À l'auto mode la pompe doseuse fonctionne selon le débit de l'eau à traité.



Figure 10 : Bassin de chloration(Photo originale)

III.3.2.6. Poste de pompage de boues

Pour la recirculation des boues activées, et le pompage des boues en excès vers l'épaississeur.

III.3.2.7. Les pompes RAS-SAS

Le réservoir extraction/recirculation (RAS-SAS) est équipé par deux pompes submersibles RAS et deux pompes SAS.

Les pompes RAS (pompe de recirculation des boues activées) renvoient une portion de l'eau dans les bassins anaérobies à travers un canal ouvert au-dessus de mur de séparation entre les deux bassins d'aérations. Les pompes RAS, à l'auto mode fonctionnent selon le niveau donné par les capteurs de niveau que se trouve dans le réservoir RAS-SAS.

Les pompes SAS envoient les boues en excès dans l'épaississeur où elles sont épaissies et évacuées vers la station de déshydratation. À l'auto mode les pompes SAS fonctionnent continuellement.

▪ **Filière boue :**

- Un épaississeur de boue.
- Filtres à bandes.
- Déshydratation mécanique

III.3.2.8. Traitement des boues

III.3.2.8.1. Epaississeur

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 bassin de recirculation (conduite des retours en tête bouchée). Les boues épaissies au fond de l'ouvrage sont menées vers la déshydratation.

Deux pompes volumétriques de boues épaissies avec un débit max de **14 m³/h**.

L'épaississeur est alimenté en fonction des conditions d'exploitations pour avoir une bonne performance d'épaississement, l'ouvrage est alimenté en continu et régulièrement.

La concentration d'alimentation de l'épaississeur biologique est estimée à 5-6 g/l.

III.3.2.8.2. Déshydratation

Cette station contient deux unités :

- Unité de préparation de polymère.
- Unité de déshydratation mécanique.

➤ **Unité de préparation de polymère :** Afin de rendre possible la déshydratation des boues, l'ajout du polymère est indispensable pour leur floculation à l'intérieur de réacteur.

L'unité de préparation est formée d'une petite unité de polymère ; de deux pompes doseuses qui sert à injecter la solution de polymère et d'un bac de préparation de polymère divisé en trois parties.

➤ **Unité de déshydratation :** La déshydratation mécanique est basée sur une réaction de coagulation –floculation entre les boues épaissies et un poly électrolyte cationique. Le mélange boue –polymère subit un pressage afin d'obtenir une pâte.

L'Unité de déshydratation formée de deux mono pompes qui envoient la boue épaissies dans les deux réacteurs cylindriques où ils réagissent avec la solution de polymère. Puis arrivent dans les filtres à bandes où elles sont séchées automatiquement par la pression des tapis l'un sur l'autre. Les boues sont déchargées automatiquement sur une bande transporteuse horizontale qui sert à les jeter dans une granuleuse. À travers la granuleuse les boues sont granulées puis transportés par une bande transporteuse inclinée qui sert à évacuer les boues dans un camion ensuite déchargées dans un aire de stockage (figure 10).



Figure 11: Boue déshydratée en phase finale(Photo originale)

III.4. 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 ; ainsi que sur l'environnement dans son ensemble, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement (GHARZOULI, 2014). Tableau VIII.

Tableau VIII: Principales utilisations des eaux épurées.

Utilisations industriels	Refroidissement, lavages des sols, des véhicules, des machines.
Utilisations municipales	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	Lavage des sols, arrosages, chasse d'eau.
Amélioration des ressources	Recharge de nappe, soutien d'étiage de rivières ou de fleuves, amélioration de zone humide.

(ROUSTAN, 2014)

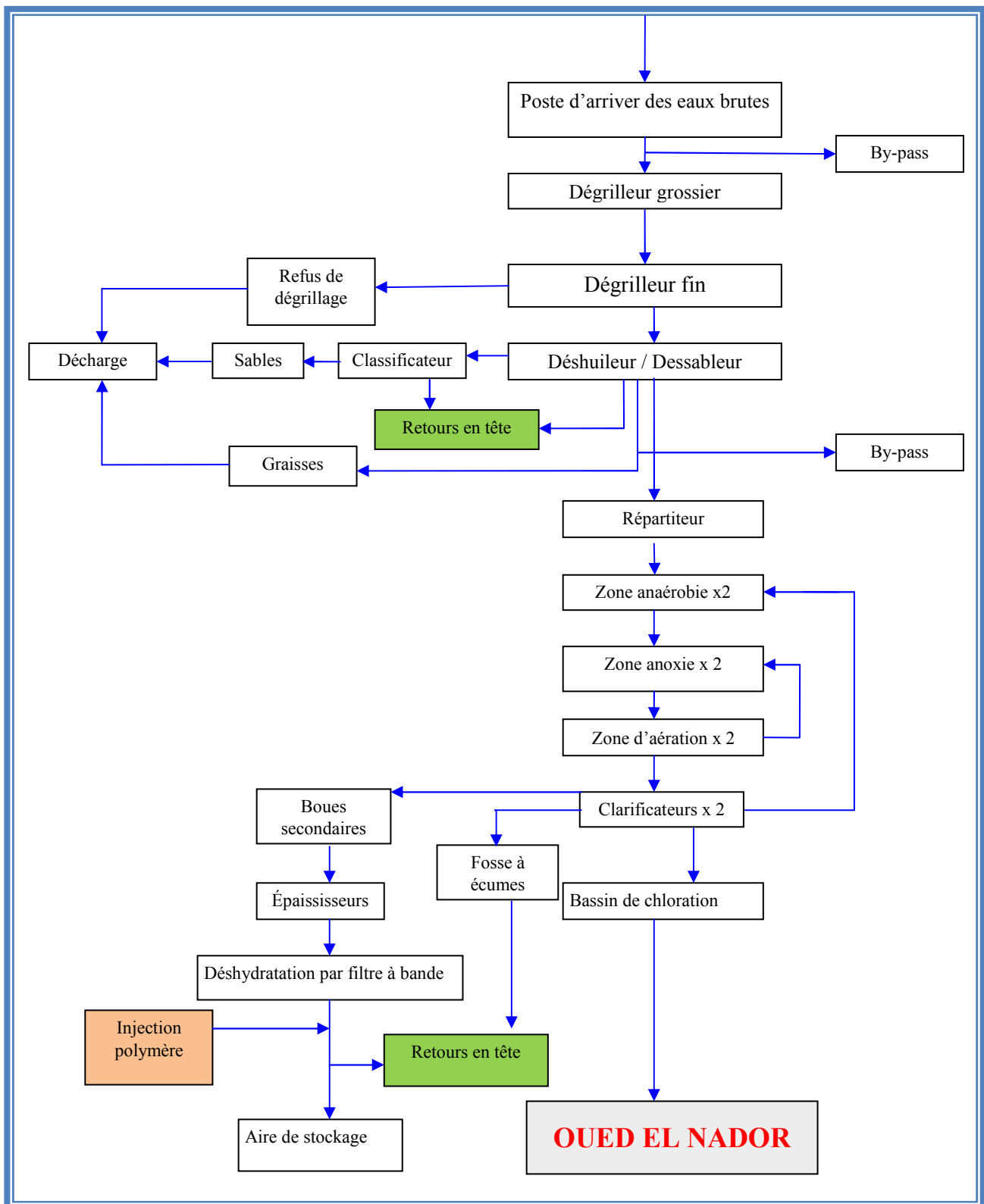


Figure 12 :Schéma général de la station d'épuration de HADJOUT.(SEEAL)



**Matériel
et Méthodes**

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP de Hadjout (Wilaya de Tipaza).

Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse de la STEP de Chenoua pour les analyses physico-chimiques et au niveau du laboratoire d'ADE de Cheffa et le laboratoire d'hygiène de Blida pour les analyses bactériologiques durant une période de 04 mois (allant de mois de Février au mois de Mai 2017).

I.1- Matériel

Nous avons utilisés un matériel biologique représenté par les prélèvements d'eaux brute et épurée et un matériel non biologique représenté par la verrerie, appareillages, milieux de culture et réactifs (voir annexe II)

I.2- Méthode de prélèvement :

Afin d'arriver à notre objectif, une série d'échantillon d'eaux usées brute et épurée qui ont été prélevés, ces échantillons ont été conservés dans une glacière à +4°C avant d'être acheminés vers le laboratoire.

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

- **Premier point** : à l'entrée de la station après le dégrilleur.
- **deuxième point** : à la sortie de clarificateur.

Tableau IX: Quantité et nombre de prélèvement.

	Étude bactériologique		Etude physico-chimique	
	EB	EE	EB	EE
Quantité de prélèvement	500ml	500 ml	1litre	1litre
Nombre d'analyses	4	4	8	8

EB : eau brute, EE : eau épurée.

I.2.1. Technique de prélèvement :

➤ Analyse physico-chimique :

- Prendre les bouteilles dans une glacière pour la conservation des échantillons à température 4°C.
- La prise des échantillons par un préleveur de 1L.
- Rincer les flacons plusieurs fois à l'eau brute et le préleveur.
- Noter si il y'a une odeur ou toute une anomalie.
- Noter la météo.

I.3. Conditionnement des échantillons

Analyse des eaux

L'analyse des paramètres physico-chimiques :

Méthodologie

Les analyses physico-chimiques sont résumées dans le tableau X. Chaque méthode est citée avec son principe.

Tableau X : 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.
Conductivité électrique	La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. L'appareil qu'a été utilisé est un conductimètre METTLER TOLEDO MC 226 que permet la détermination directe de conductivité électrique des solutions aqueuses.
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.
Demande biologique en oxygène	Les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau qui contient la matière organique biodégradable, consommant l'oxygène et produisent une quantité équivalente en anhydride carbonique (CO ₂), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple) pour piéger le CO ₂ , on aura une diminution progressive de la pression du gaz, qui est par la suite mesurée avec une élévation de niveau de mercure.
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.
Nitrates	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.

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.
Ortho-phosphates	Les ions phosphate réagissent en solution acide avec les molybdate et antimoine pur donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremolybdé.

I.3.1. Analyses Physico-chimiques

I.3.1.1 Température :

La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre. Le mode opératoire est le suivant :

- Prendre environ 100ml 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.

Expression des résultats :

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

I.3.1.2. Matière En Suspension (MES)

Mode opératoire :

La méthode appliquée pour cette analyse dépend de la charge des MES :

- **Méthode par centrifugation :**

Cette méthode est appliquée sur les eaux brutes :

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à une température ambiante.
- Homogénéiser le contenu du flacon, en l'agitant.
- Si cela est possible, introduire la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse et centrifuger à 4000 tr/mn durant environ 20 mn. Eliminer alors la phase claire et recueillir le dépôt (pour récupérer le reste du dépôt, utiliser un minimum d'eau distillée). Le volume de cet échantillon doit être tel qu'il conduise à la peser d'au moins 30 mg de matière en suspension.
- Si le volume d'échantillon nécessaire à la mesure excède la capacité du pot, opérer en plusieurs fois en récupérant à chaque fois le dépôt constitué, jusqu'à avoir centrifugé le volume requis.
- Sécher le creuset vide à 105°C, le passer au dessiccateur puis le peser (P0).
- Mettre le dépôt dans le creuset, sécher le tout à 105 °C pendant 2 heures. Passer au dessiccateur et peser à 0.500mg près. Recommencer les opérations de dessiccation et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.500 mg.

.*P1 : masse, en milligrammes, du creuset et son contenu après séchage à 105 °C et dessiccation.

• **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.

I.3.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Dans le but de déterminer l'acidité, neutralité ou la basicité de l'eau. La technique est la suivante :

- Vérifier l'étalonnage de l'appareil suivant la procédure constructeur ci jointe.
- Prolonger l'électrode dans la solution d'analyses.
- Mettre en service le pH mètre suivant la procédure constructeur.
- Lire le pH.

I.3.1.4. La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (PT) maintenus parallèles.

Si **R** est la résistance de la colonne d'eau en ohms

S est la section en cm² et **l** sa longueur en cm.

La résistivité électrique en ohms cm est : $P = R \cdot S / l$.

La conductivité électrique en S/cm $V = 1/P = 1/R = 1/S$.

1/S est appelé constante de l'élément de mesure.

I.3.1.5. Demande Biochimique en oxygène (DBO₅) par méthode standard

La technique à suivre

- Un échantillon d'eau est placé dans chacun des six flacons bruns du DBO mètre, connectés par leurs bouchons aux capteurs de pression de l'appareil. L'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon.
- Cet oxygène est consommé par les bactéries, pendant la période de mesure, pour oxyder les matières organiques.

- Les capteurs de pressions contrôlent la pression d'air dans les flacons d'échantillons. La variation de pression est convertie en mg/l de DBO lorsque la pression diminue dans les flacons.
- Le gaz carbonique (CO₂) qui produit par les microorganismes est absorbé par l'Hydroxyde de lithium placé dans la cupule (une cupule par flacon).
- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquat (Tableau XI).
- 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.

Tableau XI: Volumes utilisés pour la mesure de la DBO5 en fonction des concentrations de l'eau à analyser.

Gamme de DBO5 (mg/l)	Volume d'échantillon nécessaire (ml)
0-35	420
0-70	355
0-350	160
0-700	95

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

I.3.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO)

Ce protocole a pour objet de la mesure de la demande chimique en oxygène.

Le Mode Opératoire est le suivant :

- Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène.
- Pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution.
- Fermer la cuve et nettoyer l'extérieur de celle-ci et mélanger.
- Chauffer dans le thermostat pendant 2h à 148°C.
- Sortir la cuve chaude retournée avec précaution.
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

Expressions et 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).

I.3.1.7. Dosage nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates sont dosés par la méthode de Kit hach LCK339.

La technique est la suivante :

- Pipeter 1ml d'échantillon dans la cuve à code barre.
- Ajouter 0,2ml de solution A. (voir annexe)
- 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 15min ; Insérer la cuve dans le spectrophotomètre (**DR2800**).

Expressions des résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l

I.3.1.8. Dosage Nitrites (NO₂⁻) par méthode standard

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

I.3.1.9. Dosage d'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est dosé par méthode kit Hach LKC 341 (figure 13) (annexe I). Le Protocol est le suivant :

- 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.

Expressions de résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

I.3.1.10. L'Azote Total Kjeldahl (NTK)

C'est une appellation qui désigne la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. L'azote qui se retrouve sous forme oxydée, tel que les nitrites ou les nitrates par exemple, n'est pas mesuré par cette méthode.

Les composés azotés mesurés par cette méthode proviennent principalement de la dégradation bactérienne des composés organiques provenant de l'azote.

I.3.1.11. Dosage des ortho-phosphates

Les orthophosphates sont mesurés par la méthode kit Hach LKC 350 (figure 14) (annexe I). La technique est la suivante :

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosicap Zip.
- Dévisser et Pipeter 0.4 ml d'échantillon ensuite visser la cuve dirigeant le cannelage vers 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 mesuré.

Expressions de résultats :

Les résultats sont exprimés en mg/l.

I.3.1.12. Contrôle de la boue activée

L'indice de décantation

Permet de déterminer le volume de floccs biologiques présent dans un litre de boues activées. Suivant le mode opératoire :

- Mettre dans une éprouvette 1L de l'eau provenant de bassin d'aération, prélevée après 20 à 25 minutes de fonctionnement du système d'aération ;
- Après une décantation de 30 minutes, on détermine le volume (en ml) occupé par les boues.

I.3.1.13. Matière sèche

- Prélever dans une fiole jaugée un volume (V) de l'échantillon à analyser (l'eau) ;
- Nettoyer la capsule à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué ou à l'acide nitrique dilué tiède puis à l'eau distillée, la sécher par passage à l'étuve à 180°C ;
- Laisser refroidir la capsule presque jusqu'à la température ambiante ;
- Puis la placer dans un dessiccateur pendant environ 15 min et la peser, soit M_0 la masse de la capsule à vide ;

- Laisser évaporer progressivement la prise d'essai introduite dans la capsule .Il est recommandé de ne remplir la capsule que jusqu'à mi-hauteur ;
- Une fois l'eau est évaporée, placer la capsule dans l'étuve réglée à la température souhaitée (105°C) pendant 24h et (180°C) pendant 3 à 4h ;
- Laisser refroidir la capsule et son contenu jusqu'à la température ambiante ;
- Puis la placer dans un dessiccateur pendant 15min environ et peser, soit M_1 la masse de la capsule après chauffage à 105°C et M_2 la masse de la capsule après chauffage après 180°C.

Expression des résultats

La MS exprimée en mg/l, est donnée par l'expression :

$$MS \text{ à } 105^\circ\text{C (mg/l)} = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{v} = M_2$$

V : Volume en millilitre de la prise d'essai ;

M0 : Masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation ;

M1 : Masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C.

I.3.1.14. L'indice de MOHLMAN

Principe :

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boue correspondant à 1 mg de matière sèche (**RODIER *et al.*, 2005**). Il est utilisé pour apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation (Tableau XII). Le mode opératoire est le suivant :

- Introduire dans une éprouvette 1 litre de boues provenant de bassin d'aération, prélevées après 15 à 20 minutes de fonctionnement du système d'aération.
- Déterminer le volume (en ml) occupé par les boues après décantation d'une demi-heure.
- Déterminer par ailleurs la teneur en matières sèches d'un litre de boues à analyser.

Expression des résultats

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport

$$IM = \frac{\text{Indice de décantation (ml/l)}}{\text{Masse de la matière sèche (mg/l)}}$$

TableauXII : Relation entre l'indice de boue et la décantation des boues.

IB en mg/l	Signification
< 50	Floc bactérien trop fin, trop granuleux
50 < IB < 100	Floc bactérien bien constitué, bonne décantation, situation idéale
100 < IB < 150	Floc normalement constitué, décantation normal
150 < IB < 200	Floc légère, décantation ralentie
> 200	Floc gonflé et très léger, décantation mauvaise

I.3.1.15. La Siccité (SC)

La siccité (**sc**) est le pourcentage massique de la matière sèche, elle est évaluée par la quantité de solide restée à 105°C pendant deux heures, elle s'exprime généralement en pourcentage à l'inverse, on parlera de taux d'humidité (Tableau XIII).

- Peser le creusé vide sèche soit **P0**.
- Prendre une quantité de la boue d'un lit de séchage.
- Peser ensemble le pèse-tare et la boue soit **P1**.
- Mettre le creuse à l'incubateur à 105°C pendant 4 heures (jusqu'à ce que le poids se stabilise) soit **P2**.

Le calcul de la siccité se fait par la formule suivante :

$$Sc = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} * 100$$

P0 : creuse vide.

P1 : creuse avec l'échantillon.

P2 : creuse après séchage.

TableauXIII: Etat physique de boues.

Etat	Siccité
Liquide	< 10%
Pâteux	12% à 25%
Solide	25% à 85%
Sec	> 85%

I.3.2. Analyses bactériologiques

Avant d'entamer les analyses bactériologiques des eaux brutes et épurées des séries de dilutions (de 10^{-1} à 10^{-6}) à partir de la solution mère sont réalisées (figure 15).

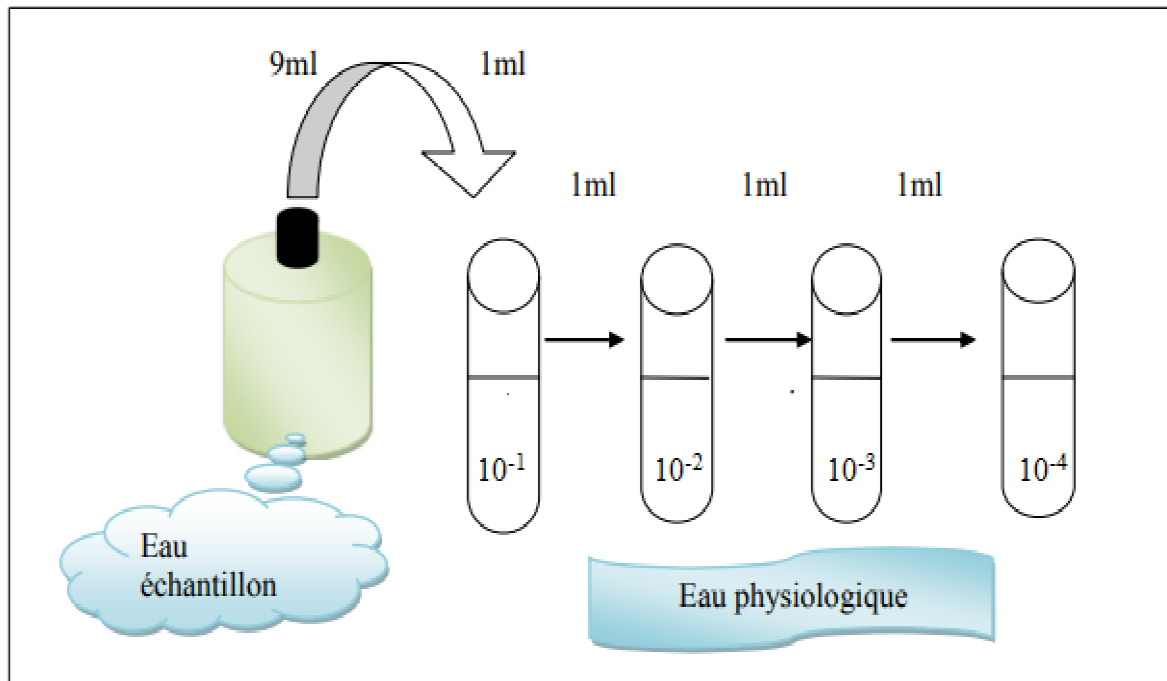


Figure 15 : Schéma de préparation des dilutions jusqu'au 10^{-6}

Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP) :

Pour les germes indicateurs d'une contamination fécale, on a utilisé la méthode NPP Méthode statistique de dénombrement des micro-organismes en milieu liquide (Méthode dite du nombre le plus probable).

▪ Principe :

L'isolement et le dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale tels que : les Coliformes Totaux (CT) et les Coliformes thermotolérants (CF) et Stréptocoques fécaux (SF) sont effectués en milieu liquide

I.3.2.1. Coliformes totaux et fécaux

▪ Test de présomption : la recherche des coliformes totaux

Il est effectué en utilisant le bouillon en pourpre de bromocrésol (BCPL) tous les tubes sont munie d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement du gaz dans le milieu. On utilise du BCPL en double et simple concentration (figure 16).

- Prendre 09 tubes de BCPL.
- Pipeter et verser dans chaque tube 1ml à partir des dilutions précédentes.
- Incuber les 09 tubes dans une étuve à $T=37^{\circ}\text{C}$ (la lecture après 24 et 48h).

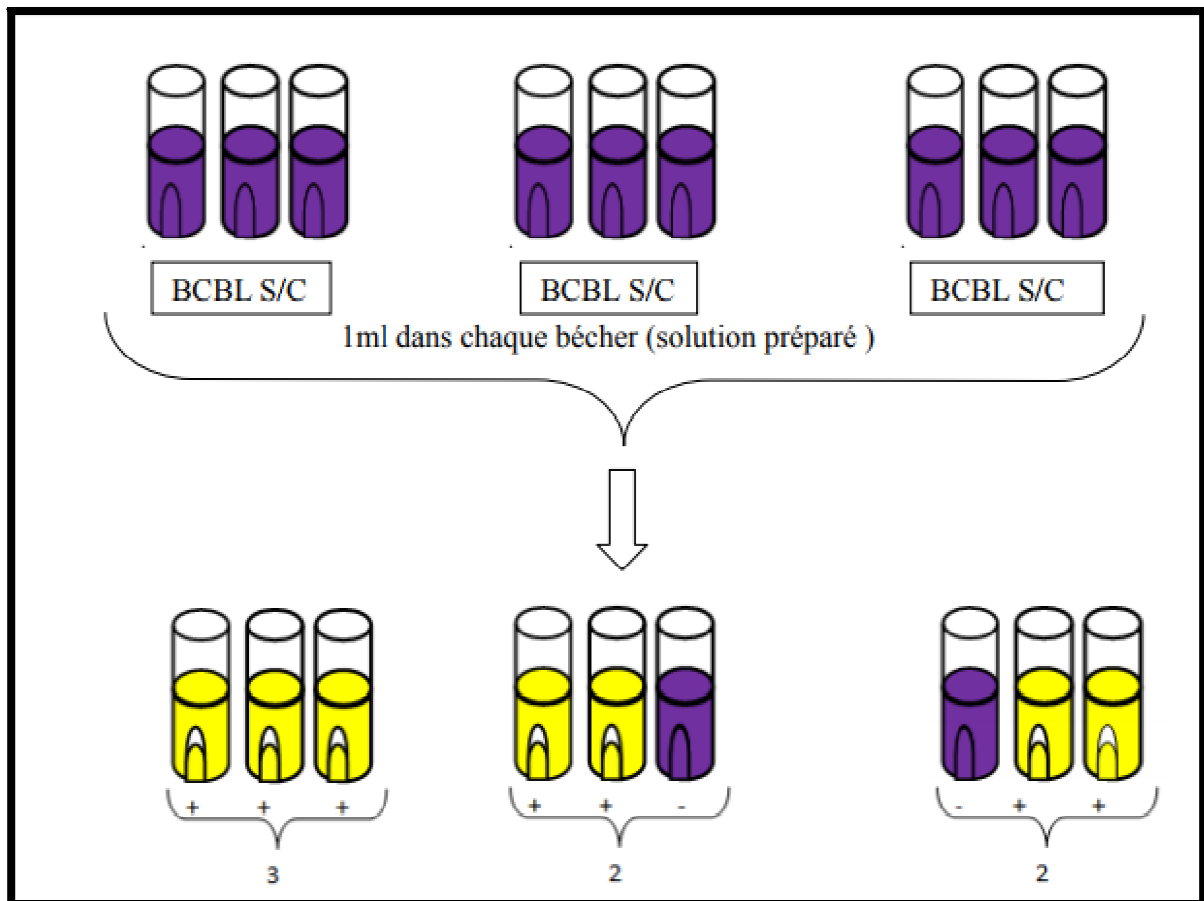


Figure16 : Test de présomption des coliformes totaux.

Test de confirmation : recherche des coliformes fécaux

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche des Coliformes, ensemercer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole-mannitol (milieu Schubert) muni d'une cloche de Durham. L'incubation se fait cette fois-ci étuve à 44°C pendant 24 à 48h.

▪ lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Une production des gaz.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (figure 17).

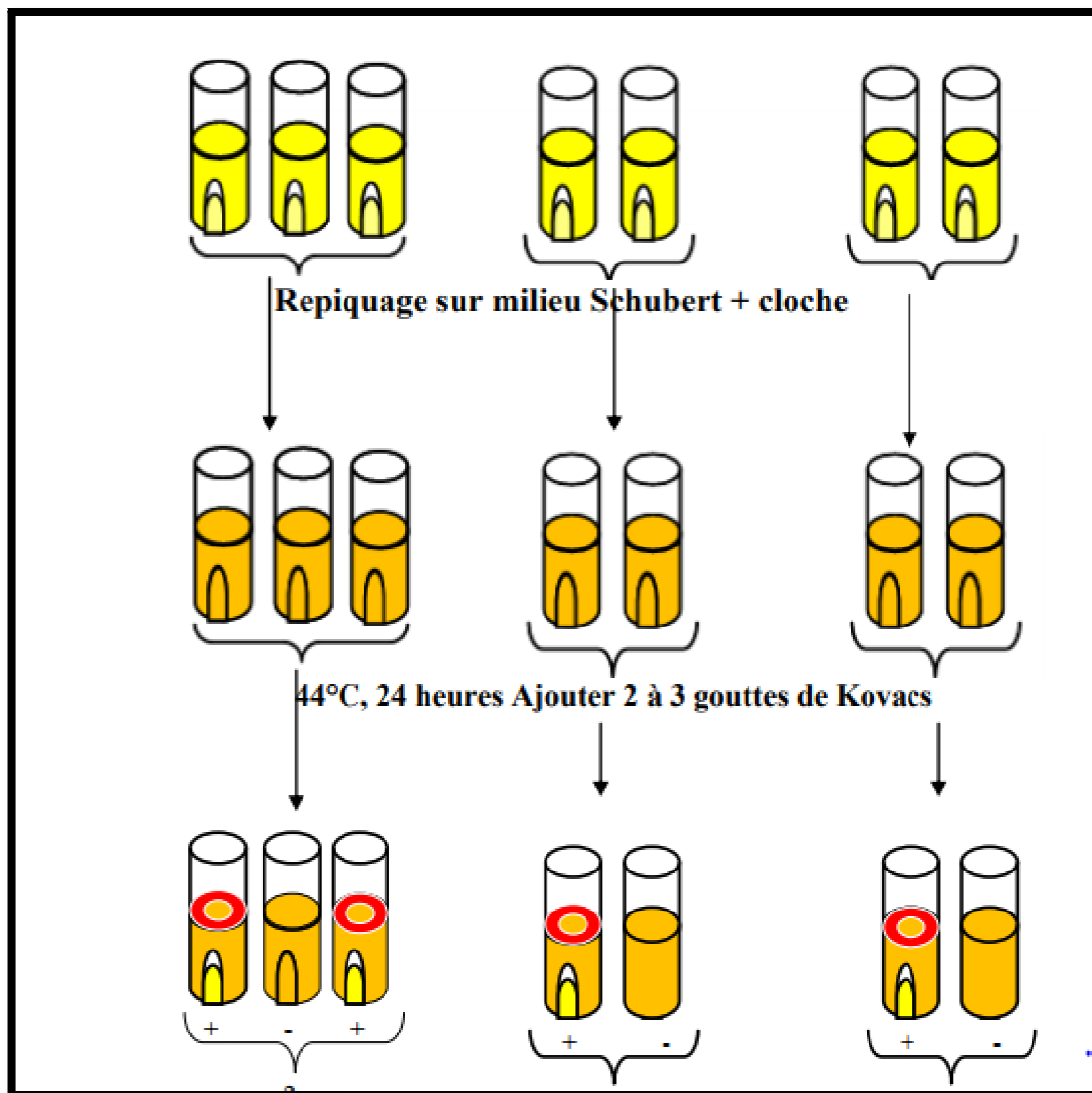


Figure 17 : Test de confirmation des coliformes fécaux.

I.3.2.2. La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux

Test des confirmations : la recherche des streptocoques fécaux

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans tube contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

▪ Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes (figure 18).

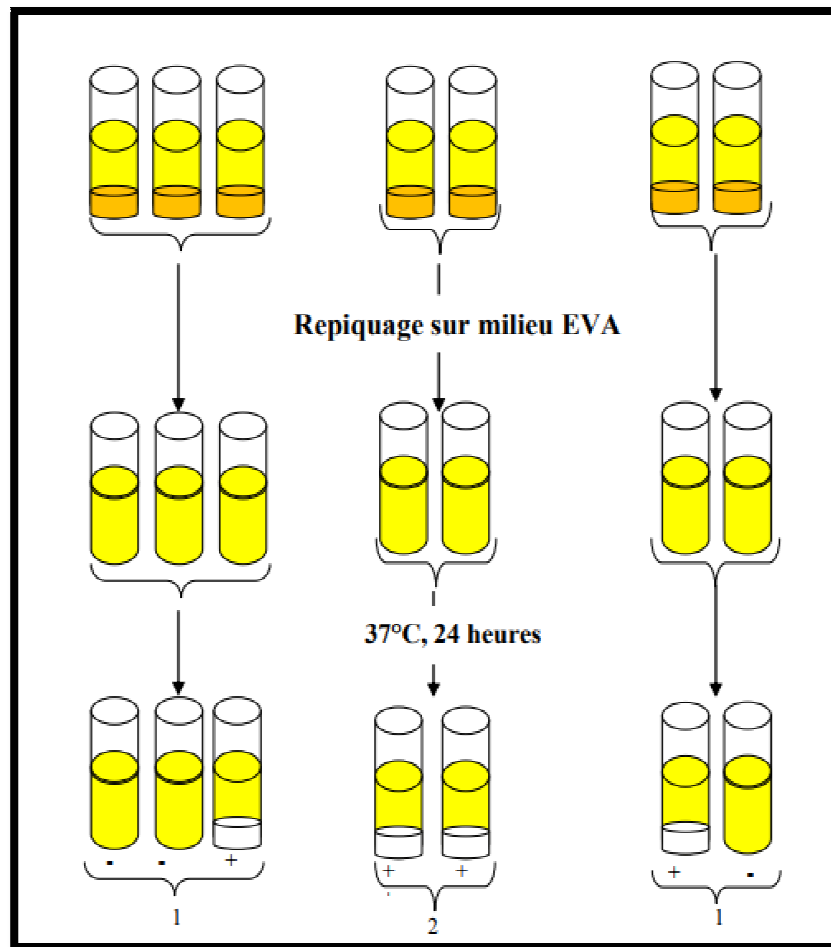


Figure 18 : Test de confirmation des streptocoques fécaux.

Bactéries pathogènes

I.3.2.3. Bactéries anaérobies sulfite réducteurs (ASR)

Ce test permet de mettre en évidence une pollution fécale ancienne, en effet, le caractère sporulant de ces germes sont plus résistantes que les autres formes.

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 incubé 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.

I.3.2.4. Salmonelles

La recherche des salmonelles se fait par la méthode qualitative réalisée en trois étapes successives : le pré enrichissement, l'isolement, et l'identification biochimique (Figures 19, 20) (annexe I).

– La recherche des Salmonelles comporte plusieurs étapes.

• Pré-enrichissement

– Inoculation du milieu liquide (eau peptonée tamponnée), ajouter l'échantillon à un volume égal d'eau peptonée tamponnée, puis incubation à 37 °C pendant 16 heures au moins et 20 heures au plus.

• Enrichissement

- Cette étape consiste en l'inoculation du milieu sélectif SFB à partir du bouillon de préenrichissement puis incubation à 37°C pendant 48 heures.

• Isolement

- Inoculation du milieu sélectif solide Hektoen à partir du bouillon d'enrichissement ; l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- Identification des colonies présumées à l'aide de tests biochimiques ou sérologiques.

- 100ml d'eau prélevée + 100ml d'eau peptonée tamponnée

- Incubation à 37°C pendant 24h

- Prélèvement de 3 à 5 gouttes et les ajouter au Bouillon SFB : 20ml

- Incubation à 37°C pendant 24h.

On prend 0.1ml à partir du tube positif, on étale les stries sur le milieu SFB, après incubation à 37 °C pendant 24h.

▪ Lecture :

On obtient des colonies verdâtres avec centre noir.

I.3.2.5. Vibrions cholériques**Mode opératoire**

La recherche des vibrions cholériques se fait en 3 étapes :

Un enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA). A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 250ml dans un flacon contenant 50ml de milieu EPA 10 fois concentré, puis incubation à 37°C pendant 6, 18 à 24 heures. La solution obtenue est appelée EPA_I.

La solution EPA_I fera l'objet, d'une part d'un deuxième enrichissement (EPA_{II}) qui consiste à ensemencer 1ml d'EPA_I dans un tube contenant 10 ml d'EPA, d'autre part, d'un isolement sur GNAB_I (Gélose Nutritive Alcaline Biliée). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Consiste d'une part à l'isolement du tube EPA_{II} sur GNAB_{II} puis incubation à 37°C pendant 24 heures et d'autre part à la lecture de la boîte gélose GNAB_I.

La lecture se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques, en tenant compte que des vibrions se présentant le plus souvent sous forme de colonies lisses et transparentes.

Méthode de recherche :

Lecture :

- 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.

I.3.2.6. Staphylocoques

Recherche des Staphylocoques sur le milieu de Chapman gélosé Préparation du milieu :

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant la gélose Chapman, et la couler dans des boîtes de pétri ; puis sécher.

Ce milieu est caractérisé par sa forte concentration en chlorure de sodium ce qui permet un isolement sélectif des staphylocoques. La fermentation du mannitol est indiquée par le virage au jaune de l'indicateur coloré, « le rouge de phénol », autour des colonies (**RODIER et al, 1996**).

– Ensemencement :

A partir de la solution mère et des dilutions décimales, on porte aseptiquement 0.1ml (2 gouttes) dans les boîtes de pétri qu'on étale à l'aide d'un râteau (ou en utilisant la méthode des cadrans).

- **Incubation :** L'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures.
 - Ajouter 0.1ml de la solution mère au Gélose Chapman
 - Incubation à 37°C pendant 48h

Lecture : colonies jaune doré vont faire l'objet d'une identification biochimique.

• Test de catalase :

Cette enzyme catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui est produit par certaines réactions cellulaires et est très toxique, donc c'est l'une des enzymes chargée d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation.

La réaction catalysée est la suivante : $2 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Le test de la catalase consiste essentiellement à ajouter du peroxyde d'hydrogène à des bactéries : la présence de catalase donne lieu à l'apparition de bulles d'oxygène.

Lecture

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

I.3.3. 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).

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



**Résultats
et discussion**

II.1. Débits

Le tableau XIV et la figure 21 montrent que le débit de la station de HADJOUT n’a jamais augmenté au-dessus du débit nominal **11200 m³**.

On peut déduire que les teneurs en charge du débit sont conformes au débit nominal. Pour que la station n’enregistre aucune défaillance, il suffit que le débit soit constant c’est-à-dire **11200m³**.

Tableau XIV: Variation des débits journaliers en fonction des prélèvements.

Prélèvement	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Entrée	3864	3781	3231	3315	3426	2751	3260	3890
Sortie	3478	3403	2908	2984	3083	2476	2934	3501

Total brute : 27518m³ Total épurée : 24767 m³

Moyen brute : 3440 m³ Moyen épurée : 3096 m³

Soit nominal : 11200 m³

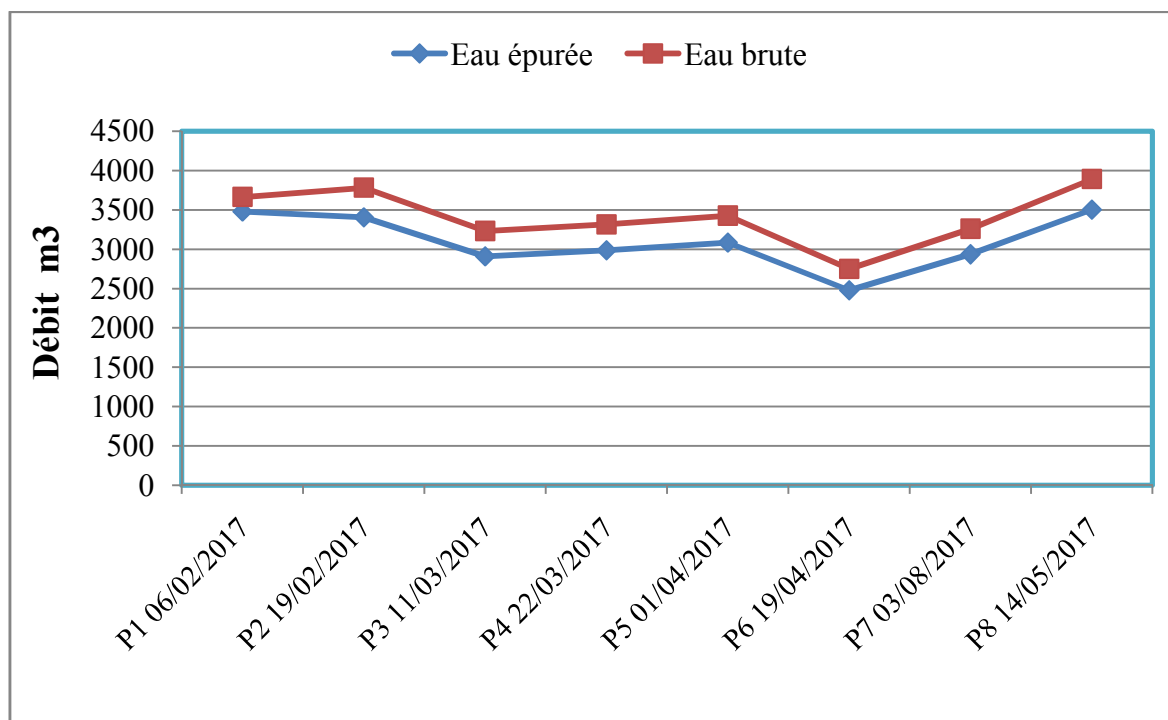


Figure 21 : variation du débit par rapport à l’entrée et la sortie.

II.2. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux ont été effectués pour montrer l'épuration des eaux usées traitées dans la station de HADJOUT. Les résultats comparatifs et évolutifs entre les eaux brutes (EB) et les eaux épurées (EE) obtenus sont comparés avec les normes de l'OMS et de JORA afin d'évaluer la qualité de ces eaux.

II.2.1. Température

A l'entrée, les valeurs de la température des EB sont comprises entre 14.9°C et 21.30°C avec une moyenne de 18.8°C et pour ceux des EE sont comprises entre 16.1°C et 20.7°C avec aussi une moyenne de 18.8°C (figure 22), (tableau XV, XVI) (annexe III).

Les résultats sont étroitement liés à la température de l'air qui ne dépasse pas 28°C. Ces résultats restent acceptables par rapport aux normes de l'OMS et du JORA (30°C) (tableau XVII) (annexe III).

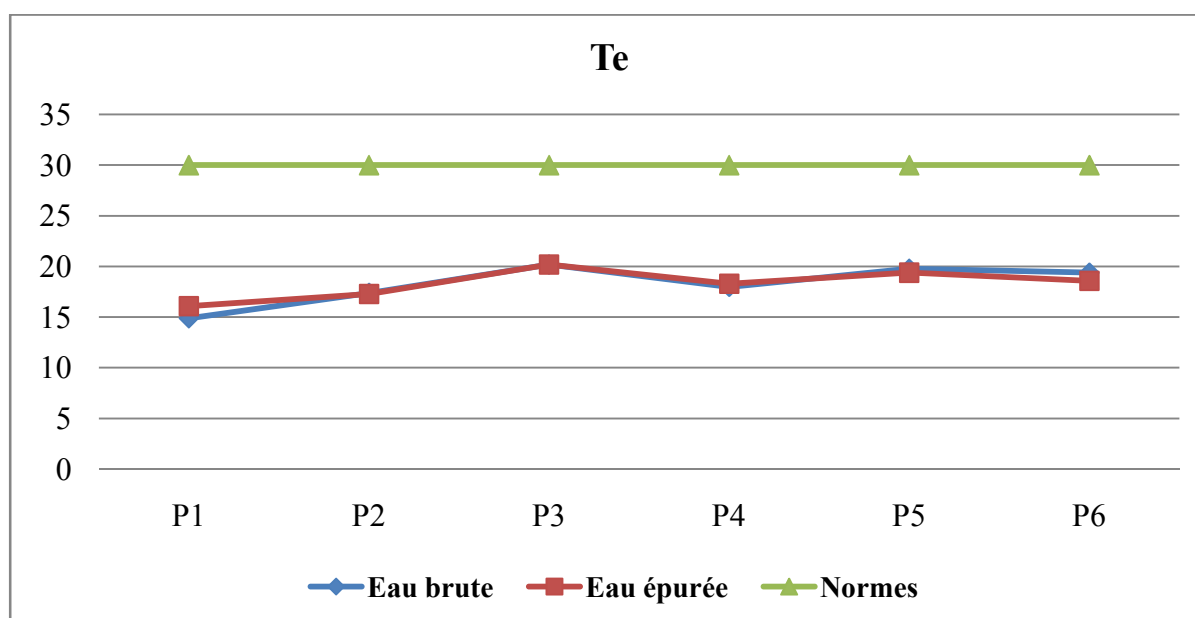


Figure 22 : La variation de la température.

Selon **MEINCK et al. (1977)**, la température de l'eau est très importante, car elle intervient dans plusieurs paramètres, principalement dans le cas d'oxygène dissous qui est indispensable pour les êtres vivants aérobiques, responsables de l'épuration de l'eau. Plus la température élevée, plus la quantité d'oxygène diminue.

Nos résultats sont très acceptables car d'après **BECHAC et al. (1984)**, le fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseur) nécessite un effluent présentant une température inférieure à 30°C.

II.2.2. Potentiel d'hydrogène

Les valeurs du pH des EB sont comprises entre 7.37 et 7.9 avec une moyenne de 7.73. Alors que celles des EE sont comprises entre 7.75 et 8.2 avec une moyenne de 7.9 (figure 23), (tableau XV, XVI) (annexe III).

Nos résultats sont conformes à la norme donnée par l'OMS et JORA. D'après tableau XVII (annexe III).

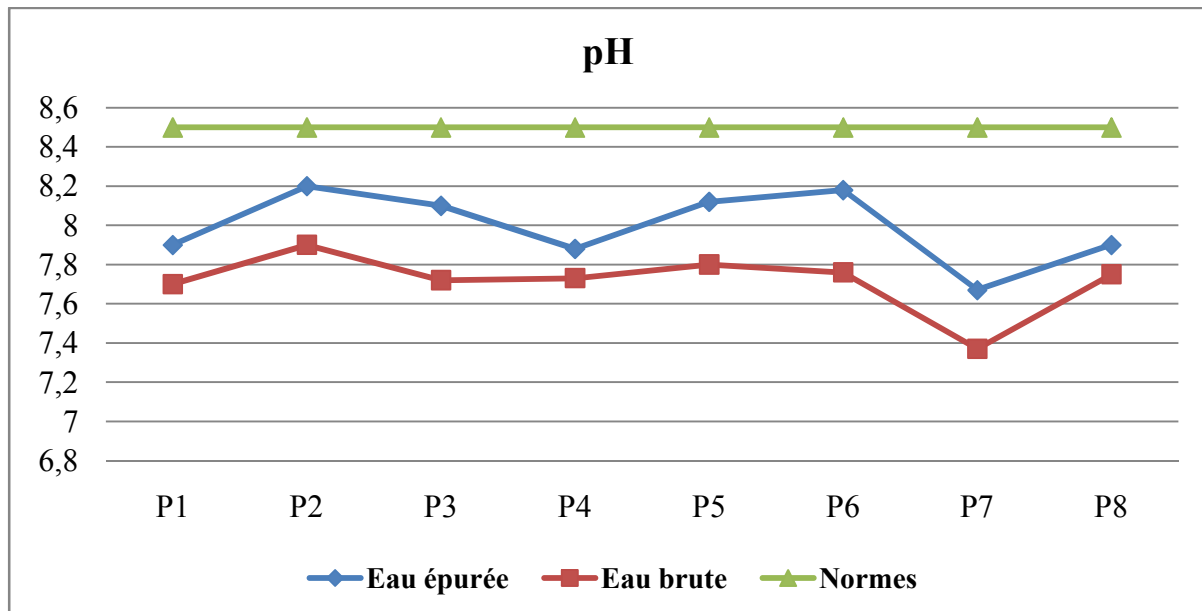


Figure 23 : La variation du pH.

Selon REJESK, 2002. Une incidence écologique forte sur les organismes aquatiques et aux réactions chimiques et/ou réactions biologiques qui produisent des ions basiques et entraînent une basification du milieu.

II.2.3. Conductivité électrique (CE)

D'après la figure 24, les valeurs de la conductivité de l'eau brute, varient entre 2130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celles des EE oscillent entre 1894 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2230 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On remarque dans la figure 24, que les valeurs des EB et EE qui sont dans le tableau XV, XVI (annexe III) 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 pourrait être retenue dans les boues.

En plus les valeurs sont très élevées en comparant avec celles de la norme d'OMS 2006 (1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (mentionnées dans tableau XVII annexe III). Par ailleurs les valeurs des eaux résiduaires dépassent 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ce qu'implique selon RODIER et al. (2005), que ces eaux présentent une minéralisation élevée.

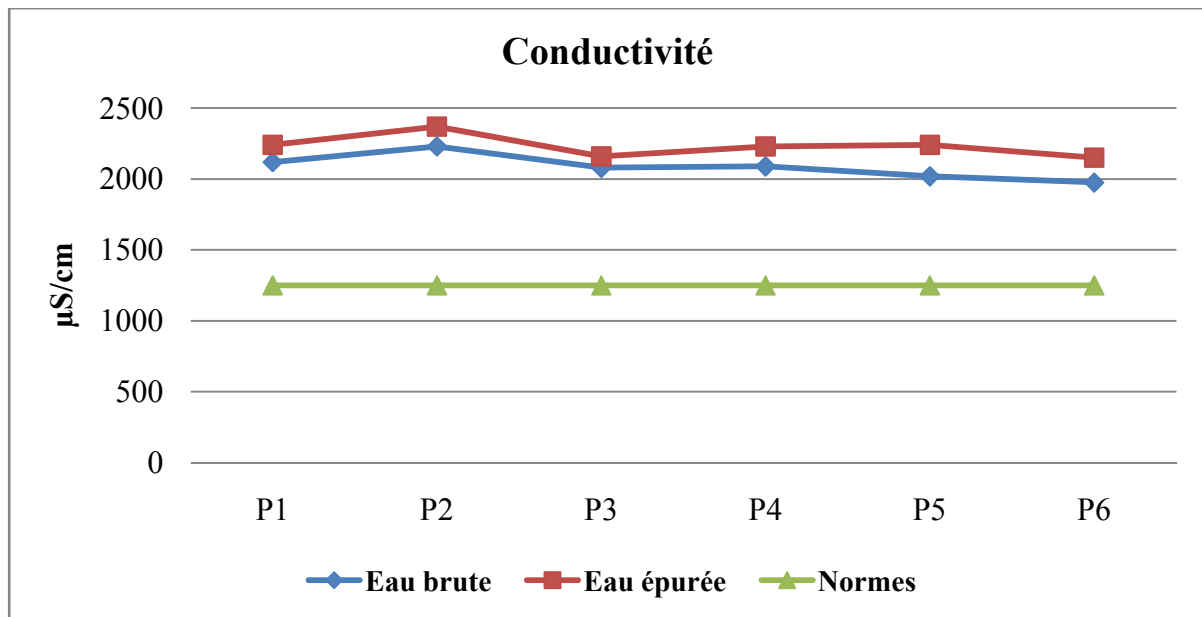


Figure 24 :La variation de la conductivité (CE).

Selon SALGHI (2007), la conductivité électrique d’une eau usée dépend essentiellement de la polarité de l’eau potable utilisée, des micro-organismes et des activités industrielles.

II.2.4. Matière en suspension (MES)

Les résultats d’analyses montrent que la station a reçu des charges élevées en MES pendant la période estivale car le cumul d’eau qui est tombé durant cette période a provoqué la remise en suspension des dépôts et a augmenté les valeurs entre 54 mg/l et 544mg/l (figure25).

Après l’épuration des eaux usées presque la moitié des MES ont été éliminées dont les valeurs enregistrées variant entre 14 mg/let 4.50 mg/l (tableau XV, XVIannexeIII). En outre les valeurs des EB ne sont pas conformes aux normes données par l’OMS (30mg/l) et par JORA (35mg/l) (tableau XVII)(annexe III).

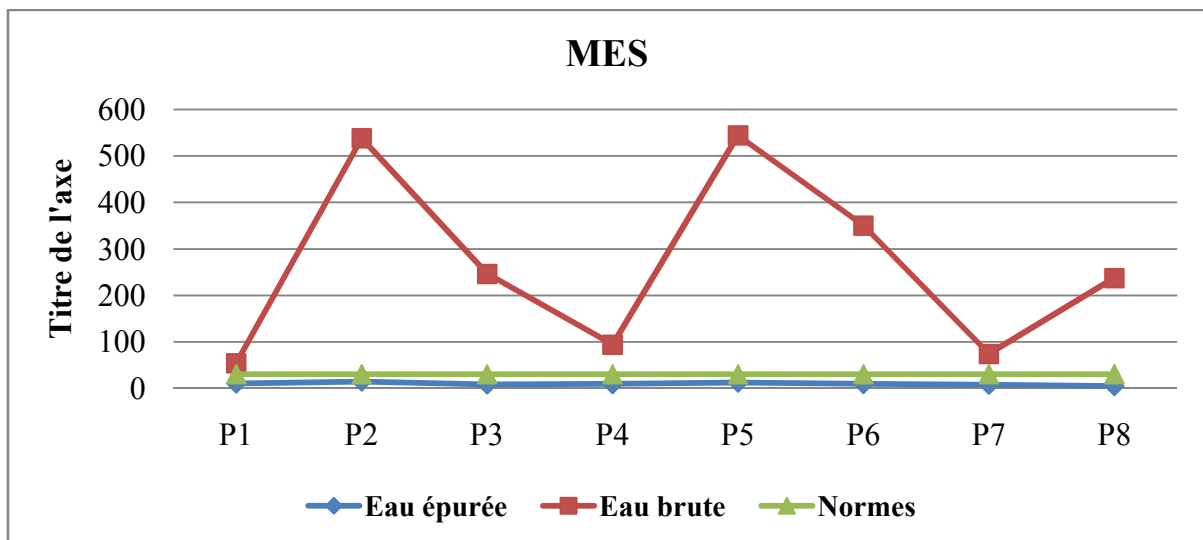


Figure 25 :La variation des MES.

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).

Selon **BAUMONT (2005)**, la présence de ces matières en suspension dans les différents rejets gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer le germe pathogène.

II.2.5. Matières Volatiles Sèches (MVS)

Les MVS représentent 80 à 85% des MES, elles sont donc en relation avec les MES. Le calcul de ce paramètre se fait au niveau des eaux brutes uniquement car elles sont riches en carbone organique qui est utilisé par la biomasse épuratrice au niveau du bassin d'aération.

Les résultats obtenus durant notre étude sont représentés dans **la figure 26**, à l'entrée, les valeurs enregistrées oscillent entre 22 mg/l et 322 mg/l avec une moyenne de 131 mg/l. (tableau XV, annexe III).

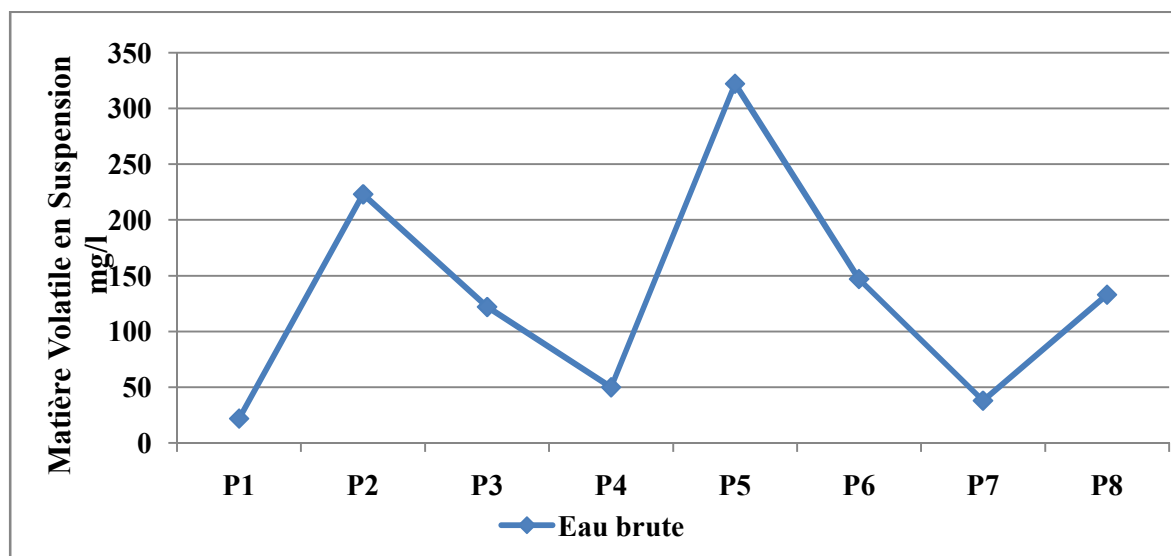


Figure 26 : La variation des MVS des eaux brutes.

II.3. Paramètres de la pollution organique

II.3.1. Demande chimique en Oxygène (DCO)

D'après la figure 27 les teneurs en DCO à l'entrée qui sont pratiquement plus élevées à celles de la DBO5 avec un maximum de 541 mgO₂/l, ceci implique la présence d'une fraction des matières organiques non biodégradables.

Selon **REJESK(2002)**, ces valeurs sont dans la gamme de **300 à 700 mgO₂/l** confirmant ainsi l'origine du rejet.

Au niveau du bassin d'aérobie, la fraction de la DCO biodégradable est décomposée par l'activité des micro-organismes épurateurs, tandis que la fraction non biodégradable particulière est éliminée par sédimentation au niveau du clarificateur. On remarque que les valeurs de DCO de l'eau épurée présentent de l'ordre de (27 à 62.30 mgO₂/l) (représentées dans les tableaux XV, XVI) (annexe III).

Ces valeurs sont inférieures aux normes de l'OMS et du JORA (<90 mg d'O₂/l), mais elles sont supérieures à celles des eaux brutes par rapport la norme (tableau XVII) (annexe III)

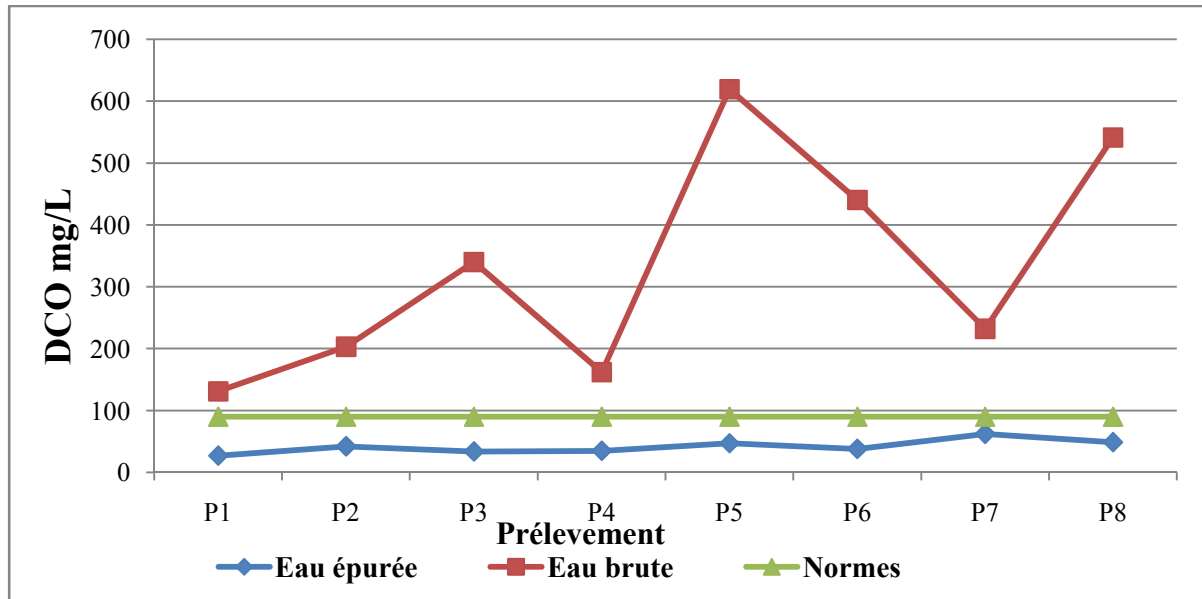


Figure 27 : La variation des DCO.

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 GUERREE. 1978).

II.3.2. Demande biologique en Oxygène (DBO₅)

D'après les résultats obtenus dans la figure 28, nous remarquons que la valeur maximale de la DBO₅ est de 290 mgO₂/l dans les eaux brutes (tableaux XV) (annexe III). Les résultats de l'eau épurée ne dépassent pas les normes qui sont de 30 mgO₂/l. (tableau XVII) (annexe III).

L'abaissement de ces valeurs dans l'eau épurée est dû au passage dans le déssableur, qui permet l'élimination une quantité de la DBO₅ (pourcentage considérable des matières organiques et des matières minérales), mais la grande quantité de la DBO₅ est éliminé dans les bassins d'aération.

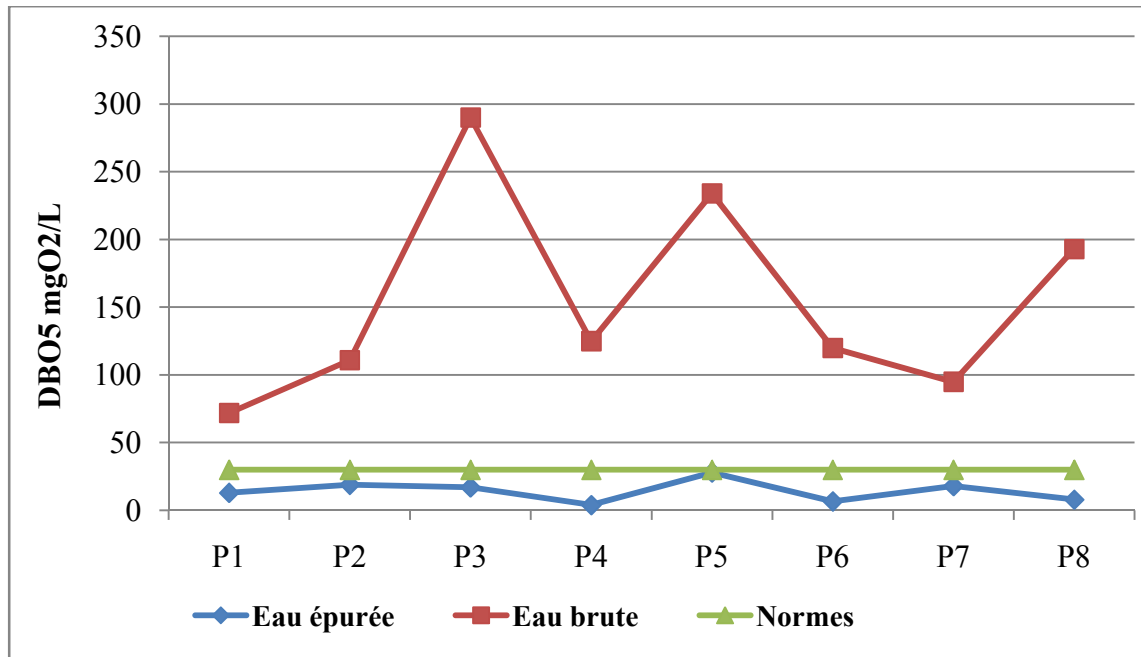


Figure 28 :La variation des DBO₅.

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

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

II.3.3. Azote total N_T

Les valeurs de l'azote total (N_T) de l'eau brute enregistrées durant toute la période d'étude varient entre 24 et 320mg/l (figure 29) et tableaux XV(annexe III).

L'azote total constitue une forme globale de nitrite (NO₂⁻) et les nitrates (NO₃⁻). Les traitements biologiques peuvent transformer (NO₂⁻) en (NO₃⁻) par des bactéries nitrosomonas et la quantité d'oxygène de l'eau n'est pas suffisante pour poursuivre l'oxydation jusqu'au stade de l'azote total.

Les résultats de l'eau épurée ne dépassent pas 40 mg/l. ce qui est conforme aux normes (tableau XVII)(annexe III).

Cette faible diminution peut être expliquée par le phénomène de dénitrification biologique développée dans le bassin biologique.

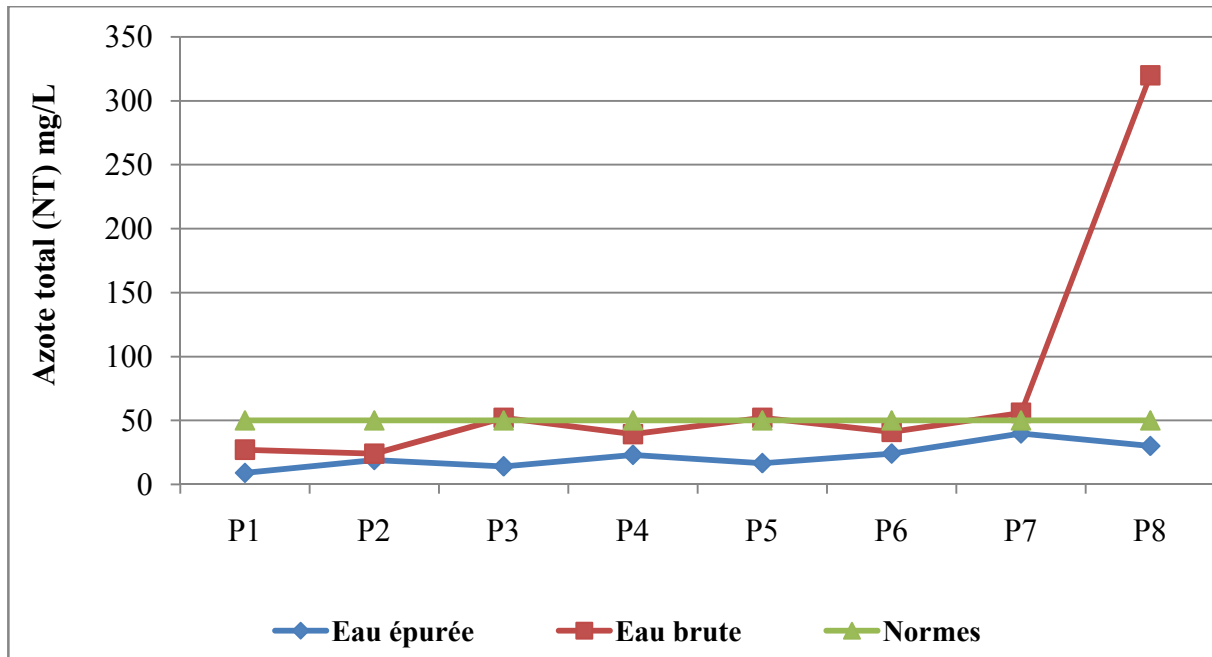


Figure 29 : La variation d’azote total.

II.3.4. Phosphore total P_T

D’après la figure 30 et les tableaux XV, XVI (annexe III), les concentrations du phosphore total de l’eau brute sont comprises entre (2.30 et 6.66 mg/l). On remarque aussi à la sortie de la station, des concentrations faibles de phosphore qui varient entre (0.5 et 4.79 mg/l), Cette forte diminution de teneur du phosphore dans l’eau épurée est due au métabolisme microbienne (consommation du phosphore par les micro-organismes des boues activées).

Les résultats sont conformes aux normes de l’OMS à cause du procédé de déphosphatation au niveau de cette station (tableauXVII)(annexe III).

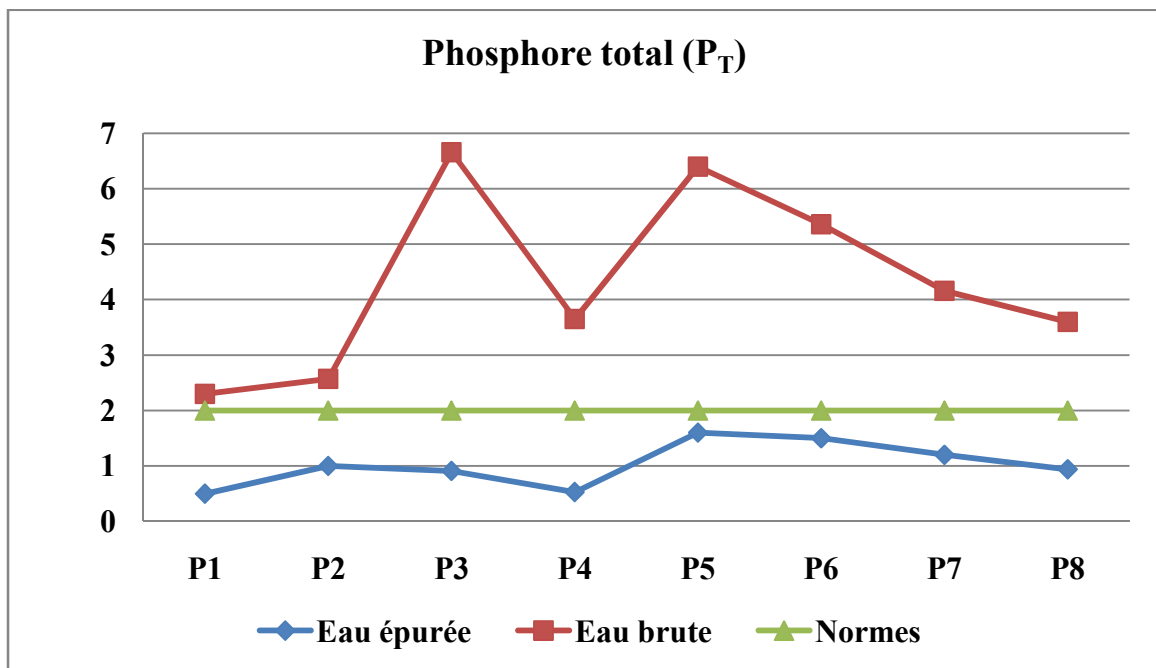


Figure 30 : La variation de phosphore total.

II.3.5. Rapport de biodégradabilité de la (DCO/DBO5)

L'estimation du coefficient de biodégradabilité K est très important pour la recherche de la qualité de l'effluent (*cfr* rapport DCO/ DBO5 partie bibliographique).

Un coefficient K élevé peut traduire la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne tels que les détergents et les hydrocarbures. Pour une eau usée domestique K est entre 2 et 2.5.

Les valeurs enregistrées pour ce paramètre tableau XVIII sont inférieures à 3 ; ce qui confirme que les eaux usées reçues, au niveau de la STEP, sont moyennement biodégradables.

Tableau XVIII: Variation de rapport DCO/DBO5 des eaux brutes.

Prélèvements	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
Entrant	1.8	1.8	1.1	1.3	2.6	2.5	2.4	2.8
K= DCO/DBO ₅								

II.3.6. Ortho phosphates (PO₄³⁻)

Selon la figure 31, à l'entrée de la station les valeurs des EB sont élevées et comprises entre 1.72 mg/l et 4.51 mg/l avec une moyenne de 3.33 mg/l. À la sortie de la STEP, les valeurs oscillent entre 0.49 mg/l et 3.18 mg/l (Tableaux XV, XVI) (annexe III).

On note qu'il n'y a pas vraiment une réduction significative par rapport à la concentration maximal de l'eau brute qui est égale à 4.51 mg/l et qui est peut être due à la présence de bactéries phosphatantes dans le bassin d'aération dans la station.

La moyenne des EE sont conformes aux normes, d'OMS et JORA (<2mg/l) (tableau XVII).

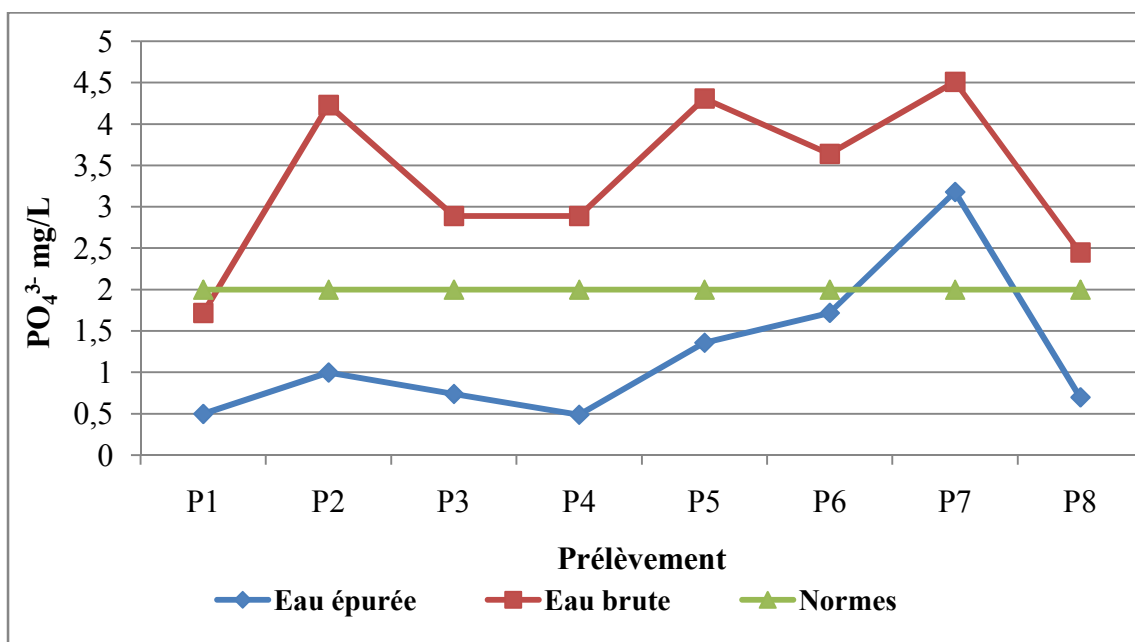


Figure 31 : La variation d'orthophosphate.

Le traitement de phosphorisation est un traitement physico-chimique qui permet la précipitation des phosphates (REJESK, 2002).

II.3.7. Azote ammoniacal (NH_4^+)

Les valeurs d'azote ammoniacal à l'entrée (eau brute) varient entre un minimum de 17,1 mg/l et le maximum 36,7 mg/l avec une moyenne de 25,8 mg/l. (tableau XV) (annexe III).

A la sortie, de la station les concentrations varient entre un minimum de 2,8 mg/l et un maximum de 35,2 mg/l avec une moyenne de 17,1 mg/l (tableau XVI) (annexe III).

Ces valeurs ne concordent pas avec ceux de la norme de l'OMS qui est 1 mg/l (tableau XVII)

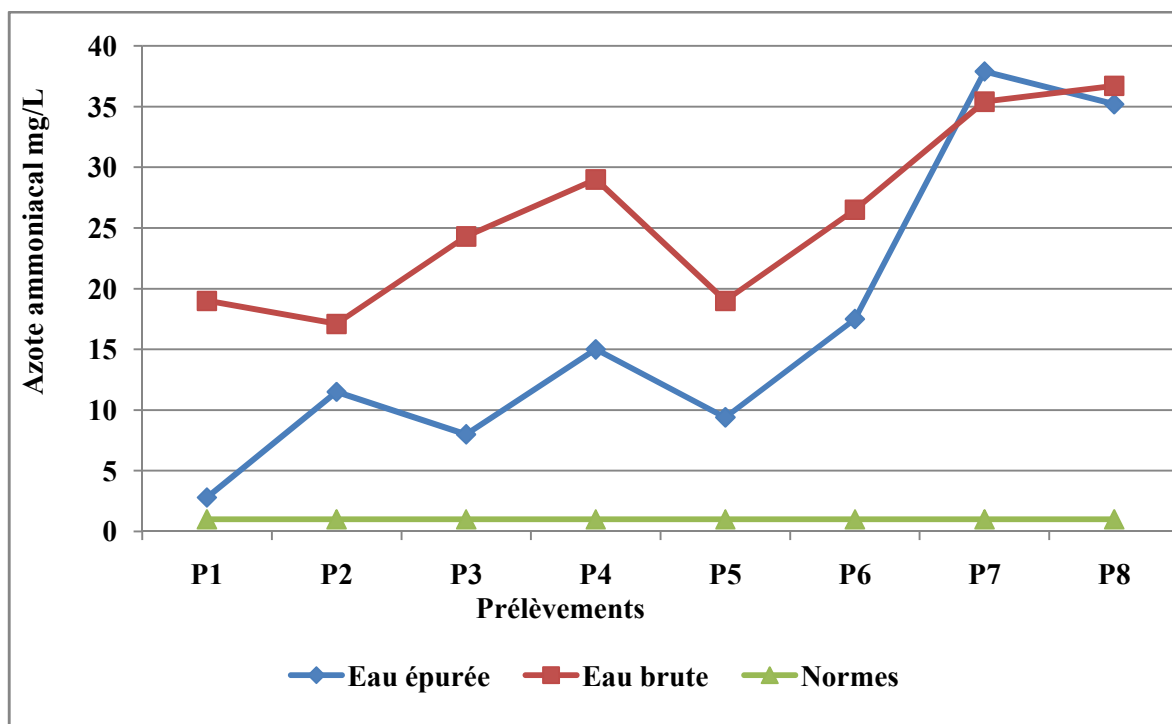


Figure 32 : La variation de l'azote ammoniacal.

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).

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.

II.4. Paramètres microbiologiques

Les analyses bactériologiques des effluents brutes et épurées, 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 **Hadjout** durant les 4 mois (Février, Mars, Avril et Mai) sont mentionnés dans le tableau XIX.

II.4.1. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux (CT) 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 (**DELARAAS, 2014**).

Les résultats des coliformes totaux dans la figure 33 et tableaux XIX, XX(annexeIII), nous démontre que les eaux brutes sont caractérisées par des fortes teneurs variant entre 110.10^6 UFC/100ml et 277×10^6 UFC/100ml (tableau XIX)(annexeIII). Ce qui d'une part, la charge importante des Coliformes totaux constante dans les eaux brutes est dû 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 T et al. 1999**).

A la sortie, on note une réduction importante des germes après l'épuration biologique, avec des valeurs variant entre 100.10^5 germes/100ml et 17.10^6 germes/100ml (tableau XX) (annexeIII) ce qui correspond aux normes données par l'OMS ($10^3 - 10^7$) (tableau XXIII) (annexeIII) 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.

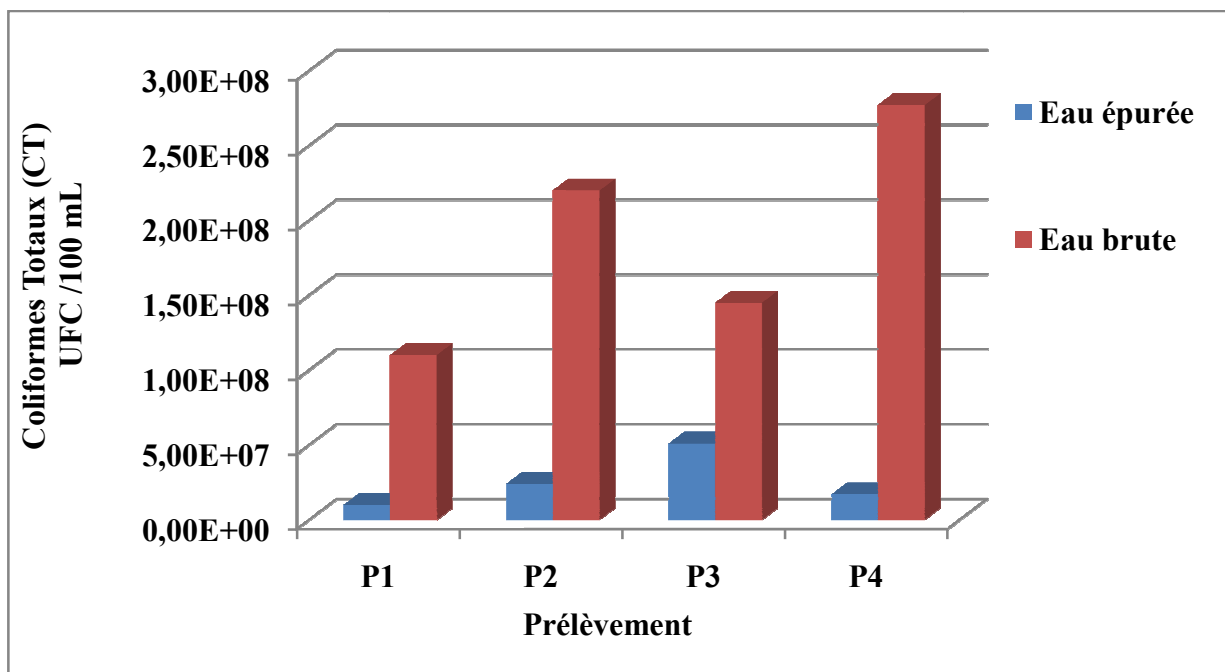


Figure 33 : la variation de nombre des coliformes totaux après une dilution 10^6 en fonction de différents prélèvements.

CHITNIS.2004, admet une différence entre la concentration en bactérie de l'eau et dans celle de la boue biologique du décanteur. En effet, cet auteur affirme que les bactéries adhérentes aux particules en suspension et se fait par une compétition entre les microorganismes.

II.4.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou les coliformes thermo tolérants font partie d'une catégorie qui inclut essentiellement l'*Escherichia coli*. Cette flore est plus spécifique de la contamination fécale que les autres coliformes (Guiraud 2004).

Les résultats obtenus sont représentés dans la **figure 34** et **tableau XIX (annexe III)**. On trouve une moyenne de 189.7×10^6 germes/100ml pour les EB, Ces valeurs dépassent largement le seuil des normes correspondant à la teneur en moyenne des CT ($10 \cdot 10^6$). Ces valeurs très élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales très difficiles. Le nombre élevé des Coliformes fécaux dans l'eau brute et du d'après LESON et WINER, (1991) à la capacité des germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Cependant les données reçues à la sortie qui sont mentionnées dans le tableau XX, comprises entre $7 \cdot 10^6$ germes/100ml et $22 \cdot 10^6$ germes/100ml avec une moyenne de $15.50 \cdot 10^6$ germes/100ml. Le nombre de ces germes a diminué dans l'eau épurée et il est conforme à la norme donnée par l'OMS ($10 \cdot 10^6$) (tableau XXIII, annexe III).

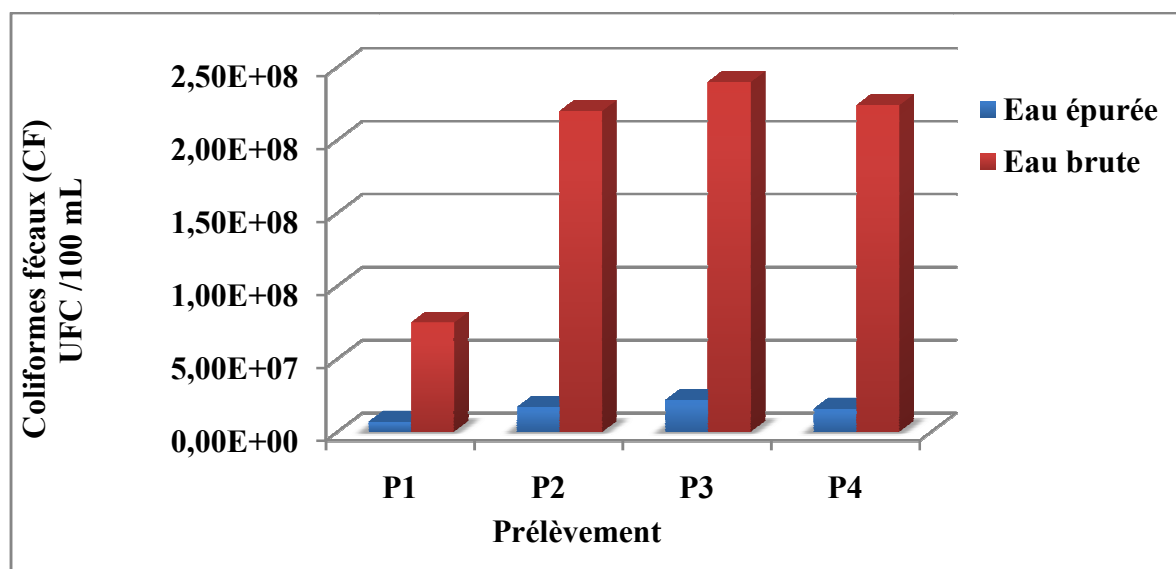


Figure 34 : la variation de coliformes fécaux après une dilution de 10^6 .

Ses germes banaux ne sont pas directement pathogènes, ils sont présents dans les intestins des animaux à sang chaud et leur présence dans l'eau en grandeur révèle souvent une contamination par les excréments (CAUCHI et VIGNOLES, 2011).

La figure 35 représente la confirmation d'*E. coli* après l'ajout de 2 gouttes de réactifs Kowacs.

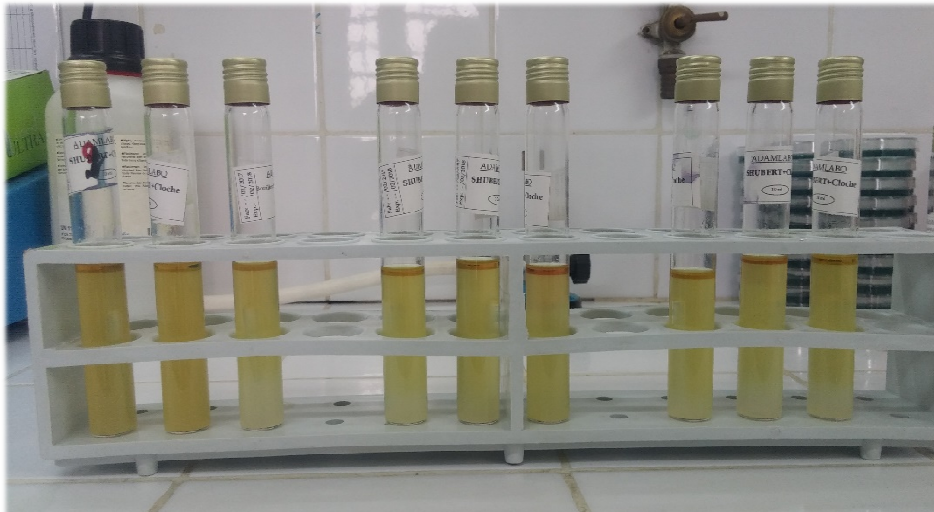


Figure 35 : Confirmation d'*E. coli*. (Photo originale).

II.4.3. 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 36, tableau XIX,XX (annexeIII). Elle nous montre une moyenne de $212.5 \cdot 10^6$ germes/100ml pour l'eau brute. Tandis qu'à la sortie, on remarque une absence significative des germes dans l'eau épurée, avec des résultats comprises entre $80 \cdot 10^5$ germes/100ml et $200 \cdot 10^5$ germes/100ml avec une moyennes de $14.7 \cdot 10^6$ germes/100ml qui sont inférieurs et conformes aux normes données par l'OMS ($10 \cdot 10^6$) (tableau XXIII, annexeIII).

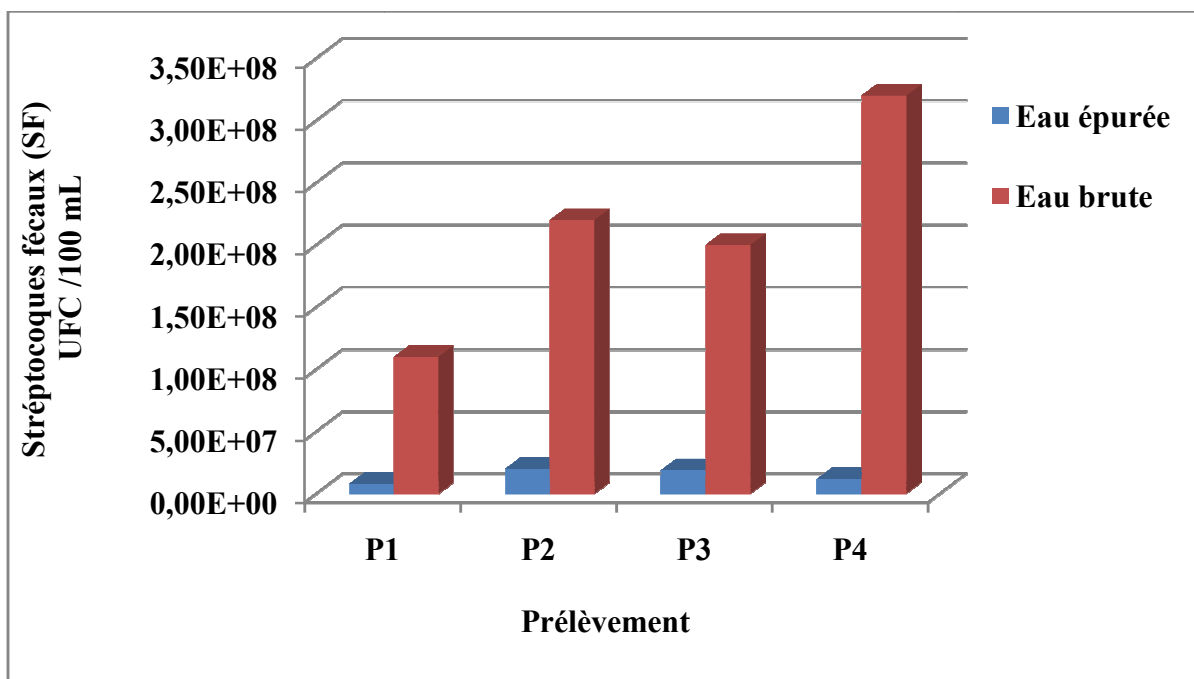


Figure 36 : la variation de Stréptocoquesfécaux après une dilution de 10^5 .

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.

II.4.4. Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

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

D'après les tableaux XXI, XXII (annexe III), on remarque que malgré la dilution utilisée, la quantité reste toujours très forte. Pour cela, on constate que leur présence en l'absence de germes fécaux dans les eaux peut être interprétée comme un défaut de protection de la nappe contre la présence d'une flore bactérienne étrangère.

Du fait de leur similitude de comportement avec les parasites, les spores constituent un bon indicateur pour ces micro-organismes. En outre, ces formes résistent à la chloration. Ceci explique que pour ce paramètre particulier, ce ne sont pas les bactéries elles-mêmes mais leurs spores qui sont recherchées

II.4.5. 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.

D'après les tableaux XXI, XXII (annexe III). À l'entrée les EB ont une moyenne de 58.10^4 UFC/100ml, à la sortie les EE ont une moyenne de $30.10^3 \times 10^6$ UFC/100ml.

Une absence totale des staphylocoques dans les prélèvements (P1, P2). Sauf au niveau du P3 et P4. On note une présence des Staphylocoques dont la valeur est très faible 20.10^3 UFC/100ml et 40.10^3 UFC/100ml par rapport à celles trouvées dans les EB. Donc l'épuration est satisfaisante.

II.4.6. Vibrions cholériques

Pour ce germe, la recherche s'est arrêtée au niveau de l'isolement sur GNAB 2. Aucune colonie caractéristique supposée être des vibrions cholériques n'a été détectée.

II.4.7. Salmonelles

On a constaté une absence totale durant toute la période d'étude. Ceci peut être expliqué selon ABOULKACEM et al, 2007 :

D'une part, par l'absence des porteurs asymptomatiques de la population habitante dans cette région.

D'autre part, la difficulté de recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes.

Cependant, au niveau des prélèvements, nous n'avons soupçonné leur présence, mais on a confirmé par la galerie biochimique on a trouvé un autre genre de bactérie *Pseudomonas aeruginosa* et les résultats sont toujours négatifs pour les salmonelles (absence totale) voir tableaux XXI, XXII (annexe III). La figure 19 (annexe I) montre les différentes étapes lors de la recherche salmonelle et figure 20 (annexe I) représente la confirmation par la galerie biochimique.

Les bactéries pathogènes du genre *Salmonella* et *Vibrio* n'ont pas été détectées dans la STEP malgré la forte charge des bactéries indicatrices de contamination fécale.

Les Bactéries anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) sont normalement présentes dans les matières fécales mais avec une faible charge que *E.coli*. Les ASR sont un bon témoin de contaminations fécales anciennes ou intermédiaires (CARON *et al*, 2007).

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

D'après AMIRIOU et BENKADDOUR (2015), L'absence des salmonelles et des Vibrions dans les eaux usées peut être expliquée par l'absence des porteurs 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

II.5. Rendement épuratoire

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.

II.5.1. Rendements des paramètres physicochimiques

✓ Rendement d'élimination de MES

Le taux d'abattement des MES après traitement dans la STEP est présenté dans le tableau ci-dessous. Il est de l'ordre de 96%. Ce taux est supérieur à celui de REJESK (2002) qui était de 90%. Ce résultat montre une épuration très efficace avec un fonctionnement adéquat (élimination par les bassins d'aération, les décanteurs) voir tableau XXIV.

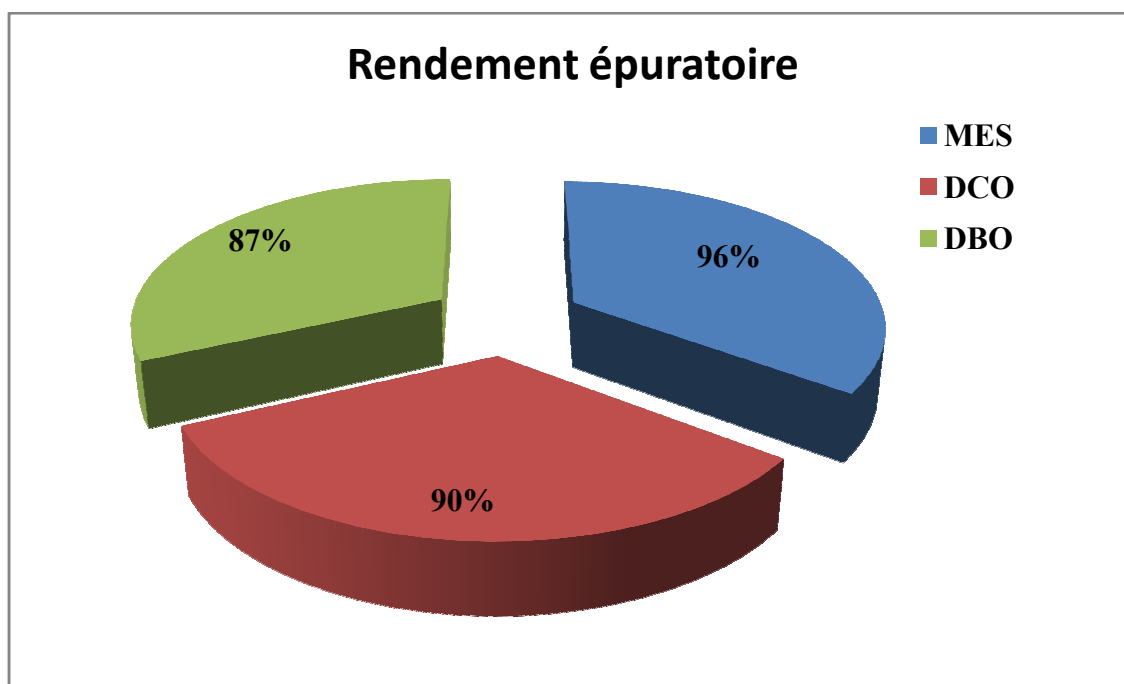
✓ Rendement d'élimination de la DCO et la DBO5

D'après le tableau XXIV, nous remarquons que le rendement d'épuration de la DCO est égale à 90% donc des résultats fiables aux normes mais par contre pour la DBO₅, est inférieur à 90%. Ce qui explique une faible clarification. L'abattement de la DBO₅ 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 pas vraiment satisfaisante des boues activées.

TableauXXIV: Rendements épuratoire des principaux paramètres physico-chimiques.

	MES mg/L	DCO mg/L	DBO₅ mg/L
Eau brute	267.1	155	333
Eau épurée	9.25	41.7	14.2
Rendement %	96 %	90 %	87 %

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 Hadjout a révélé un abattement considérable des Coliformes totaux, des Coliformes fécaux et des Streptocoques fécaux ainsi des Staphylocoques. Cependant elle a montrée que n'ya pas un abattement des ASR. La figure ci-dessous représente le rendement épuratoire pour les trois principaux paramètres physico-chimiques.

**Figure 37 :** La somme de rendement épuratoire pour les (MES, DCO, DBO).

II.5.2. Rendements des paramètres microbiologiques

Tableau XXV : Rendements épuratoire des paramètres microbiologiques.

	CT (UFC)	CF (UFC)	Staphylocoques (UFC)	Streptocoque (UFC)
Eau brute	188	189.7	580	212.5
Eau épurée	25.5	15.5	30	14.75
Rendement %	86.4 %	91.8 %	95%	93%

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 (86.4%), les Coliformes fécaux (91.8%), les streptocoques fécaux (95%), les staphylocoques (93%) et les résultats des rendements d'épuration sont portés dans le (tableauXXV).

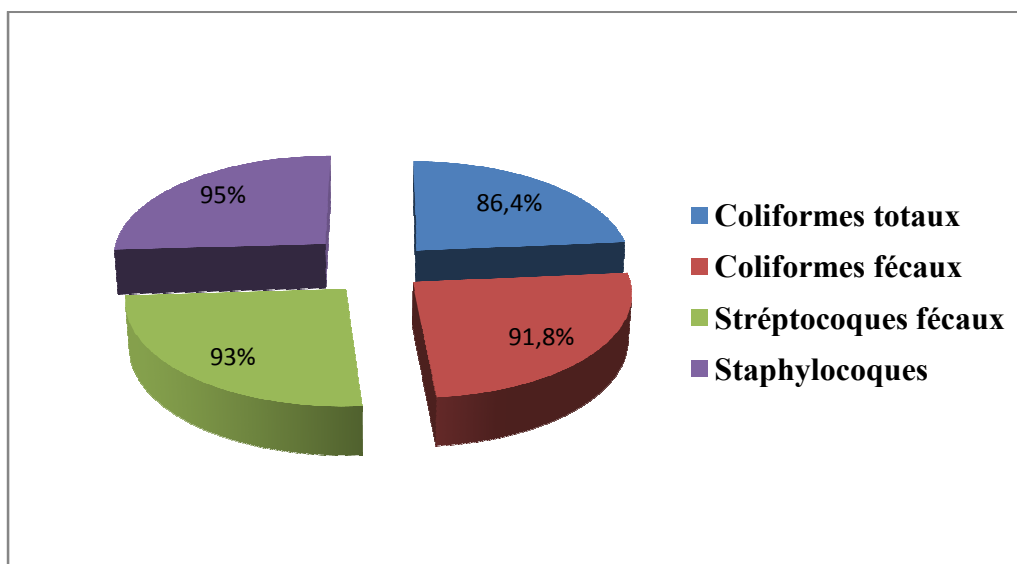


Figure 38 : Le rendement épuratoire des bactéries concernées

II.6. Paramètre de fonctionnement du processus

Les performances de la station d'épuration en matière d'élimination de la pollution contenue dans l'eau sont étroitement liées aux paramètres de fonctionnement du processus dont les principaux sont : charge massique, charge volumique, âge des boues, le temps de séjour, la concentration des boues dans le bassin d'aération. Ce dernier donne quelques caractéristiques sur les paramètres de fonctionnement des systèmes à boues activées.

II.6.1. Indice des boues (IB) ou Indice de Mohlman (IM) :

L'indice de MOHLMAN permet de traduire la bonne disponibilité ou non, des boues à la décantation.

- Si $IM < 50$ boue d'aspect granuleux, risque de former des dépôts.
- $80 < IM < 150$ bonne décantation.
- $IM > 200$ boue en gonflement (foisonnement, bulking) développement exagéré des bactéries filamenteuses.

L'indice des boues est exprimé en $ml.g^{-1}$ de MES et est défini par la formule suivante :

$$IB = V/M$$

V : volume de boue décanté en trente minutes (en $ml.l^{-1}$).

M : concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (en $g.l^{-1}$).

D'après le tableau XXVI, figure 39, les valeurs de (IM) oscillent entre 35 mg/l et 50 mg/l pour les trois premiers prélèvements qui sont inférieures à 80 mg/l

Tableau XXVI: Variation de l'indice de boue aux dates de prélèvements.

Prélèvements	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Indice De boue ou de Mohlman	50	35	42	90

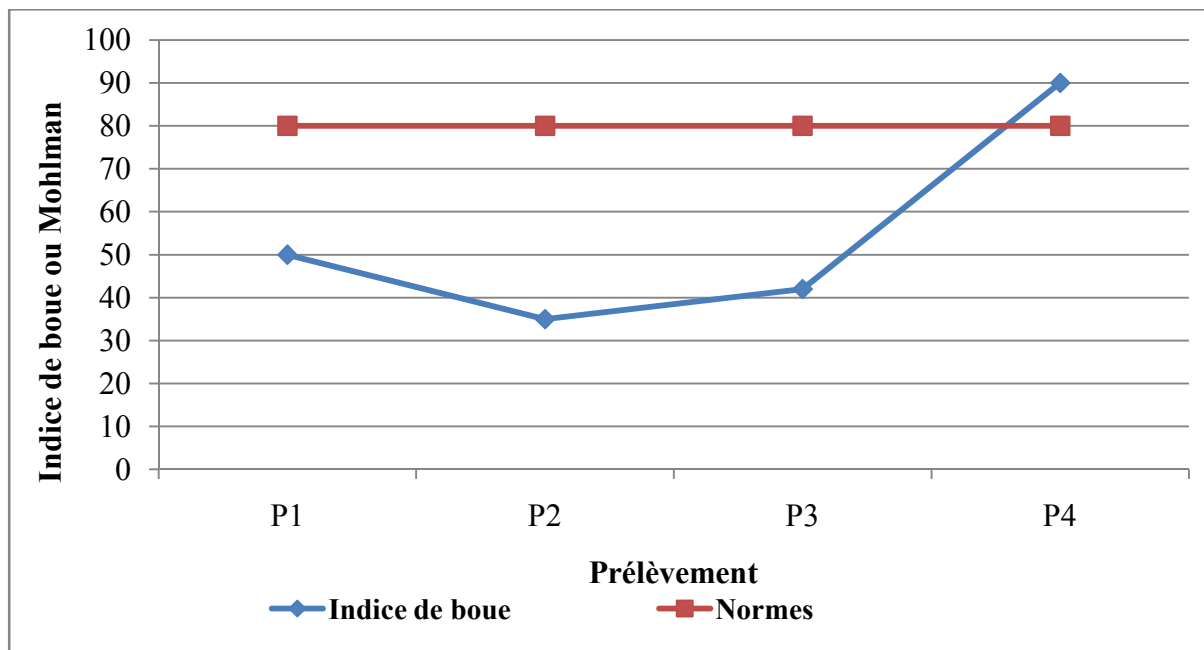


Figure 39: variation de l'indice des boues (IB) dans le bassin d'aération de la STEP.

Selon **REJESK** : une boue qui décante trop rapidement risque d’avoir des dépôts dans les ouvrages et les canalisations.

Par contre pour le dernier prélèvement, on constate une augmentation de l’indice de boue à 90 mg/l due au retour d’un volume de boue dans le bassin, ce qui génère un gonflement de la masse (foisonnement, bulking, développement exagéré des bactéries filamenteuses).

II.6.2.Production de boue :

On remarque d’après les résultats obtenus dans le tableau XXVII et la figure 40, que la siccité varie entre la valeur nominale **19.4%** et optimale de **23%**. Donc on constate que la boue est dans un état pâteux variant entre 12% et 25% à cause de la concentration de polymère mais elle reste toujours dans les normes souhaitées.

Tableau XXVII : La relation entre la siccité (matière sèche) et la boue déshydratée par rapport aux prélèvements.

Prélèvements	P1	P2	P3	P4
Boue déshydratée	1438	360	196	333
La siccité (%)	23.03	24.68	21	23

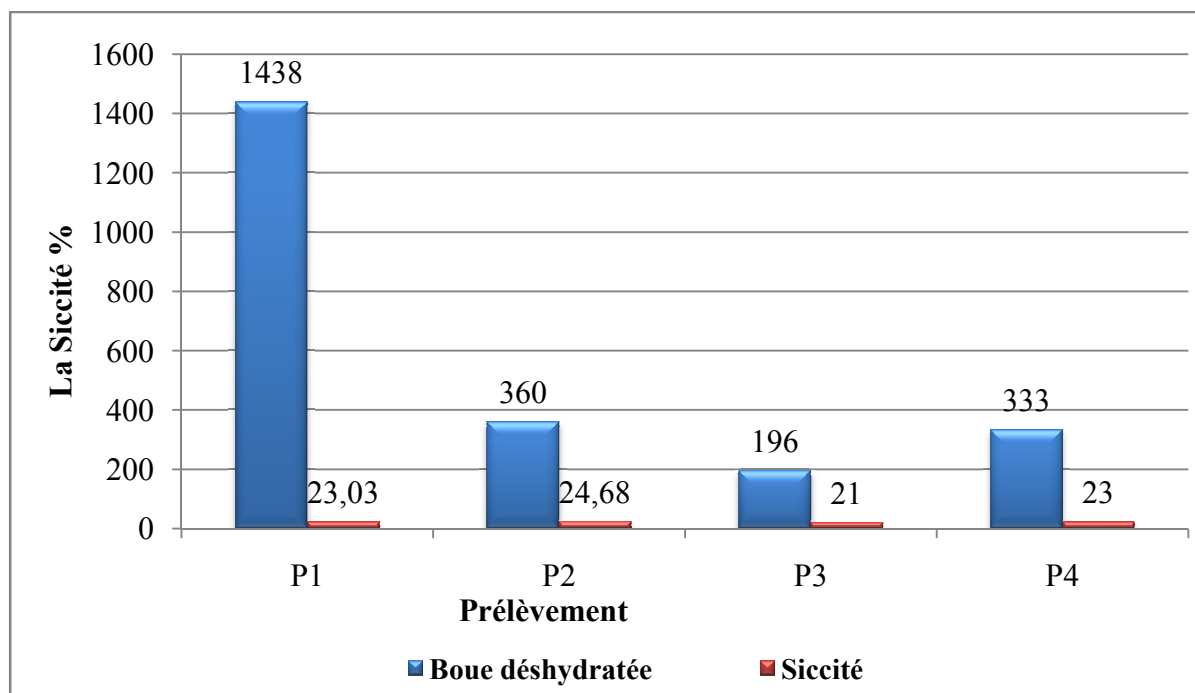


Figure 40 :La variation entre la boue déshydratée et la siccité

Conclusion

Les dernières années ont été marquées en Algérie par un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances.

L'épuration des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter appelé bassin d'aération. L'aération est un élément clé d'une station d'épuration pour fournir l'oxygène aux microorganismes pour dégrader la pollution carbonée.

Les problèmes biologiques et les problèmes de décantation, encore fréquents, limitent la fiabilité des stations d'épuration à boues activées. Complexes dans leur compréhension, leur maîtrise est parfois délicate pour les opérateurs chargés d'assurer le bon fonctionnement des installations.

Les difficultés de décantation ont pour origine des problèmes liés aux :

- Flocculation des boues.
- Densité des boues.
- Compaction des boues.

Ce stage au sein de la STEP nous a permis de nous familiariser avec les différents traitements que les eaux usées subissent au niveau de la STEP de **Hadjout**, et d'évaluer les performances de ces traitements.

- Sur les 11 paramètres physico-chimiques : un seul paramètre (Conductivité) n'est pas conforme aux normes données par l'OMS et JORA. (1250 us/cm).

-Le traitement biologique des eaux usées par les boues activées donne une présentation satisfaisante car il donne une bonne élimination de la DCO, la DBO et les MES avec des rendements respectifs de 96%, 90% et 87%.

Concernant les résultats des analyses microbiologiques, on constate un bon rendement épuratoire, supérieurs à 90% pour les coliformes fécaux et Streptocoques fécaux, Staphylocoques avec une absence des germes pathogènes tels que les Salmonelles et les Vibrions cholériques.

L'absence de rendement pour les ASR que leurs nombres dépassent celui de la norme donnée par l'OMS surtout dans tous les prélèvements, qui révèle un problème majeur concernant l'impuissance de la STEP.

Le coefficient de biodégradabilité des effluents montre que les eaux des villes étudiées sont purement domestiques et favorables pour un traitement de type boue active.

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

- Certains équipements (machinerie), datent depuis des années, comme le dégrilleur.
- La quantité d'eau reçue dans la station ne dépasse pas le débit journalier, donc l'eau rejetée est conforme aux normes des eaux rejetées de la station.
- Pour le traitement secondaire (traitement biologique), les bassins d'aération ont une quantité et une qualité satisfaisante pour une bonne dégradation de matières organiques, mais nous recommandons la prise de certaines dispositions au niveau de l'exploitation (gestion des boues et de l'aération, optimisation des conditions de brassage).

Références Bibliographiques

- ❖ **ABOULKACEM 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.
- ❖ **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.
- ❖ **ANONYME 2011.** Communauté d'agglomération du Lac du Bourget.
- ❖ **ANONYME :** Association française des techniciens du pétrole, **1975.** Les fluides de travail métaux. Editions technip. 284-285 p.
- ❖ **ANONYME., 2015.** Gestion des déchets biomédicaux - Outil d'évaluation rapide. pp2-50
- ❖ **ASANO, 1998.** Wastewater reclamation and reuse, water quality, management library. 1475p.
- ❖ **ASSOULINE et MOUEZ FODHA; 2012.** "From Regressive Pollution Taxes to Progressive Environmental Tax Reforms" Université Paris1 Panthéon-Sorbonne (Post-Print and Working Papers) halshs-00719762, HAL.
- ❖ **ATTAB, S.2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HaoudBerkaou par l'utilisation d'un filtre à sable Local 2p.
- ❖ **AVRIL J-L., DABERNAT H., DENIS F., MONTEIL H. 1992.** Bactériologie clinique. 2ème édition ellipses. 512P.
- ❖ **BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A, (2004).** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- ❖ **BAUMONT S., 2005.** Réutilisation des eaux épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile de France. ORS (Observation régional de Santé de l'île de France), Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France. 222p.
- ❖ **BECHAC J., BOUTIN P., MERCIER B. et NUER P., 1984.** Traitement des eaux usées. Paris : Eryolles. 281p
- ❖ **BOEGLIN J.2007.** Article pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure 44p.
- ❖ **BOURRILLON Antoine., AUJARD Yannick., BINGEN Edouard., COHEN Robert., 1997.** Les résistances bactériennes en pédiatrie. Edition Flammarion. 172p.
- ❖ **BREMAUD C., CILAISSÉ J., LEULIER F., THIBAUT J., ULRICH E., 2006.** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Editions educegri. 222p.
- ❖ **BRIERE F.G, 1994. (v).** Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

- ❖ **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. EditionsLavoisier.74-109p.
- ❖ **CARON, F., LAURIN, S., SIMISTER, C., JACQUES, C., & MANKARIOS, G. (2007).**Potential use of ultrafiltration for groundwater remediation and aqueous speciation of ⁶⁰Co and ¹³⁷Cs from a contaminated area. *Water, Air, and Soil Pollution*, 178, 121–130.
- ❖ **CAUCHI, A et VIGNOLES, C.2011.** Petites installations d'assainissement.Edition TECHNIP. 400p.
- ❖ **CHELLE F., DELLALE M., DEWACHTER M., MAPAKOU F., VERMEY L, (2005).**, L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15p.
- ❖ **CHITNIS, V.2004.** Bacterial population changes in hospital effluent treatment plant in central India. *Water Research*: 38.441-447.
- ❖ **DELARRAS C., 2014.** Pratiques en microbiologie de laboratoire recherche des bactéries et des levures-moisissures. Editions Lavoisier, 610-659 p.
- ❖ **DEVAUX I, (1999) :** intérêt et limite de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse scientifique (Science de la Vie et de la Santé).université Joseph Fourier, Grenoble.257p
- ❖ **DEVILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005.**Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : Cadre général.Bruxelles.16p
- ❖ **DJERMAKOYE H. M., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureriers. Caractérisation physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surfaces et les souterraines. Thèse Doctorat. Université de Bamako, pp 29.
- ❖ **ELSKENS M., 2010.**Article analyse des eaux résiduaires-mesure de la pollution 77-81p.
- ❖ **GHAZOUALI 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
- ❖ **GOMELLA C., GUERRE H. (1978)** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles, Paris (France) 47 p.
- ❖ **GROSCLAUDE G., 1999.** Un point sur l'eau : usages et polluants, tome 2. Paris : INRA. 177p.
- ❖ **GUILLAUD, J.-F. & L. A. ROMANA, 1996.** La mer et les rejets urbains. Actes Coll. IFREMER no. 11, 244 pp.
- ❖ **GUIRAUD J., 2004.**Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR, 118p.
- ❖ **GUIRAUD J., 2012.**Microbiologie Alimentaire. Edition dunod. 86p.
- ❖ **HADE, A. 2003.** Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Edition Fides, 359pages.

- ❖ **HAMSA D, (2006).** « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains», mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement Université de Constantine.
- ❖ **HENRY M., BEAUDRY J., 1996.** Chimie des eaux. Editions le griffon d'argile Inc. 150-155p.
- ❖ **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.
- ❖ **LESON G., WINER A.M. 1991.** Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions (Jl of the Air & Waste Management Assoc. 41(8), pp 1045-1054.
- ❖ **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 e refroidissement. 1p.
- ❖ **PERMO (1994)** .La pratique de l'eau : traitements de l'eau aux points d'utilisation, comportement de l'eau dans les installations, origine des désordres et solutions.
- ❖ **PERRAUD B., 2009.** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets. 2^e édition. Editions boeck. 324p.
- ❖ **REJSEK F., 2002.** Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique .Ed CRDP d'Aquitaine .France : 358 p.
- ❖ **RODIER J et al. (1996)** « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS
- ❖ **RODIER J., 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^e édition: Dunod, Paris.
- ❖ **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L. 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eau résiduaires, eaux de mer. 8^e édition Paris. Édition Dunod. 1383P.
- ❖ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et COLL, 2009.** L'analyse de l'eau. 9^e édition. Editions dunod. 997p.
- ❖ **ROUSTAN M., 2014.** Eau : données et statistiques. 15p
- ❖ **SALGHI 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
- ❖ **SEMAOUNE M. 2008.** Etude comparative de l'aération par déstratification et de l'aération hypolimnique : application sur le HALLWIL en Suisse. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Algérie.

- ❖ **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.
- ❖ **TARMOUL F, SODI M ;(2007).** Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel ». Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp: 27-32.
- ❖ **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^eédition.EditionTec DOC.54 p.
- ❖ **WARTHER, J et OGADA, T.1999.** Sewag sludge combustion. Progress in energy and combustion science. pp: 55-116.

“

Annexes

Annexe I



Figure 13 : Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode kit Hach(Photo originale).

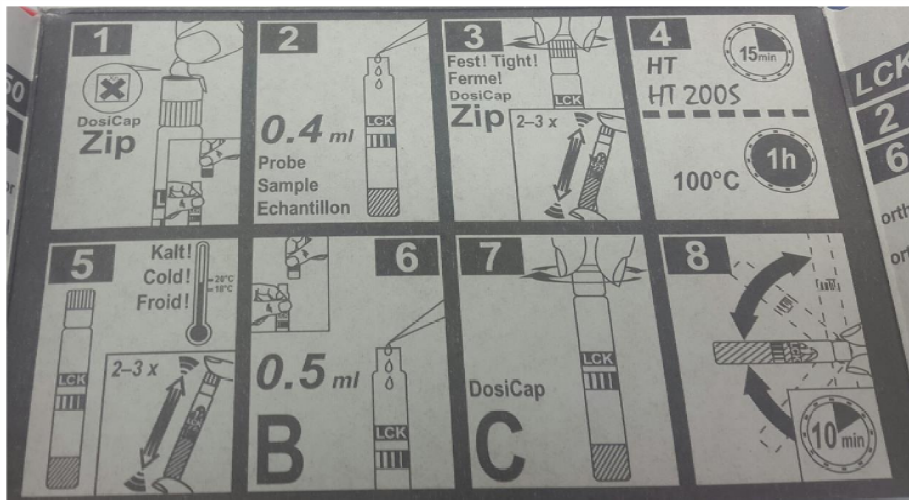


Figure 14 : Dosage d'orthophosphate par la méthode kit Hach (Photo originale).

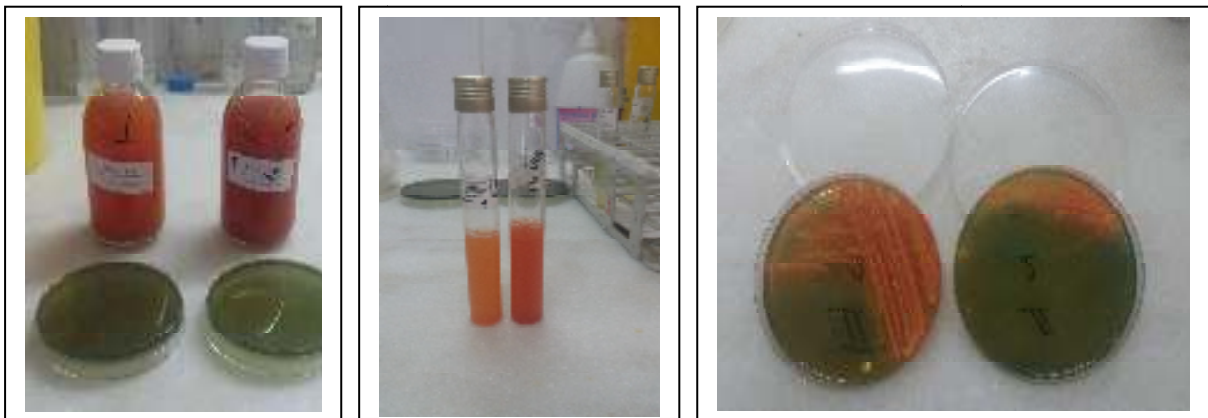


Figure 19 : Lecture des salmonelles (Photo originale).

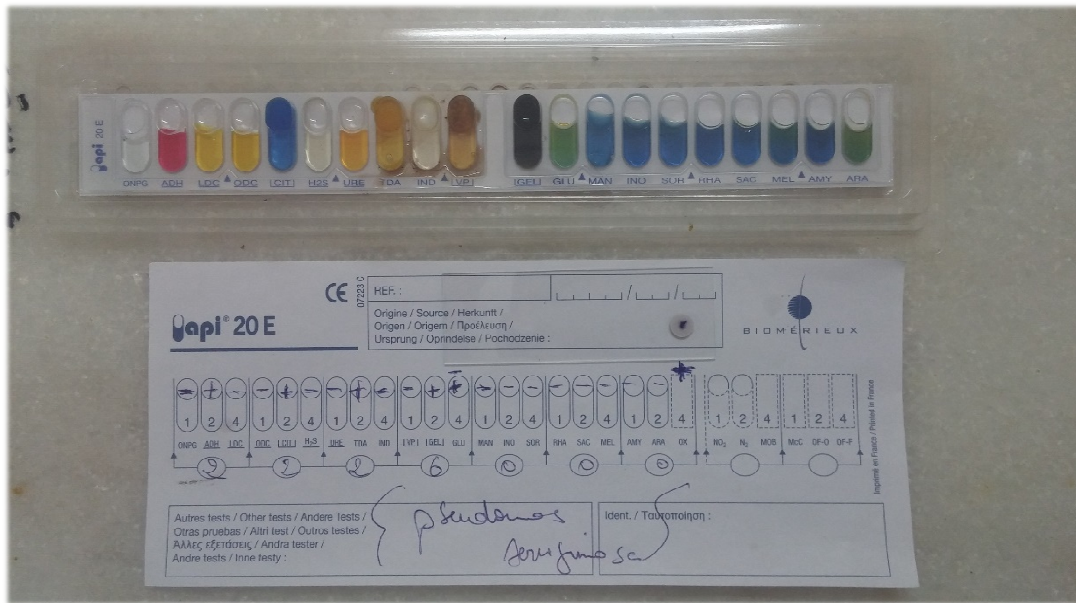


Figure 20 : Confirmation par la galerie biochimique (Photo originale).



Figure 41 : les milieux de cultures (Photo originale).

Annexe II

Tableau XXX: Matériel pour les analyses physicochimiques

➤ **Appareillage :**

- Agitateur magnétique
- Balance.
- Conductimètre.
- Dessiccateur.
- DBO mètre SP 50 type SKALAR.
- Dispositif de filtration.
- Etuve
- Hotte.
- Incubateur pour DBO5 à 20°C.
- Réfrigérateur.
- Spectrophotomètre (HACH) DR 2800 et 4000.
- pH-mètre.

➤ **Verrerie :**

- Béchers.
- Creusets.
- Dispensette.
- Eprouvettes 100ml, 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

➤ **Colorants, réactifs et produits chimiques :**

- Sulfate Mercurique
 - Soude
 - Acide Sulfurique
 - Sulfate De Potassium
 - Sulfate D'argent
 - Solution De Dichromate De Potassium
 - Sulfate Ammoniacal Ferreux
 - Fuchsine Basique
 - Ethanol
 - Eau De Javel
 - Eau Déminéralisée
 - Violet Cristallisé
 - Iodure De Potassium
 - Chlorure De Sodium
 - Acétate De Sodium
 - Eau distillé
-

Tableau XXXI: Matériels pour les analyses microbiologiques

✓ Appareillage :	✓ Verrerie :	✓ Réactifs, colorants et additifs :
<ul style="list-style-type: none"> • Stérilisateur à sec (flacons) • Bain marie. • Bec-bunsen. • Compteur colonies • Incubateurs à 37°C et 44°C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boîtes de Pétri. • Tubes à essai. • Pipettes Pasteur. • Pipettes graduées de 1ml, 5ml, 10 ml. • Pinces stériles. • Eprouvette 50 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Additif Hektoen. • Alun de fer. • Sulfite de sodium. • Eau distillée. • Eau de Javel. • Kowacs

Tableau XXXII: Composition des milieux de culture

Bouillon sélinite-Cysteine (SFB)	Peptone pancréatique de caseine 10g + Lactose 8g + L-cystéine 0,02 g + Monohydrogénophosphate de Na + 20g + Eau distillée 1000ml
Tryptophane	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	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 TriphénylTétrazolium 25 mg + Bleu de bromothymol 50 mg + Agar 13,0 g à un pH 7,2
Réactifs Kovacs	Paradiméthylaminobenzaldéhyde + 5,0 g Alcool isoamylique + 75,0 ml + Acide chlorhydrique 25,0 ml
Slanetz et Bartely	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
Chapman	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

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.

Gélose hektoen

Peptone 12g + Extrait De Levure 3g + NaH_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 Peptone pepsique de viande 7,0 g + Vert Brillant (VBL) 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 Peptone 10g+Lactose 5g +Monohydrogénophosphate de Na9g+ Eau ditillée 100ml+ Dihydrogénophosphate de K 1,5g

alcaline EPA

Gelose viande Glucose 30g+Amidon 2g+Agar11-18g+ eau distillée 100 ml

foieVF

Gélose nutritive Peptone 10g+ Extrait de viande 4g+ Chlorure de sodium 5g

alcaline + Agar13g+ Eau distillée 1000 ml bilée(GNAB)

Tableau XXXIII: Principe des bactéries pathogènes.

Les bactéries pathogènes	Ses principes
Bactéries anaérobies sulfite réducteurs	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 ₂ SO ₃) et en présence de Fe ²⁺ donne FeS de couleur noire. (NF T 90-415).
Salmonelles	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.
Vibrions cholériques-Méthode interne	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).
Staphylocoques	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 <i>Staphylococcus aureus</i> sont soumises alors aux essais de «pathogénicité», coagulase et éventuellement désoxyribonucléase et phosphatase. (NF 90421).

TableauXXIX: Données de base du constructeur.

	Eau brute Flux nominal journalier	Eau brute	
		Concentration sur échantillon moyen 24h	Norme de sortie
MES	4906kg/j	438mg/l	30
DBO₅	4200kg/j	375mg/l	30
DCO	9240kg/j	825mg/l	90
NT	952 kg/j	85mg/l	15
Pt	168 kg/j	15mg/l	2
ph		6.5-8.5	6.5-8.5

Annexe III

Tableau XVI : Résultats physico-chimiques des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁ 06/0 2/17	P₂ 19/0 2/17	P₃ 11/0 3/17	P₄ 22/0 3/17	P₅ 01/0 4/17	P₆ 19/0 4/17	P₇ 03/0 5/17	P₈ 14/0 5/17	Moyennes
Paramètres									
Ph	7.7	7.9	7.72	7.73	7.80	7.76	7.37	7.90	7.73
T_m (°C)	14.9	17.4	20.2 0	18	19.8 0	19.4 0	19.90	21.3 0	18.8
Conductivité (Us/cm)	2240	2370	2160	2230	2240	2150	2280	2130	2225
MES (mg/L)	54	538	246	94	544	350	74	237	267
MVS (mg/L)	22	223	122	50	322	147	38	133	132
DBO₅ (mgO₂/L)	72	111	290	125	234	120	95	193	155
DCO (mgO₂/L)	131	203	340	162	619	440	232	541	333.5
N_T (mg/L)	27.1	24	52	39.2 0	52	41.1 0	55.90	320	76.4
N-NH₄ (mg/L)	19	17.1 0	24.3 0	29	19	26.5 0	35.40	36.7 0	25.8
P-PO₄⁻ (mg/L)	1.72	4.23	2.89	2.89	4.31	3.64	4.51	2.45	3.33
P_T (mg/L)	2.30	2.57	6.66	3.65	6.40	5.36	4.16	3.60	4.33

Tableau XVII : Résultats physico-chimiques des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁ 06/02/ 17	P₂ 19/02/ 17	P₃ 11/0 3/17	P₄ 22/0 3/17	P₅ 01/0 4/17	P₆ 19/0 4/17	P₇ 03/0 5/17	P₈ 14/05/ 17	Moyennes
Paramètres									
Ph	7.90	8.2	8.10	7.88	8.12	8.18	7.67	7.75	7.9
Tm (°C)	16.1	17.3	20.2 0	18.3 0	19.4 0	18.6 0	19.8 0	20.7	18.8
Conductivité (Us/cm)	2120	2230	2080	2090	2020	1976	2030	1894	2055
MES (mg/L)	10	14	08	09	12	09	7.50	4.50	9.25
MVS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO₅ (mgO₂/L)	13	19	17	04	28	6.70	18	08	14.21
DCO (mgO₂/L)	27	42.10	33.7	34.8	47	38	62.3	48.7	41.7
N_T (mg/L)	8.9	19	14	23	16.5	24	39.7	30	21.8
N-NH₄ (mg/L)	2.8	11.50	08	15	9.40	17.5	37.9	35.20	17.1
P-PO₄⁻ (mg/L)	0.5	01	0.74	0.49	1.36	1.72	3.18	0.70	1.21
P_T (mg/L)	0.5	01	0.91	0.53	1.60	1.5	1.2	0.94	1.02

Tableau XVIII: Normes physico-chimique des rejets selon **OMS 2006** et **JORA2006**.

Paramètres	Unités	Normes	
		OMS	JORA
pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Tempé ratura	°C	30	30
Conductivité	us/ Cm	1250	-
MES	Mg/L	30	35
DCO	Mg/L	90	90
DBO₅	Mg/L	30	30
Azote ammoniacal	Mg/L	1	-
Nitrites	Mg/L	1	-
Nitrates	Mg/L	1	-
ortho phosphates	Mg/L	2	-

Tableau XIX: Résultats microbiologiques (**germes indicateurs d'une contamination fécale**) des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁ 14/02/17	P₂ 20/03/17	P₃ 10/0417	P₄ 21/05/17	Moyennes
Germs					
Coliformes Totaux (UFC/L)	110.10 ⁶	220.10 ⁶	145.10 ⁶	277.10 ⁶	188.10⁶
Coliformes Fécaux (UFC/L)	75.10 ⁶	220.10 ⁶	240.10 ⁶	224.10 ⁶	189.7.10⁶
<i>Escherichia Coli</i> (UFC/L)	+	+	+	+	+
Stréptocoques (UFC/L)	110.10 ⁶	220.10 ⁶	200.10 ⁶	320.10 ⁶	212.5.10⁶

Tableau XX : Résultats microbiologiques (**germes indicateurs d'une contamination fécale**) des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁	P₂	P₃	P₄	Moyennes
Germe	14/02/17	20/03/17	10/04/17	16/05/17	
Coliformes Totaux (UFC/L)	100.10 ⁵	24.10 ⁶	51.10 ⁶	17.10 ⁶	25.5.10⁶
Coliformes Fécaux (UFC/L)	7.10 ⁶	17.10 ⁶	22.10 ⁶	16.10 ⁶	15.5.10⁶
<i>Escherichia Coli</i> (UFC/L)	+	+	+	+	+
Stréptocoques (UFC/L)	80.10 ⁵	200.10 ⁵	190.10 ⁵	120.10 ⁵	14.7.10⁶

Tableau XXI : Résultats microbiologiques (**germes pathogènes**) des eaux de l'entrée du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁	P₂	P₃	P₄	Moyennes
Germe	14/02/17	20/03/17	10/04/17	21/05/17	
Bactéries anaérobies sulfite-réducteurs (ARS) (UFC/L)	Ind	Ind	Ind	Ind	0
Vibrions cholériques (UFC)	0	0	0	0	0
Salmonelles (UFC)	0	0	0	0	0
Staphylocoques (UFC/L)	-	-	52.10 ⁴	64.10 ⁴	58.10⁴

TableauXXII : Résultats microbiologiques (**germes pathogènes**) des eaux de la sortie du traitement secondaire pendant les prélèvements reçus.

Dates	P₁	P₂	P₃	P₄	Moyennes
Germe	14/02/17	20/03/17	10/04/17	16/05/17	
Bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ARS (UFC/L))	+	+	+	+	+
Vibrions cholériques (UFC)	0	0	0	0	0
Salmonelles (UFC)	0	0	0	0	0
Staphylocoques (UFC/L)	-	-	20.10 ³	40.10 ³	3.10 ⁴

Tableau XXIII : Normes microbiologiques des rejets selon **OMS 2006**.

Microorganismes/Bactéries	Concentration (en Nombre par litre)
Coliformetotaux	10 ³ -10 ⁷
Coliformefécaux(E.coli)	10-10 ⁶
Streptocoques	10-10 ⁶
Salmonelles	0-10
Vibrionscholériques	0-10
ASR	-
Staphylocoques	-

Tableau XXVIII: Indice de biodégradabilité.

Date de prélèvement	Entrée du traitement secondaire		
	DCO mgO₂/L	DBO₅ (mgO₂/L)	DCO/DBO₅
P₁ 06/02/17	131	72	1.8
P₂ 19/02/17	230	111	1.8
P₃ 11/03/17	340	290	1.1
P₄ 22/03/17	162	125	1.3
P₅ 01/04/17	619	234	2.6
P₆ 19/04/17	440	120	3.6
P₇ 03/05/17	232	95	2.4
P₈ 14/05/17	541	193	2.8