

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLAB de Blida 1

Faculté Des Sciences De La Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Laboratoire de Recherche Biotechnologies, Environnement et Santé



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master II

» **Filière:** Hydrobiologie Marine et Continentale

» **Option:** Ecosystèmes Aquatiques

Thème

Evaluation du Traitement Biologique des eaux usées urbaines par la méthode à boues activées (Station d'épuration de KOLEA .Tipaza)

Présenté par :

» HOURI Lamia

» MOKHTARI Saada

Devant le jury :

- | | | | |
|-------------------|-----|------|-----------------|
| • Mr GRANDI M. | MAA | USDB | - Président |
| • Mme RADI N. | MAA | USDB | - Examinatrice |
| • Mme El MAHDI I. | MAA | USDB | - Promotrice |
| • Mme HAMAIDI F. | MCA | USDB | - Co-promotrice |

Promotion 2017/2018

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah de nous avoir donné le Courage et la sagesse pour pouvoir mener à terme ce Modeste travail.

*On tient d'abord nous remercions notre promotrice **Madame ELMAHDI I.** A qui a dirigé ce travail et on la remercie vivement pour son soutien et disponibilité qu'elle nous a accordé pour faire avancer ce travail.*

*Nous remercions **Mme HAMAIDI F.** d'avoir accepté de Co-encadrer ce travail et qui nous a aidés à terminer notre travail. Et pour ses conseils judicieux.*

*Nous tenons également à remercier **Mr GRANDI M.** d'avoir accepté De Présider le jury.*

*Nous remercions **Mme RADI N.** qui nous a honorés pour examiner notre travail.*

*Nous remercions aussi l'ensemble des personnes de la station d'épuration des eaux usées de KOLEA Spécialement la responsable **Mme TACINE KAHINA.** pour leur accueil, disponibilité et leur contribution par les données et les documents nécessaires.*

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, Ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A l'âme de mon très cher père qui a tant espéré voir ce jour, qu'il trouve ici L'expression de ma profonde gratitude, et qu'il soit fier de moi comme il l'a toujours été.

A ma mère qui m'a soutenue durant mes études et ne m'a jamais privée de son amour, de son attention et de ses encouragements, à toi maman je dédie ce travail.

A mes frères et sœurs, et belles-sœurs

A mes nièces et neveux

AYOUBE, ISMAIL, AMIRA

A toute ma famille

A mes très chères amies : Akila, Louiza, Lamia ,Habiba ,Soumia.

Et à tous ceux qui m'ont aidé.



Mokhtari Saada

Dédicaces

*Avec l'aide et la protection d'ALLAH
S'est réalisé ce modeste travail.*



Je dédie ce travail à :

A la personne qui m'importe le plus dans ce monde, ma source de force pour tenir jusqu'au bout, ma Maman. Elle qui a toujours été mon modèle et ma source d'inspiration. Ces conseils, sa présence et sa tendresse m'ont été et me seront toujours indispensables.



A mon idéal, l'être le plus généreux, mon très cher père qui m'a encouragé, mon Papa, l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi. Sa chaleur paternelle, m'a souvent été d'un grand réconfort. Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.



A mes frère : Rafik , Walid qui m'a souvent redonné le sourire.



A Toute ma famille



A mes très chères amies : Somia, Saida, Akila, Habiba qui ont toujours été à mes côtés, qui m'ont aidé de toute les manières possible et imaginable à travers leurs soutiens sans lesquels je n'aurais pas pu terminer ce travail.



Lamia houri

RESUME

Notre travail a été réalisé au niveau de la station d'épuration de la ville de KOLEA (TIPAZA).

L'objectif de cette étude est de déterminer à l'entrée et à la sortie de la Station d'épuration les caractéristiques physico-chimiques (pH, température, conductivité, matière en suspension, demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, les matières phosphatée et azotée), et bactériologiques par dénombrement des indicateurs de contamination fécale (*Coliforme totaux, Escherichia Coli et entérocoque intestinaux*).

Les résultats physico-chimiques des eaux usées épurées montrent des températures ambiantes, des pH alcalins et minéralisation moyenne, avec un rendement épuratoire satisfaisant de 79% des Matières en suspension. Le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène et la demande biologique en oxygène pendant 5 jours sont respectivement de 85% et de 88%. L'élimination des matières phosphatée et azotée est faible.

L'analyse bactériologique des eaux usées épurées indique des concentrations en *Coliforme totaux, Escherichia Coli et entérocoque intestinaux*.

Notre étude montre que la station d'épuration de KOLEA par boues activées a un bon fonctionnement mais elle rencontre certains problèmes liés à la surcharge.

Mot clé : Eaux usées, Eau usée épurée, Station d'épuration de KOLEA, boues activées.

ABSTRACT

Our work was carried out at the wastewater treatment plant in the city of Kolea (Tipaza).

The objective of this study is to determine at the entry and exit of the treatment plant the physicochemical characteristics (pH, temperature, conductivity, suspended matter, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, phosphatic and nitrogenous materials), and bacteriological by enumeration of faecal contamination indicators (total coliforms, intestinal *Escherichia coli* and enterococci).

The physico-chemical results of the treated wastewater show ambient temperatures, alkaline pH and average mineralization, with a satisfactory purification efficiency of 79% of the suspended matter. The rate of reduction of the chemical oxygen demand and the biological oxygen demand for 5 days is 85% and 88% respectively. The removal of phosphatic and nitrogenous materials is low.

Bacteriological analysis of treated wastewater indicates total coliform, intestinal *Escherichia coli* and enterococci concentrations.

Our study shows that the activated sludge KOLEA treatment plant has a good functioning but it meets some problems related to the overload.

Key word: Wastewater, purified wastewater, KOLEA wastewater treatment plant, activated sludge.

الملخص

لقد قمنا بعملنا هذا على مستوى محطة معالجة المياه بمدينة القليعة بولاية تيبازة.

الهدف المرجو من هذه الدراسة هو معرفة الخصائص الفيزيوكيميائية (معامل القلوية، الناقلية، التعكر، المواد العالقة، معيار الطلب البيولوجي والكيميائي للأكسجين والمواد النيتروجينية والفوسفاتية) والبكتيريولوجية من خلال حساب مؤشرات التلوث الغائطي.

توضح النتائج الفيزيوكيميائية للمياه المعالجة درجة حرارة معتدلة وقلوية قاعدية وتمعدن متوسط مع مردودية مرضية تقدر بـ 79% بالنسبة للمواد العالقة، أما في ما يخص معيار الطلب البيولوجي والكيميائي للأكسجين فإن مردودهما 88%، 85% على التوالي في حين أن معدل إزالة المواد النيتروجينية والفوسفاتية منخفض، وتظهر التحاليل البكتيريولوجية للمياه المعالجة تراكيز مجموع القولونيات، القولون المعوي والمكورات المعوية.

كما أظهرت نتائج هذا البحث أن محطة التطهير للصرف الصحي بمدينة القليعة تعمل جيدا إلا أنها تواجه بعض المشاكل المتعلقة بالحمل الزائد.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مياه الصرف الصحي النقية، محطة تطهير المياه المستعملة بالقليعة. الحمأة المنشطة.

Liste des figures

Figure N°01 : Vue satellitaire de la STEP de KOLEA.	19
Figure N°02 : Arrivée des eaux brute.	20
Figure N°03 : Station de relevage.	21
Figure N°04 : Dégrilleurs grossier.	22
Figure N°05 : Déssableur.	22
Figure N°06 : Bassins d'aérations.	23
Figure N°07 : Dégazeur.	23
Figure N°08 : Vue d'ensemble du clarificateur.	24
Figure N°09 : Canal venturi de comptage des eaux épurées.	24
Figure N°10 : Rejet d'eau épurée.	24
Figure N°11 : Epaisseur.	25
Figure N°12 : Pompes de recirculation.	25
Figure N°13 : Préparation de polymère.	26
Figure N°14 : Déshydrateur mécanique.	26
Figure N°15 : Préleveur automatique de la station.	28
Figure N°16 : Variation du débit par rapport à l'entrée et la sortie.	40
Figure N°17 : Rendement du débit.	40
Figure N°18 : Variation de la température de l'eau brutes et l'eau épurée.	41
Figure N°19 : Variation du pH de l'eau brutes et l'eau épurée.	42
Figure N°20 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brutes et l'eau épurée.	43
Figure N°21 : Variation des matières en suspension de l'eau brutes et l'eau épurée.	44
Figure N°22 : Rendement d'élimination de la MES.	44
Figure N°23 : Variation de la DCO de l'eau brutes et l'eau épurée.	45
Figure N°24 : Rendement d'élimination de la DCO.	46

Figure N°25 : Variation de la demande biochimique en oxygène DBO ₅ de l'eau brutes et l'eau épurée.	46
Figure N°26: Rendement d'élimination de la DBO ₅ .	47
Figure N°27: Variation de la matière volatile sèche de l'eau brute.	48
Figure N°28: Variation de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) de l'eau brutes et l'eau épurée.	49
Figure N°29 : Variation du nitrite (NO ₂ ⁻) de l'eau brutes et l'eau épurée.	50
Figure N°30 : Variation du nitrate (NO ₃ ⁻) de l'eau brutes et l'eau épurée.	51
Figure N°31 : Variation de l'azote total (NT) de l'eau brutes et l'eau épurée.	52
Figure N°32 : Rendement d'élimination de l'azote total.	52
Figure N°33 : Variation d'orthophosphates (PO ₄ ³⁻) de l'eau brutes et l'eau épurée.	53
Figure N°34 : Variation de phosphates (PT) de l'eau brutes et l'eau épurée.	54
Figure N°35 : Rendement d'élimination du phosphore total.	54
Figure N°36 : Matériels des analyses physico-chimiques.	Annexe II

Liste des tableaux

Tableau I : Composants majeurs typique d'eau usée domestique.	04
Tableau II : Débits à l'entrée de la station selon la conception.	20
Tableau III : Charge de pollution à l'entrée de la station.	20
Tableau IV : Prélèvements de la filière eau.	29
Tableau V : Fréquence des analyses effectuées au niveau de la station de KOLEA.	29
Tableau VI : Sélection du volume des échantillons.	33
Tableau VII : Résultats des analyses et de la biodégradabilité des effluents.	48
Tableau VIII : Résultats de l'indice de MOHLMAN.	55
Tableau IX : Résultats des analyses bactériologiques.	56
Tableau X : Résultats des analyses physico chimique.	Annexes III
Tableau XI : Rendement d'élimination des principaux paramètres physico-chimiques et le débit.	Annexes III
Tableau XII : Normes de rejets de l'OMS (2006) appliquées en Algérie.	Annexes III

Liste abrégées

BA1 : Bassin d'aération primaire.

BA2 : Bassin d'aération secondaire.

BA NF : Bassin d'aération nouvelle filière.

CE : Conductivité Electrique.

COT : Carbone total organique.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

E. coli: *Escherichia coli*.

EB : Eau brute.

EE: Eau épurée.

E.N.I.T.E.C: European Network for Individualized Treatment of Endometrial Cancer.

Eq/hab : Equivalent habitant.

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines.

FAO: Food and Agriculture Organisation.

ID : Indice de décantation.

IM : Indice de MOHLMAN.

ISO : Organisation internationale standardisation

K : Constatant de la biodégradabilité.

MES : Matière En Suspension.

MM : Matière minérales.

MO : Matière organique.

MVS : Matière volatile en suspension.

NTK : Azote total Kejeldahl.

OMS : Organisation mondiale de la santé

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

STEP : Station d'Épuration.

TDS : Taux des Sels Dissous.

UFC : Unité formant une Colonie.

Sommaire

Introduction	01
---------------------------	----

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités et procédé de traitement des eaux usées

I-1 Définition.....	03
I-2 Origines des eaux usées.....	03
I-3 Composition des eaux usées.....	04
I-4 Définition et Principaux types de pollutions.....	05
I-5 Effets des eaux usées sur le milieu récepteur.....	06
I-6 Caractéristiques des eaux usées.....	08
I-7 Procédés du traitement des eaux usées dans une station d'épuration.....	13
I-8 Traitement des boues.....	17
I-9 Problèmes biologiques dans le procédé à boues activées.....	17

Partie Expérimentale

Chapitre II: Matériel et méthodes

II-1 Présentation de la zone d'étude.....	19
II-2 Descriptions de la station d'épuration.....	20
II-3 Echantillonnage et mode de prélèvement.....	27
II-4 Matériel.....	29
II-5 Méthodes d'analyses.....	29
II-5-1 Analyses physico-chimiques.....	29
II-5-2 Contrôle des boues activées.....	36
II-5-3 Analyses bactériologiques.....	37

Chapitre III : Résultats et Discussion

III-1 Résultat de débit de la station d'épuration.....	40
III-2 Résultats des analyses physico-chimiques.....	41
IV-3 Résultats des analyses bactériologiques.....	56
Conclusion	58

Bibliographie

Annexes

Introduction

L'eau est un élément vital et une source précieuse qui constitue un facteur décisif pour la croissance et le développement socio-économique (**ZITOUN et ZOUGGARI, 2015**)

La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides (**FAO, 2007**).

La réutilisation des eaux usées consiste en l'utilisation d'eaux usées plus ou moins traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées participent à la gestion intégrée des ressources en eau et à la préservation de l'environnement. Ils sont particulièrement stratégiques dans les pays arides et semi-arides de la région méditerranéenne où la pression sur les ressources en eau est forte, et qui connaissent des situations de concurrence entre les différents usages de l'eau (**CONDOM et al., 2012**).

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de l'ordre de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare (**TAMRABET et al., 2002**).

Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation de niveau de vie de la population, les capacités d'autoépuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents. L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions si non la seule capable de préserver les ressources en eau. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau à être réutilisé dans plusieurs domaines (**ZITOUN et ZOUGGARI, 2015**).

Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble. Ces eaux usées ne peuvent pas être rejetées telles quelles d'où la nécessité de leur épuration (**VON SPRELING, 2007**).

Selon la nature et l'importance de la pollution différentes procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité. Les procédés biologiques présentent des rendements assez bons et sont très avantageux du point de vue coût, du moment qu'ils n'utilisent que la seule force épuratrice des microorganismes présents dans l'eau, l'oxygène de l'air et la température les rayons solaires (**ZITOUN et ZOUGGARI, 2015**).

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physico-chimique et biologique. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Certains procédés permettent même l'élimination de l'azote et du phosphore. Une grande majorité de ces polluants est transférés de la phase liquide vers une phase concentrée boueuse (**SALGHI, 2001**).

En vue d'étudier l'efficacité des stations d'épuration concernant l'abattement de la charge polluante et le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration, on a choisi de travailler, dans ce projet de fin d'étude, sur la station d'épuration de la ville de KOLEA comme exemple de STEP à boues activées opérationnelle en Algérie.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration de la ville de KOLEA en analysant les paramètres suivants : DCO, DBO₅, MES, le pH, la température et la conductivité de l'eau.

Ce travail est organisé en trois chapitres :

- **Le Chapitre I** généralités sur les eaux usées, présente les différents procédés d'épuration des eaux usées domestiques.
- **Le chapitre II** présentation et une description de la station d'épuration de KOLEA. Et Le matériel et les méthodes analytiques utilisées dans cette étude
- **Chapitre III** on représente tous les résultats de traitement des données obtenus et leur interprétation.

I-1 Définition

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations (**BLIEFERT et al., 2001**). Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou rejeter dans les milieux naturels récepteurs (**SALGHI, 2001**).

I-2 Origines des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

I-2-1 Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées des détergents, des graisses, des solvants, des débris organiques, etc. En eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**GOMELLA et al., 1978**).

I-2-2 Eaux usées industrielles

Les eaux industrielles ou résiduaires véhiculent souvent des produits chimiques toxiques (arsenic, acide sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds). Elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les êtres vivants (**BOUZIANI, 2000**).

I-2-3 Eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terre cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau et des retenues (**METAHRI, 2012**).

I-2-4 Eaux usées pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis

déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (METAHRI, 2012).

I-3- Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (Tableau I), est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les microorganismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (BAUMONT *et al.*, 2004).

Tableau I: Composants majeurs typique d'eau usée domestique (ZEGHOUD, 2014).

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	100

I-3-1 Matières en suspension

Les matières en suspension représentent l'ensemble des matières solides et colloïdales floculées, organique ou minérales, contenues dans une eau usée et pouvant être retenue par filtration ou centrifugation. Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (FABY, 1997).

I-3-2 Micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes (**BAUMONT et al., 2004**).

I- 3-3 Substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare (**FABY, 1997**).

I-3-4 Micro-organismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires, Helminthes (**BAUMONT et al., 2004**).

I-4 Pollution des eaux usées

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons (**LADJET, 2006**).

I-4-1 Principaux types de pollutions

I-4-1-1 Pollution physique

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (**BOUZIANI, 2000**).

La pollution physique désigne l'autre type de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz (**BOUDJEAL et DJOUDI, 2003**) et la pollution radioactive (**BOUZIANI, 2000**).

I-4-1-2 Pollution chimique

Elle est due au diversement des substances chimiques telles que les hydrocarbures, détergents, les biocides (pesticides, organochlorées et organométalliques), Les métaux lourd (zinc, cadmium, mercure...) ou encore à la dissolution des sels minéraux (nitrates, nitrite, et chlorures) (**BELLANT et PERES, 1974**).

I-4-1-3 Pollution biologique

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes.

L'importance de la pollution dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire (**THOMAS, 1995**), les bactéries, les protozoaires et helminthes (**BAUMONT et al., 2004**).

I-5 Effets des eaux usées sur le milieu récepteur

Les eaux usées ont des impacts sur les milieux aquatiques mais également sur la santé de l'homme.

I-5-1 Impacts sur la santé

L'eau usée ou l'eau polluée est responsable de maladies graves chez l'homme, bien souvent mortelles dans les pays en voie de développement, ces maladies est d'origines hydrique :

Sont des maladies (de l'eau sale), causées par une eau qui a été contaminée par des déchets humaines, animaux ou chimiques. Dans le monde entier, le manque de stations d'épuration des eaux usées et d'eau salubre destinée à la boisson, à la cuisson des aliments et à l'hygiène est responsable de plus de 12 millions de morts par an. Les maladies d'origines hydriques englobent le choléra, la typhoïde, la fièvre, la méningite, des virus et des protozoaires qui causent ces maladies. (**HARIZI et METCHAT, 2012**).

I-5-2 Impacts sur l'environnement

I-5-2-1 Oxygène dissout

C'est un élément nécessaire au développement de toute forme de vie. Le processus de purification naturelle des cours d'eau requiert des niveaux d'oxygène adéquats pour assurer la vie aérobie dans l'eau. Lorsque les niveaux d'oxygène dissout dans l'eau tombent au-dessous de 5 mg/l, la vie est menacée. (**HARIZI et METCHAT, 2012**).

I-5-2-2 Nitrate

Les composés azotés servent de substances nutritives dans les cours d'eau et les rivières. Les réactions au nitrate [NO_3^-] dans l'eau douce peuvent provoquer un appauvrissement en oxygène. Par conséquent, les organismes aquatiques dépendent de l'oxygène présent dans les cours d'eau ne pourront pas suivre.

- Forme ammoniacale toxique pour les poissons.
- Peut contribuer à l'eutrophisation.
- Les bactéries présentes dans l'eau transforment rapidement les nitrites [NO_2^-] en nitrates [NO_3^-] (**HARIZI et METCHAT, 2012**).

I-5-2-3 Phosphate

Les pluies peuvent causer le drainage de différentes quantités de phosphates depuis les terres agricoles vers les cours d'eau avoisinants. Le phosphore stimule la croissance du plancton et des plantes aquatiques, aliments favoris des poissons. Cette croissance stimulée peut engendrer une augmentation de la population de poissons et améliorer la qualité globale de l'eau. Une présence trop importante de phosphates dans l'eau risque d'entraîner la prolifération des algues et des plantes aquatiques, saturant ainsi le milieu et consommant beaucoup d'oxygène (**HARIZI et METCHAT, 2012**).

I-5-2-4 pH

L'impact le plus important du pH sur l'environnement porte sur les effets synergiques. La synergie implique la combinaison d'eau moins deux substances générant des effets supérieurs à leur somme. Ce processus est important pour les eaux de surface. Le ruissellement provenant des zones agricoles, urbaines et industrielles peut drainer du Fer, de l'Aluminium, de l'Ammoniac, du Mercure ou d'autres éléments. Le pH de l'eau déterminera les effets toxiques, le cas échéant, de substances (**HARIZI et METCHAT, 2012**).

I-6 Caractéristiques des eaux usées

I-6-1 Caractéristiques physiques

I-6-1-1 Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. 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. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**RODIER, 1996**).

I-6-1-2 Conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**REJSEK, 2002**).

I-6-1-3 Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (**REJSEK, 2002**).

I-6-1-4 Matière en suspension (MES)

Selon **REJSEK (2002)**, la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 μ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à 100 μ m) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte

une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constitue la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10.2 μm).

I-6-2 Caractéristiques chimiques

I-6-2-1 pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (**CHAPMAN et al., 1996**).

I-6-2-2 Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (**LADJEL, 2006**).

I-6-2-3 Demande biologique en oxygène

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5 (**SUSCHKA et al., 1986**).

I-6-2-4 Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies. (**RODIER, 1996**).

Elle est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu.

L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesurée en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$ (**TARADAT, 1992**).

I-6-2-5 Carbone organique total

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). Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments

inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la 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**).

I-6-2-6 Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH_4^+

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (GAUJOUS, 1995).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux. L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. 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 (**TARAMOUL, 2007**).

I-6-2-7 Nitrites (NO_2^-)

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). 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, 2009**).

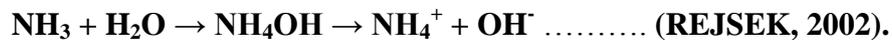
I-6-2-8 Nitrates (NO_3^-)

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

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

I-6-2-9 Azote ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



I-6-2-10 Phosphore

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, poly-phosphatés, phosphore organique ...; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique.

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les poly-phosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux (**BONTOUX, 1993**).

I-6-2-11 Métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel. Leur présence est nuisible pour l'activité des micro-organismes donc elle perturbe le processus d'épuration biologique (**TCHIOMOGO, 2001**).

I-6-3 Caractéristiques bactériologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes (**BELAID, 2010**).

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (**TOZE, 1999**).

I-6-3-1 Coliformes totaux et fécaux

Sous le terme de «coliformes» est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO). Le terme «coliforme" correspond à des organismes en Bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement Anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance.

Les coliformes fécaux sont appelés aussi les coliformes thermo-tolérants, ce sont des coliformes qui fermentent le lactose mais à 44 °C. Le germe *Escherichia coli* est le type de coliformes fécaux d'habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante (RODIER, 2005)

I-6-3-2 Bactéries sulfito-réductrices

Selon REJSEK, les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et celles de *Clostridium perfringens* peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites. De plus, *Clostridium perfringens*, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence. Donc la nomenclature sulfito-réducteurs est attribuée à ces germes car ils ont comme point commun de réduire le sulfite de sodium en sulfure selon la réaction suivante :



I-7 Procédés du traitement des eaux usées dans une station d'épuration

Avant tout procédé d'évacuation ou réutilisation des eaux usées, le traitement de ces derniers est nécessaire pour protéger l'environnement et la santé publique ainsi que la santé animale de tout danger.

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station, il résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles (**AMIR, 2005**).

I-7-1 Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particuliers les plus grossiers (**LADJEL, 2006**). Il comporte trois parties principales :

I-7-1-1 Dégrillage

Les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle qui arrivent à la station d'épuration passent d'abord à travers des grilles à barreaux plus au moins espacés ou de tamis rotatifs qui retiennent les éléments les plus volumineux (**DEGREMONT, 2005**) ce traitement permet de protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation (**KAROUNE, 2008**).

I-7-1-2 Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux, les conduites et les installations et de protéger les unités de traitement contre l'abrasion (**JARDE, 2002**).

I-7-1-3 Déshuilage-Dégraissage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite (**CARDOT, 1999**).

I-7-2 Traitement primaire

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (**FAO, 2003**). À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette

part de DBO₅ supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires (**BONTAUX., 1994**).

I-7-3 Traitement secondaire

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation.

Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Les microorganismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floccs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes (**BOUMEDIENE, 2013**).

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

I-7-3-1 Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.

I-7-3-2 Procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. (**BENELMOUAZ A, 2014**).

I-7-3-2-1 Disques biologiques

Le procédé de traitement des eaux usées par des disques biologiques ou biodisques, est un procédé de traitement biologique à cultures fixées. Le réacteur biologique est constitué de plusieurs disques minces en plastique montés sur un axe horizontal. Les micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique sont fixés naturellement sur les disques et forment un biofilm d'une épaisseur d'environ 1 à 4 mm. Environ 40% de la surface des disques est immergée.

Le mouvement rotatif des disques autour de l'axe expose alternativement la biomasse à l'atmosphère et aux eaux usées permettant ainsi l'aération et le mélange des eaux usées. Les forces de cisaillement créées par le mouvement de rotation limitent l'épaisseur du biofilm et entraînent un détachement de la biomasse excédentaire, qui est ensuite séparée de l'effluent au moyen d'un décanteur secondaire (**FERCHICHI et al., 1994**).

I-7-3-2-2 Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅ (**GAID, 1984**).

I-7-3-2-3 Boues activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester et repose sur la constatation suivante: une eau d'égout aérée permet le développement rapide d'une flore bactérienne capable de dégrader des matières organiques polluantes. Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau usée se développent et s'agglomèrent en flocons. Au repos, ces derniers se séparent très bien de la phase liquide par décantation. Le principe du procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'aération). Afin d'éviter la décantation des flocons dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante (**DHAOUADI, 2008**).

I-7-4 Traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires (**FRANCK, 2002**). Il regroupe toutes

les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (OUALI, 2001).

I-7-4-1 Elimination de l'azote

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique :

- **Nitrification** : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes :
 - ✓ Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas).
 - ✓ Nitrification : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter).

La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4^+) en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie (DAHOU et al., 2013)

- **Dénitrification** : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu (DAHOU et al., 2013)

I-7-4-2 Dé-phosphatation

L'élimination du phosphore concerne les traitements de dé-phosphatation, soit physicochimique soit biologique. La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la dé-phosphatation physicochimique (REJSEK, 2002).

La dé-phosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et s'effectuer soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final (GROSCLAUDE, 1999).

I-7-4-3 Désinfection

La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines (ERU) varient suivant la nature du milieu récepteur. (GROSCLAUDE, 1999).

I-8 Traitement des boues

Les traitements biologiques ou physico-chimiques utilisés pour l'épuration des eaux résiduaires génèrent une production importante de boues diluées (> 99% d'eau) et contenant de la matière organique fermentescible. Les deux principaux objectifs de la filière de traitement des boues seront donc :

- De stabiliser les matières organiques pour éviter toute fermentation incontrôlée qui entraînerait des nuisances olfactives,
- D'éliminer un maximum d'eau afin de diminuer les volumes de boues à évacuer.

Après une étape préalable d'épaississement permettant de concentrer les boues, la stabilisation de la matière organique est réalisée grâce à des procédés biologiques ou physico-chimiques. L'étape finale de déshydratation permettra d'extraire le maximum d'eau (**GROSCLAUDE, 1999**).

I-8-1 Incinération des boues

Donc le problème des boues se pose en termes d'évacuation ; trois solutions sont possibles :

- La mise en décharge de boues stabilisées et déshydratées mais n'est plus réalisable à partir de 2002 ;
- La valorisation agricole par épandage sur des sols agricoles où elles vont jouer un rôle d'engrais. Elles sont utilisées sous forme liquide, solide ou sous forme de composte, mais toujours stabilisées ;
- L'incinération qui présente un intérêt pour les boues auto-combustible, c'est-à-dire fraîches et déshydratées (**REJSEK, 2002**). Quelle que soit la technique d'incinération, les fumées doivent être traitées avant rejet dans l'atmosphère. Ce traitement est d'autant plus complexe que la charge en poussière des fumées est élevée. Réalisé en plusieurs étapes, le traitement des fumées peut nécessiter un pré-cyclonage, un dépoussiérage électrostatique, un lavage, voir éventuellement une oxydation catalytique (**GROSCLAUDE, 1999**).

I-9 Problèmes biologiques dans le procédé à boues activées

I-9-1 Foisonnement des boues activées

On entend par foisonnement filamenteux, appelé "Bulking sludge" dans le langage anglo-saxon, la présence des bactéries filamenteuses qui perturbent les propriétés de décantation de la boue (indice de boue élevé supérieur à 200 ml/g) et donc compromettent la qualité de l'eau épurée. Les nuisances provoquées par les filaments bactériens sont

proportionnelles à leur densité et surtout à leur longueur. Elles dépendent également des espèces filamenteuses présentes, certaines étant plus pernicieuses que d'autres

(**DEGREMENT, 2005**).

I-9-2 Moussage

Dans certains cas extrêmes, les mousses peuvent représenter jusqu'à 1/3 de la biomasse totale, avec des concentrations en matières sèches pouvant atteindre 100 mg/l, voire des hauteurs dépassant un mètre. Les paramètres de fonctionnement (charge massique) et d'exploitation de la station sont alors fortement dégradés par cette situation (diminution du transfert d'oxygène). En raison de sa stabilité, la mousse est très difficile à éliminer par des moyens chimiques, même si l'aspersion de la boue par de l'eau chlorée peut constituer, à court terme, une méthode intéressante (**DEGREMENT, 2005**).

I-9-3 Remontée de boues

Un problème parfois rencontré avec des boues à bonne décantabilité est la remontée ou la flottation de floccs à la surface du clarificateur. La cause la plus courante en est la dénitrification, réaction au cours de laquelle les nitrates et les nitrites sont convertis en azote gazeux. A partir d'une concentration critique en bulles de gaz au sein du lit de boue, une partie des floccs remonte ou flotte à la surface. Le phénomène se différencie du foisonnement par la présence de petites bulles de gaz attachées aux matières en suspension.

Ce phénomène est couramment observé dans les stations à boues activées nitrifiantes où dénitrification est insuffisante, et dans les stations dimensionnées pour le carbone, mais où la température élevée encourage la nitrification et où la biomasse est très active en raison du faible âge de boue (**BOUDHANE et al., 2016**).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Cette étude consiste à effectuer les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux brute et des eaux épurée de la station d'épuration STEP de la ville de KOLEA (wilaya de Tipaza), durant une période de 03 mois (allant de Février jusqu'au Mai).

Les différentes analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau de laboratoire de la STEP de CHENOUA et les analyses bactériologiques au laboratoire SEAAL de KOUBA.

II-1 Présentation du site d'étude

II-1-1 Implantation



Figure N°1 : Vue satellitaire de la STEP de KOLEA (Google earth search. 2018).

La station d'épuration est implantée dans la partie la plus basse de la ville de KOLEA, à proximité de l'oued MAZAFRAN. Elle s'étend sur un terrain de 180mx150m, soit 27000 m² (2,7hectares).

II-1-2 Données de base de la station

La station d'épuration de KOLEA a été mise en service en 1986 et exploitée par la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL) à partir de 2012.

Le procédé d'épuration adoptée est une **Boue Activée** à faible charge, épure les eaux usées urbaines, notamment les eaux domestiques avec déshydratation mécanique des boues par filtre à bandes.

Le génie civil a été réalisé par European Network for Individualized Treatment of Endometrial Cancer (L'E.N.I.T.E.C) d'EL-HARRACH en collaboration avec la société belge PASSAVANT concernant l'étude (dimensionnement) et fourniture des équipements. Le montage de ces équipement a été assure par L'E.N.I.T.E.C.

II-1-3 Débits

En ce qui concerne les débits, la station a été dimensionnée selon les données suivantes :

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

Paramètres	Entrée
Débit nominal (m ³ /j)	10 910
Débit moyen horaire (m ³ /h)	460
Débit de pointe de temps sec (m ³ /h)	
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /h)	

Tableau III : Charge de pollution à l'entrée de la station :

Type de pollution	Charge organique
Charge en DBO ₅ (mg/l)	197
Charge en DCO (mg/l)	395
Charge en MES (mg/l)	330

II-1-4 Capacité d'accueil

La ville de KOLEA est dotée d'une station d'épuration conçue pour 75 000 eq/hab et une charge hydraulique correspondant au débit de point de 10910 m³/j à l'horizon de 2010. Le module d'extension objet de cette marche prendra en charge l'évolution de la pollution jusqu'à l'horizon 2020.

II-2- Descriptions de la station

II-2-1 Arrivée des eaux brute

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



Figure N°02 : Arrivée des eaux brute (photo originale)

II-2-2 Station de relevage

La station de relevage contient trois 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 1.5m une 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. Les pompes démarrent en séquence c'est-à-dire, chaque autre démarrage commence par une autre pompe et ainsi de suite.



Figure N°03 : Station de relevage (photo originale)

II-2-3 Prétraitement des eaux usées

II-2-3-1 Dégrillage grossier

La première étape du prétraitement est assurée par un Dégrilleurs grossier (grille verticale) pour retenir les déchets les plus volumineux et protéger les équipements implantés en aval.

Chaque dégrilleur peut être isolé par la mise en place de batardeaux.

Ces appareils sont dimensionnés par :

- Largeur d'un dégrilleur
- Débit maximum admissible par dégrilleur
- Espacement entre barreaux

Le Dégrilleur est implanté dans un ouvrage spécifique.



Figure N°04 : Dégrilleurs grossier (photo originale)

II-2-3-2 Dessablage

Après l'élimination des déchets solides, les effluents sont ensuite admis dans un ouvrage circulaire, pour subir une élimination des sables par sédimentation, un déssableur en béton armé est installé en aval du dégrilleur grossier. Il est dimensionné pour un débit $123 \text{ m}^3/\text{h}$.

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

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



Figure N°05 : Déssableur (photo originale)

II-2-4 Traitement biologique

II-2-4-1 Bassins d'aération

La station de KOLEA a été dimensionnée pour fonctionner à faible charge, le traitement est effectué dans le compartiment aérobie à l'aide du processus aérobie par lequel les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. La concentration en oxygène est contrôlée par des sondes.

Chapitre II : Matériel et méthodes

La station est dotée de trois bassins d'aérations (40m×20m×4m) ; capacité unitaire 3200m³), chacun des bassins est équipé de 2 aérateurs de surface qui assure l'oxygénation et le brassage de la liqueur mixte.



Figure N°06 : Bassins d'aérations (photo originale).

En sortie des trois bassins d'aération, la liqueur mixte (boue biologique / eau épurée) transite par un ouvrage rectangulaire de répartition, qui fait également office de dégazeur, avant l'alimentation des 03 clarificateurs.



Figure N°07 : Dégazeur (photo originale).

II-2-4-2 Clarificateur (décanteurs)

Après la phase de contact entre l'eau décantée et la biomasse active dans le bassin d'aération, la clarification consiste à séparer par simple décantation l'eau épurée des boues activées. Cette étape est tout aussi importante que la précédente et indissociable.

Le traitement biologique conventionnel est donc composé du couple bassin

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

Chapitre II : Matériel et méthodes

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

Les racleurs de surface récupèrent et dirigent les écumes flottantes vers la bêche de reprise. Le Volume est de 1215m³.



Figure N°08 : Vue d'ensemble du clarificateur (photo originale).

II-2-4-3 Canal de comptage des eaux épurées



Figure N°09 : Canal venturi de comptage des eaux épurées (photo originale).



Figure N°10 : Rejet d'eau épurée (photo originale).

II-2-5 Traitement des Boues

La réduction de volume de boues est généralement réalisée par deux procédés : l'épaississement et la déshydratation.

II-2-5-1 Épaississement des boues

L'objectif de l'épaississement des boues est la réduction du volume par augmentation gravitaire de la concentration. Les boues alimentent l'ouvrage au centre et se précipitent au fond de l'ouvrage sous l'effet de la gravite, tandis que le surnageant récupéré au niveau de la goulotte rejoint le premier poste de relevage (conduite des retours en tête). Les boues épaissies au fond de l'ouvrage sont pompées vers la déshydratation. (Volume de l'épaississeur : 123m³).



Figure N°11 : Epaisseur (Photo originale).

Une partie de la boue est recyclée vers le bassin d'aération avec des pompes de recirculation pour maintenir la masse biologique nécessaire au fonctionnement de l'installation.



Figure N°11 : Pompes de recirculation (photo originale).

II-2-5-2 Déshydratation des boues

II-2-5-2-1 Préparation de polymère

Le conditionnement des boues par ajout de polymère est indispensable pour rendre possible leur déshydratation par filtres à bandes.

Le polymère, sous forme solide (existe aussi en émulsion), est dissous lentement dans une première cuve appelée bac de préparation. Une deuxième étape, phase de maturation consiste à agiter lentement la préparation pour parfaire dissolution du produit qui est ensuite stocké dans un bac avant utilisation pour la déshydratation. La préparation de la solution mère de polymère s'effectue en continu.



Figure N°13 : Préparation de polymère (photo originale)

II-2-5-2-2 Déshydratation mécanique des boues

Le système de déshydratation est basé 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 les boues épaissies dans le réacteur cylindrique ou elles sont séchées automatiquement par la pression des tapis l'un sur l'autre. Les boues sont déchargées automatiquement puis transportées par une bande transporteuse inclinée qui sert les évacuer dans un camion ensuite déchargées dans une aire de stockage.



Figure N°14 : Déshydrateur mécanique (photo originale)

II-3 Echantillonnage

Pour la détermination de la pollution dans la station, il exige une réalisation d'échantillonnage. La station effectue deux types d'échantillons : Echantillon des boues et échantillon d'eau. Le prélèvement se fait manuellement par un opérateur.

Notre l'échantillonnage a été effectué deux à quatre fois par mois sur une période d'un mois du (Février au Mai) avec un total de 12 prélèvements pour les analyses physico-chimiques et deux prélèvements pour les analyses bactériologiques.

II-3-1 Point de prélèvement

Pour établir la qualité de l'eau épurée de la STEP, il y a trois points de prélèvement :

- **Premier point** : à l'entrée de la station après le dégrilleur.
- **Deuxième point** : le bassin biologique.
- **Troisième point** : à la sortie de la station.

II-3-2 Technique de prélèvement

II-3-2-1 Analyse physicochimique

- Vérification de débit de pointe.
- Noter les postes de prélèvement en service lors de la prise.
- Prendre les bouteilles dans une glacière pour la conservation des échantillons à température 4C°.
- La prise des échantillons par un préleveur de 1L.
- Rincer les flacons plusieurs fois à l'eau brute et le préleveur.
- Noter s'il y a une odeur.
- Noter la météo.

II-3-2-2 Analyse bactériologique

Les échantillons doivent toujours être prélevés avec toutes les conditions d'asepsie nécessaires dans des contenants stériles de verre ou de polyéthylène à large ouverture, de capacité d'environ 250 ml, en laissant un espace d'air d'au moins 2.5 cm entre la surface du liquide et le bouchon.

II-3-3 Prélèvements des eaux usées processus STEP

II-3-3-1 Prélèvement d'eau

Le prélèvement d'eau usée est effectué par :

- Des préleveurs automatiques
- Manuellement

a. Préleveurs automatiques

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

Le temps de remplissage de chaque flacon est de 24 heures divisées par le nombre de flacons du préleveur (12 flacons). Chaque 12 minute on prélèvera 100 ml (1000 ml litre chaque 2 heures).

- Reconstitution de l'échantillon moyen proportionnel au débit :

V_f : volume du flacon (prélèvement) ;

Q_f : volume d'entrée pendant la tranche horaire du prélèvement dans le même flacon ;

Q : volume total d'entrée.

V_p : volume à prélever.

$$V_p = V_f \times (Q_f/Q) \text{ ml}$$

Ce volume est multiplié par deux pour avoir un volume final de 2L.



Figure N°16 : Prélèvement automatique de la station.

b. Prélèvement manuel

En cas d'absence ou de panne de préleveurs, un opérateur désigné par le chef d'exploitation effectue les prélèvements selon le planning. Chaque 2h il prélève 1000 ml entre 8 h et 16 h, à chaque étape du traitement (eau brute, traitée), ces prélèvements sont transmis au laboratoire.

On prend à chaque prélèvement 500 ml pour la reconstitution de l'échantillon moyen et la conservation au réfrigérateur.

Tableau IV : Prélèvements de la filière eau

Type de prélèvement	Étape du traitement	Qui	Durée du prélèvement	Délai du prélèvement	Quantité
Automatique	Eau brute, eau épurée	préleveur	24h	Chaque 12 min	1000 ml/2h
Manuel	Eau brute, eau épurée, en cas de panne du préleveur	opérateur	8h et 16h	Chaque 2h	1000 ml

II-3-3-2 Prélèvement de boue processus STEP

L'opérateur effectue des prélèvements instantanés sur les boues selon le planning de prélèvement, il prend du mélange pour chaque bassin d'aération : 2 L de boue activée.

Les échantillons sont transmis au laboratoire (SEAAL). dans une glacière (4°C) et conservés au réfrigérateur.

II-4 Matériel

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

II-5 Méthodes d'analyses

II-5-1 Analyses physico-chimiques

Les analyses des différents paramètres de pollution au niveau de la station d'épuration de KOLEA sont menées comme suite (**Tableau VI**).

Tableau VI : Fréquence des analyses effectuées au niveau de la station de KOLEA.

Analyses journalières	Analyses hebdomadaires
Température	DCO
PH	DBO ₅
Conductivité électrique	Nitrite (NO ₂ ⁻)
MES.MVS	Nitrate (NO ₃ ⁻)
	Ammoniac (NH ₄ ⁺)
	Azote totale (N _T)
	Ortho-phosphate (PO ₄ ³⁻)
	Phosphate totale (P _T)

II-5-1-1 Détermination électrique du PH avec électrode combinée à une sonde de Température

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

II-5-1-2 Détermination de la Conductivité électrique

- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions (température ambiante, hygiène).
- Remplir un bêcher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité.
- Mettre l'électrode dans le bêcher, puis appuyer sur la touche READ, la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de micro siemens par. Centimètre. ($\mu\text{S}/\text{cm}$), ou bien (milli Siemens/cm) milli siemens par centimètre.

II-5-1-3 Détermination de la matière en suspension MES

II-5-1-3-1 Méthode par filtration

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à température ambiante.

- Peser le filtre à 0,100 mg.
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.
- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement et d'un seul trait 200 ml dans une fiole jaugée.
- Le résultat doit, pour être correct, être obtenu à partir d'un résidu sec (après filtration) d'au moins 2 mg.
- Verser les 200 ml d'échantillon dans l'entonnoir, puis rincer la fiole jaugée avec un peu d'eau distillée, et verser également dans l'entonnoir.
- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. Une fois l'échantillon filtré, rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates. Si nécessaire, le filtre peut être plié. Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à (105 ± 2) °C pendant au moins 2h.
- Retirer le tout de l'étuve, passé au dessiccateur environ 30 min puis peser (masse M_1).

✓ Calcul de la teneur en matière en suspension

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

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

P : teneur en matières en suspension. En mg/l.

V : Volume, en ml, de la prise d'essai.

M₀ : masse, en mg, de la capsule vide.

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

II-5-1-3-2 Méthode par centrifugation

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à 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/min durant environ 20 min. 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 pesée d'au moins 30 mg de matières 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 (masse M₀).
- Mettre le dépôt dans le creuset, sécher le tout à 105 °C pendant 2h. Passer au dessiccateur et peser à 0,500 mg 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.

II-5-1-4 Détermination de la matière volatile en suspension

Pour effectuer les MVS il faut analyser les MES

- Prendre la capsule qui a servi à l'analyse de MES, avec le dépôt dedans, après séchage à 105 °C et dessiccation (Masse M₁).
- Mettre la capsule dans un four à moufle à 550 °C pendant 1 heure.
- Sortir la capsule du four et la laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser la capsule, jusqu'à poids constant (Masse M₂).

➤ Calcul et expression des résultats

✓ Calcul de matière minérale

$$MM = (M_1 - M_2) \times 1000 / V$$

MM : Teneur en matière minérale, en mg/l.

M₁ : La masse de la capsule pleine après séchage à 105 °C et dessiccation en mg.

M₂ : La masse de la capsule pleine après calcination à 550 °C, en mg.

V : le volume d'eau traitée en millilitres.

✓ Calcul des matières volatiles sèches

$$MVS = MES - MM \text{ (mg/l)}$$

II-5-1-5 Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO₅ par méthode

BODTrack II

- Chauffez ou refroidir l'échantillon entre 19 à 21 °C

Chapitre II : Matériel et méthodes

- Homogénéisez l'échantillon dans un mixeur s'il contient de gros solide en suspension
- Choisissez la taille de l'échantillon correcte pour la plage d'échantillon (Tableau VII). Le mesurer dans une éprouvette graduée.
- Versez le contenu d'un sachet de substance nutritive dans l'éprouvette.
- Transférez l'échantillon préparé de l'éprouvette dans une bouteille BODTrackII
- Mettez un agitateur BODTrack II dans la bouteille, la fermez avec le couvercle hermétique.
- Mettez deux pastilles d'hydroxyde de potassium dans le couvercle hermétique ; mettez les bouteilles sur le châssis du BODTrack II.
- Connectez le tube avec la bouteille échantillon correspondante et serrez le couvercle hermétique. Mettez l'instrument dans l'incubateur devra être de 20 ± 1 °C
- Appuyez sur le numéro du canal correspondant à la bouteille. Appuyez sur la touche ON, le menu de sélection de la page apparaît.
- Utilisez les touches fléchées pour choisir la plage du test. Appuyez et continuez a appuyez sur ON pour démarrer le test, un graphique s'affichera. Pour la sélection de la gamme, on divise la valeur de la DCO (mesure au préalable) par le facteur de biodégradabilité de l'échantillon pour « estimer » la valeur de DBO_5

Tableau VII: Sélection du volume des échantillons.

Plage de la DBO_5 (mg/l)	Volume de l'échantillon (ml)
0 à 35	420
0 à 70	355
0 à 350	160
0 à 700	95

Au-delà de 700mg/, procéder pour dilution

II-5-1-6 Demande Chimique en Oxygène (DCO) par méthode Kit LCK114/314

Ce mode opératoire décrit la méthode de mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) pour deux gammes : 150 à 1000 mg O_2 /l haut gamme LCK 114) et 15 à 150mg O_2 /l (base gamme : LCK314) :

- Prendre une cuve de la gamme indiquée et bien l'agiter : L'agitateur de la cuve est obligatoire a fin de mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve DCO

- Pipetez 2 ml de l'échantillon dans la cuve
- Bien agiter Cuve à code barre.
- Chauffez le tube pendant 2h à 148 °C. Le chauffage de la cuve à 148 °C pendant 2 heure dans le thermostat LT200 est une étape essentielle, afin de permettre aux substances oxydable de réagir avec le bicarbonate de potassium sulfurique en présence de catalyseur le sulfate d'argent.
- Secouez énergiquement, laissez refroidir la cuve pendant un petit moment.
- Nettoyer la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié du DR3900
- La valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mg O₂/l.

II-5-1-7 Dosage des nitrates par méthode Kit Hach LCK339

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration des nitrates allant de 1-60mg/l NO₃ ou de 0.23-13.5 mg/l N-NO₃.

- Pipeter 1ml d'échantillon dans la cuve à code barre.
- Ajouter 0.2 ml de la solution A (LCK 339).
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en le retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet.
- Laisser reposer la cuve pendant 15min.
- Insérer la cuve dans le DR3900 après avoir nettoyer son extérieur en appuyant sur le menu code a barre.
- Le spectrophotomètre (DR 3900) indique des résultats en mg/l de N-NO₃.

II-5-1-8 Dosage des nitrites par méthode kit Hach LCK 341

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration des nitrites allant de 0.05-2mg/l NO₂ ou de 0.015-0.6 mg/l N-NO₂.

- Enlevez délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip détachable.
- Dévissez le Dosi Cap Zip.
- Pipeter 2ml de l'échantillon.
- Vissez immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement ; attendre 10min et mélanger de nouveau.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
- Le spectrophotomètre (DR3900) indique des résultats en mg/l de N-NO₂.

II-5-1-9 Dosage de l'Azote total LCK 338

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration de l'azote total allant de 20-100mg/l.

- Allumer le (DR3900)
- Pipeter 0.2 ml d'échantillon
- Ajouter 2.3 ml de la solution A et un pastis de B.
- Faire chauffer le tube d'essai à 100°C pendant 1 h.
- Laisser refroidir le tube pendant 15 min jusqu'à atteindre une température de 20°C.
- Ajouter un micro cap C et bien mélanger le tube à essai.
- Pipeter de tube à essai 0.5ml dans la cuve à code barre.
- Laisser reposer la cuve pendant 15min.
- Ajouter à la cuve à code barre 0.2 ml de la solution D.
- Insérer la cuve dans le DR3900 en appuyant sur le menu : programme code à barre.
- Le spectrophotomètre (DR3900) indique des résultats en mg/l de N.

II-5-1-10 Dosage de l'Azote ammoniacal par méthode kit Hach LCK302/ LCK303 /LCK305

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

- Enlevez délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip.
- Dévissez le Dosi Cap Zip.
- Pipeter 0.2 ml de l'échantillon dans la cuve à code barre pour LCK302/ LCK303 et 0.5ml de l'échantillon pour LCK305.
- Vissez immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut et Secouer énergiquement.
- Attendre 15 min ; bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code à barre.
- Le DR3900 affiche des résultats en mg/l de N-NH₄ ces résultats.

II-5-1-11 Dosage des Ortho-phosphates par méthode kit hach LCK 350

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration des ortho phosphates allant de 6 - 60 mg/l PO₄.

- Dévisser le Dosi cape Zip.
- Pipeter 0.4 ml de l'échantillon.

- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.5 ml de réactifs B.
- Visser un Dosi cape Zip en dirigeant le cannelage vers le haut.
- Mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite, laisser Reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau.
- Nettoyer bien l'extérieure de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code a barre.
- Le spectrophotomètre (DR3900) indique des résultats en mg/l de P- PO³₄.

II-5-1-12 Dosage du phosphore total par méthode kit hach LCK 350

Ce mode opératoire décrit une méthode d'analyse pour la détermination de la concentration du phosphore total allant de 2 -20 mg/l P-PO₄.

- Enlever délicatement la feuille de protection du Dosi cape Zip
- Dévisser le Dosi cape Zip.
- Pipeter 0.4 ml de l'échantillon.
- Visser le Dosi cape Zip en dirigeant le cannelage ver le haut.
- Secouer énergiquement.
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.5 ml de réactif B.
- Chauffer dans le thermostat à 100° C pendant 60 min.
- Pisser un Dosi cape Zip (LCK 350) gris sur la cuve.
- Mélanger le contenu de la cuve en le retournant plusieurs fois de suite,
- Laisser reposer la cuve pendant 10 min puis mélanger de nouveau.
- Nettoyer bien l'extérieure de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code a barre.
- Le spectrophotomètre (DR3900) indique des résultats en mg/l de P- PO³₄.

II-5-2 Contrôle des boues activées

II-5-2-1 Indice de décantation

Permet de déterminer le volume de floccs biologique présent dans un litre de boues activées.

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

II-5-2-2 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
 - 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 à 108 °C.
- ✓ **Expression de résultat**

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

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

V: Volume en millilitre de la prise d'essai

M_0 : Masse en milligramme de la capsule vide avant utilisation

M_1 : Masse en milligramme de la capsule et de son contenu après chauffage à 105°C

II-5-2-3 Indice de MOHLMAN

L'indice de MOHLMAN c'est le volume occupé dans l'éprouvette de 1000 ml par 1g de boue après une décantation de 30 minutes.

- Introduire dans une éprouvette 1 litre de boues prévenant de Bassin d'aération, prélevées après 15 à 20 mn 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

$$\text{IM} = \frac{\text{indice de decantation (ml/l)}}{\text{Masse de la matiere seche (ml/l)}}$$

II-5-2 Analyses Bactériologiques

II-5-2-1 Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d'*Escherichia coli*

méthode par filtration sur membrane

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

✓ Dénombrement et confirmation

- Après la période d'incubation, on dénombre (nombre c) les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers pigmentées en jaune que soit leur diamètre.
- Repiquer 5 à 10 colonies (nombre A) bien déterminées respectivement sur :
 - Le milieu T.S.A :
 - Déposer la colonie en stries sur toute la surface du milieu. Incubation à 36 ± 2 °C pendant $22 \pm 2h$.
 - Un bouillon au tryptophane :
- Incuber à 44 ± 0.5 °C pendant $22 + 2h$.
- Après la période d'incubation effectuer le double test de confirmation suivant :
 - **Sur le milieu T.S.A, un des deux essais à l'oxydase suivants :**
 - Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.
 - Essai avec réactif : verser sur un papier filtre 2 à 3 gouttes de réactif à l'oxydase puis étaler dessus à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

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

➤ Sur le bouillon au tryptophane, une recherche d'indole comme suit :

- Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
- L'apparition d'une coloration rouge brique à la surface du bouillon confirme la présence d'indole.
- Interprétation du teste de confirmation :
 - Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.
 - Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *Escherichia coli*.

✓ Expression des résultats

Calcul de la valeur a du nombre de bactéries coliformes :

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

$$a = 1 + \frac{b}{A} \times c$$

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

a : nombre total de colonies repiquée (cinq à dix colonies).

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

II-5-2-2 Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux Méthode par filtration sur membrane

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

✓ Dénombrement et confirmation

- Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.

Chapitre II : Matériel et méthodes

- Si des colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable 44 °C.
- Faire incuber à 44 ± 0.5 °C pendant 2h. Retirer de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

✓ **Expression des résultats**

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

III-1 Débit

Les résultats de débit obtenus sont résumés dans la figure suivante :

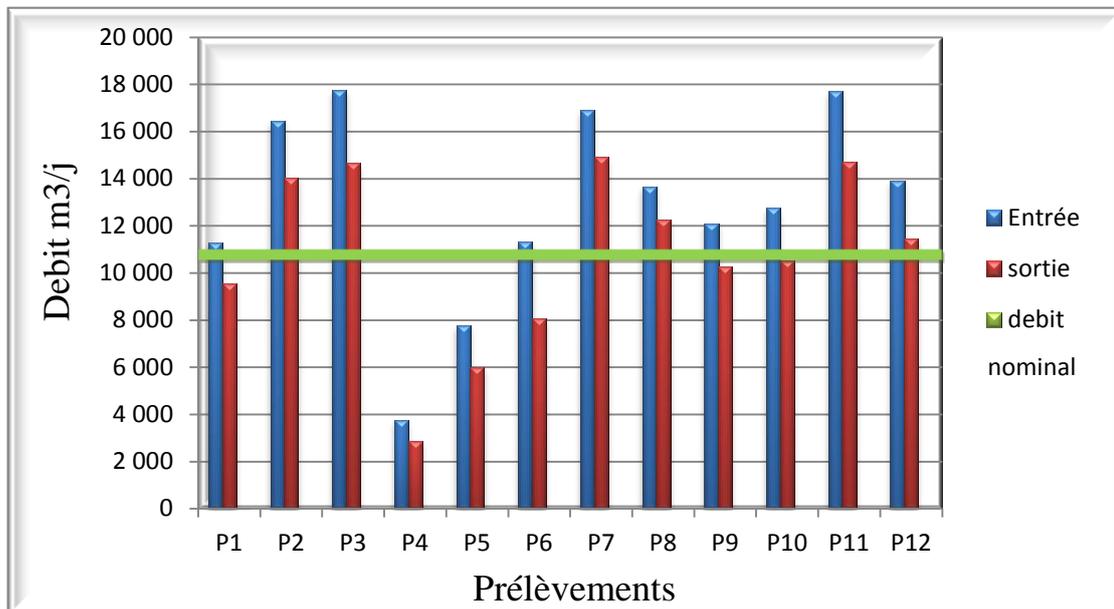


Figure N°16 : Variation du débit par rapport à l'entrée et la sortie.

La figure N°16, montre les teneurs en charge du débit de l'entrée et la sortie de la STEP de KOLEA,

On remarque que le débit de l'eau est variable entre 3740 m³/j et 17683 m³/j pour les eaux brutes avec une moyenne de 12936 m³/j et entre 2837 m³/j et 14896 m³/j pour les eaux traitée de la STEP, avec une moyenne de 10759 m³/j, avec un rendement d'élimination de 83%

On peut déduire une Augmentation considérable du débit à l'entrée avec dépassement du nominal (10910m³/j) suite à une augmentation du nombre de raccordés sur la station.

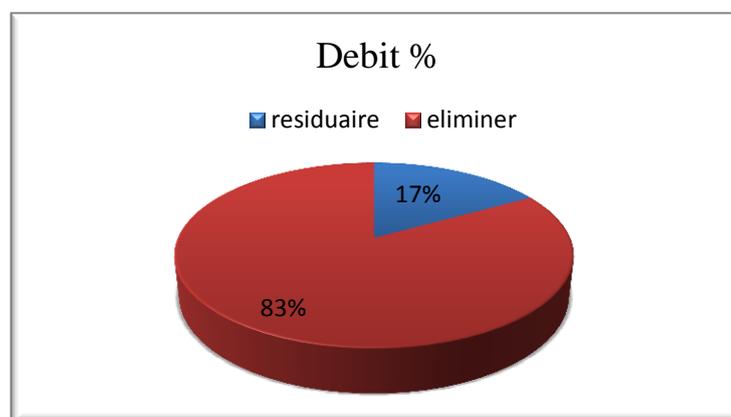


Figure N°17 : rendement du débit.

III-2 Résultats des analyses physico-chimiques

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau brute et épurée par la station d'épuration des eaux usées par boue activée de la ville de KOLEA

Afin de déterminer la qualité des eaux usées de la station d'épuration de KOLEA, nous avons effectué les analyses de différents paramètres de pollution physico-chimique et évalué le rendement de traitement physico-chimique.

Les résultats obtenus à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie sont consignés sur les figures au-dessous et dans les tableaux X de l'annexe III.

Ces résultats seront comparés aux normes de l'OMS relative au rejet des eaux usées appliqué en Algérie depuis 2006.

III-2-1 Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique) (GAUJOURS, 1995).

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

La figure suivante représente la variation de la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

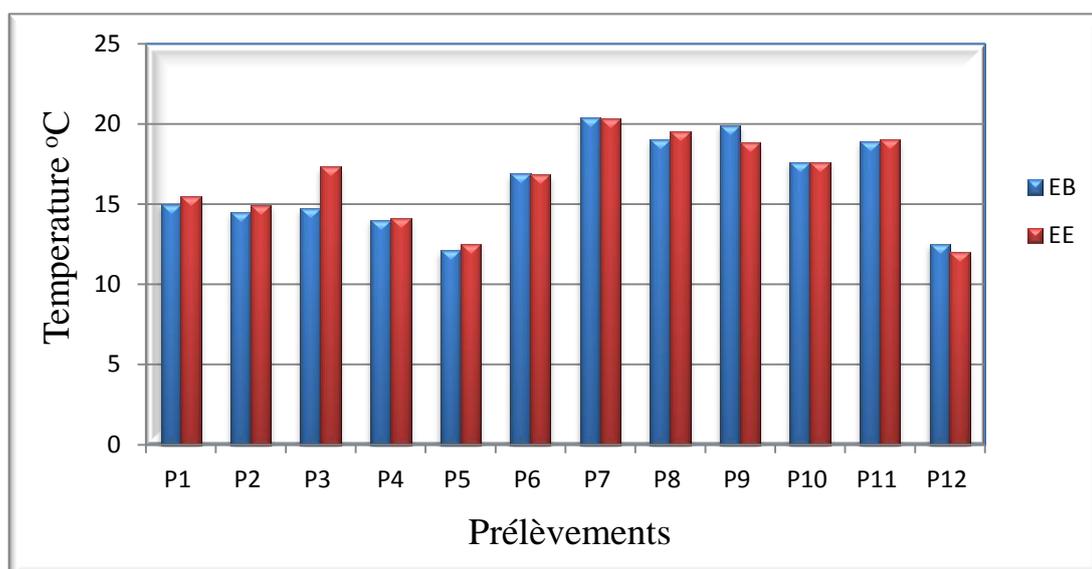


Figure N°18 : Variation de la température de l'eau brutes et l'eau épurée.

D'après les résultats obtenus (Figure N°18), on remarque que la température de l'eau est variable entre 12,1°C et 20,4°C à l'entrée de la STEP avec une moyenne de 16,29°C, et de 12°C à 20,3°C à la sortie de la STEP, avec une moyenne de 16,52°C.

Les résultats sont étroitement liés à la température de la saison, qui ne dépasse pas les normes de rejets: Inférieur à 30°C recommandées par l'OMS (2006) on peut dire qu'on a de bons résultats et que les normes sont respectées.

III-2-2 Potentiel d'hydrogène

Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les effluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (RODIER, 1996).

La figure suivante représente la variation du pH de l'eau brute et de l'eau épurée :

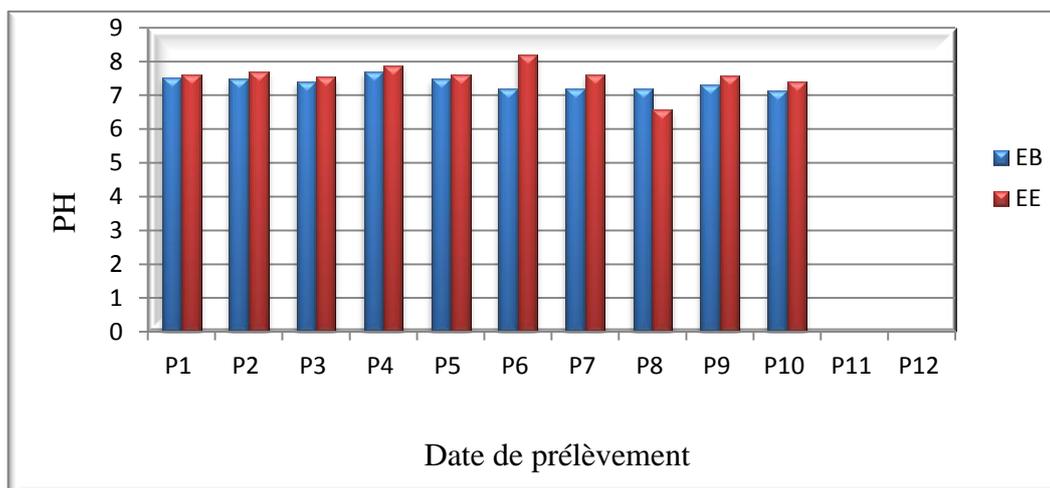


Figure N°19 : Variation du pH de l'eau brutes et l'eau épurée.

La figure N°19 représente les résultats du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP. En examinant les résultats obtenus dans la figure, il est clair que les valeurs du pH à l'entrée sont comprises entre 7,12 et 7,70 avec une moyenne 7,36 de ce qui est favorable pour l'action bactérienne. Les pH à la sortie varient entre 6,56 et 8,20 avec une moyenne de 7,56

Les valeurs du pH (entre 6,56 et 8,20) dans cette étude sont à la norme de rejet : $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ recommandée par l'OMS (2006). Cette variation est due aux réactions chimiques et/ou biologiques qui produisent des ions acides ou qui consomment des ions basiques (REJSEK, 2002).

III-2-3 Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est l'un des plus simples et plus importants paramètres pour le contrôle de la qualité des eaux usées (EDDABRA, 2011).

Elle donne une idée sur la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006).

La figure suivante représente la variation de la Conductivité à l'entrée et à la sortie de la STEP :

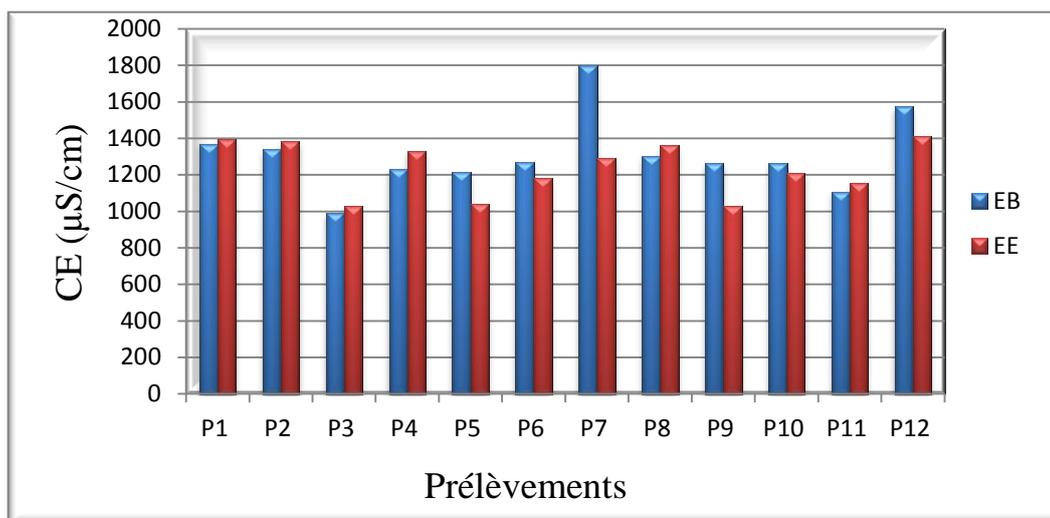


Figure N°20 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brutes et l'eau épurée.

D'après la Figure N°20, Les valeurs de l'entrée varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 987 µS/cm à un maximum de 1801 µS/cm avec une moyenne de 1304 µS/cm. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans les eaux qui arrivent à la STEP.

A la sortie, les valeurs de la conductivité électrique, se situent entre 1025 µS/cm et 1413 µS/cm avec une moyenne de 1234 µS/cm.

La moitié des valeurs de la conductivité des eaux usées de la sortie dépassent les normes de rejets (1250 µS/cm) par l'OMS (2006), ceci est probablement dû à un apport massif de détergents apportés par les eaux usées domestiques.

III-2-4 Matière en suspension

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable (FAO, 2003). L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau,

entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques (METAHRI, 2012).

La figure suivante représente la variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP :

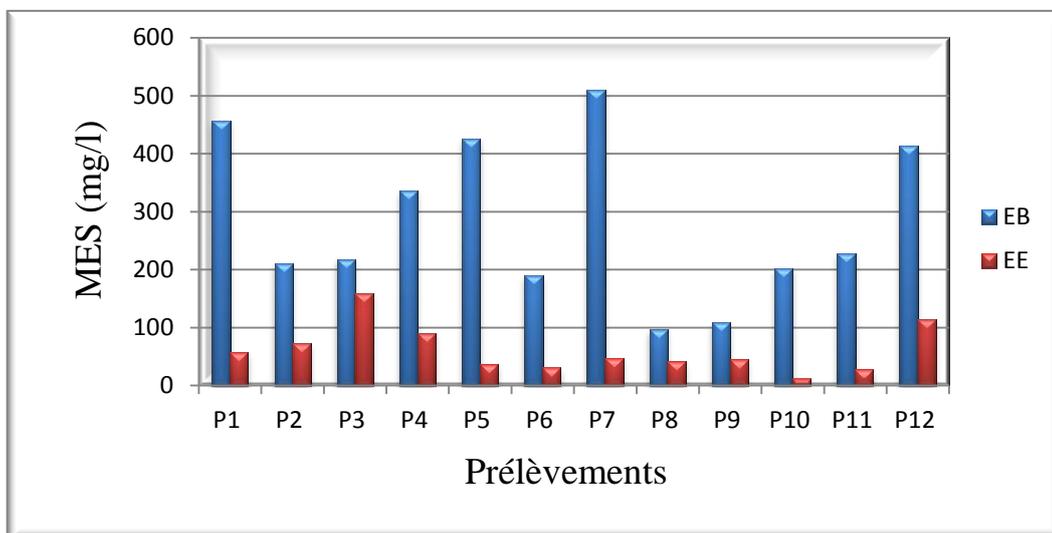


Figure N°21 : Variation des matières en suspension de l'eau brutes et l'eau épurée.

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante de MES entre les eaux brutes et traitées. Elles se situent entre 96 mg/l et 510 mg/l avec une moyenne de 282,83 mg/l pour les eaux brutes, ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet. Les remontées brusques de la concentration en MES observées probablement liées à un arrivage d'eau chargée en matière minérale à savoir le sable, limon, argile...etc.

En ce qui concerne les eaux traitées, le taux de MES varie entre 11,5 mg/l et 158 mg/l, avec une moyenne de 60,70 mg/l. Cette valeur est supérieure à la norme de rejets de l'OMS (2006) : 30 mg/l. Cette augmentation dépend de des effluents chargés en MES qui a reçue la station pendant cette période. Le rendement d'élimination moyen est de 79%.

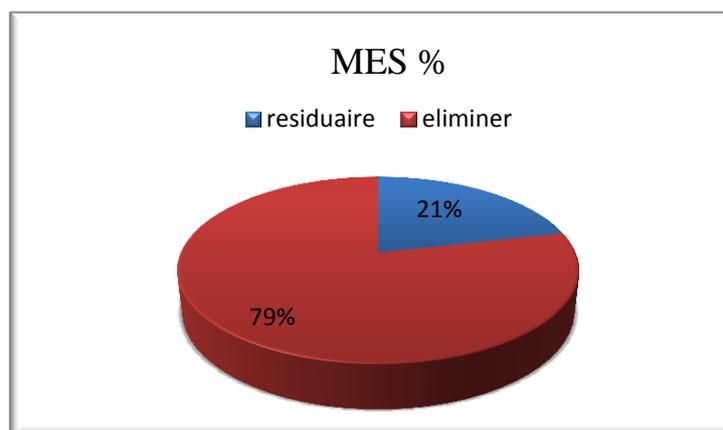


Figure N°22 : Rendement d'élimination de la MES.

III-1-5 Paramètre de pollution organique

III-1-5-1 Demande chimique en oxygène DCO

Dans le domaine des eaux usées, pour déterminer la pollution d'une eau, on utilise très souvent des paramètres globaux, qui décrivent la somme des pollutions provoquées par des polluants appartenant à un groupe déterminé de composés.

L'un de ces paramètres est la demande chimique en oxygène DCO, qui est une indication sur les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présentes dans l'eau (BLIEFERT et PERRAUD, 2001).

La figure suivante représente la variation de DCO de l'eau brute et de l'eau épurée :

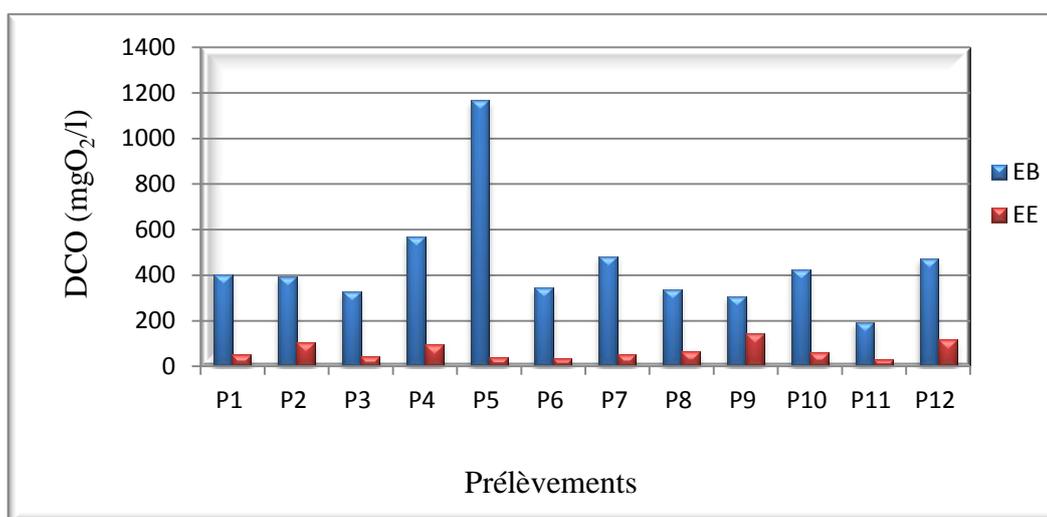


Figure N°23 : Variation de la DCO de l'eau brutes et l'eau épurée.

La figure N°23 , montre les valeurs de la concentration de la DCO des eaux brutes de la STEP qui varient entre 194 et 1166 mg/l avec une moyenne de 451,41mg/l, et des résultats compris entre 29,4 et 143mg/l et une moyenne de 69,21mg/l enregistrés à la sortie.

Il y'a des concentrations anormalement élevées sont obtenues en sortie de la filière de traitement pour ce paramètre pouvant atteindre jusqu'à 143 mg O₂/l. Ces valeurs sont supérieures à la norme de rejet de l'OMS (2006) : **90mg/l**, cette dernière peut être à cause de la mauvaise aération dans le bassin biologique.

Le rendement d'élimination moyen est de 85 %, donc on peut conclure qu'une grande partie de concentration chimique a été éliminée par ce procédé, car il y'a une dégradation de la charge polluante.

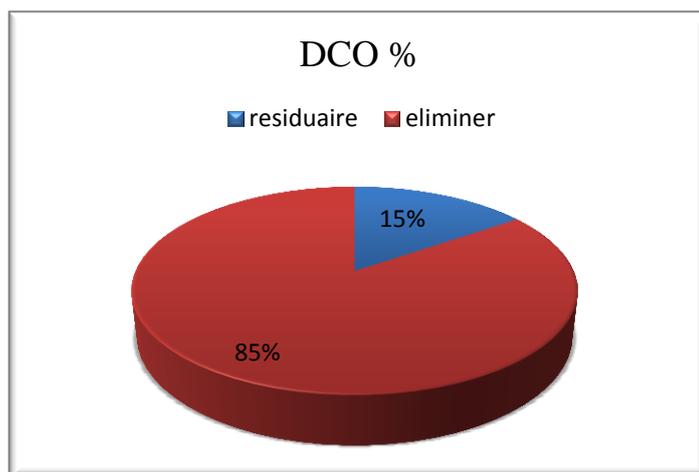


Figure N°24 : Rendement d'élimination de la DCO.

III-1-6-2 Demande biochimique en oxygène DBO₅

Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours (METAHRI, 2012) La figure suivante représente la variation de DBO₅ de l'eau brute et de l'eau épurée :

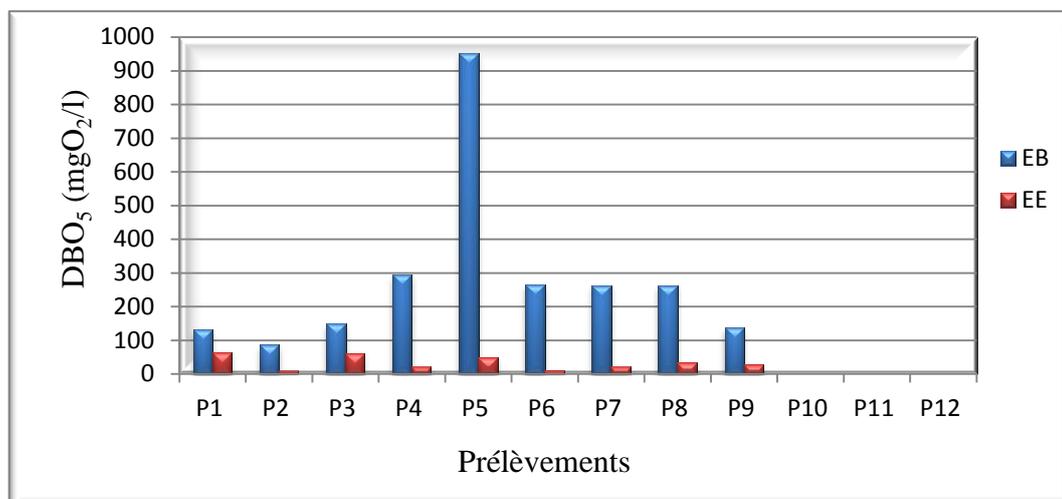


Figure N°25 : Variation de la demande biochimique en oxygène DBO₅ de l'eau brutes et l'eau épurée.

Les concentrations de la DBO₅ à l'entrée varient entre 86 mg/L et 950 mg/L, (soit une moyenne de 281,55 mg/l), pour les eaux traitées, elles varient entre 8,4 et 64 mg/l avec une moyenne de 33,05 mg/l.

On remarque que la DBO₅ de l'eau traitée en quelques jours est très élevés (supérieure aux normes de rejet de l'OMS (2006) >30 mg/l. A cause d'un dysfonctionnement du procès. Les autres valeurs sont généralement dans les normes de

rejet de l'OMS (2006) (inférieures à 30 mg/l). Le rendement d'abattement de la DBO₅ excède les 88 %.

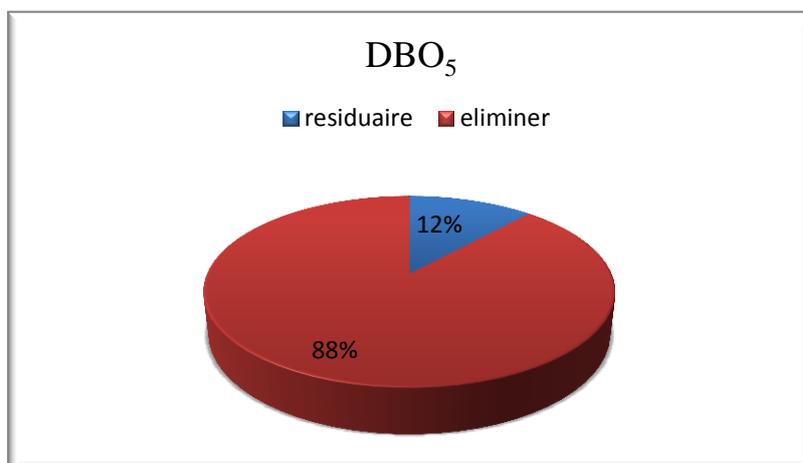


Figure N°26: Rendement d'élimination de la DBO₅.

III-1-6-3 Rapport de biodégradabilité

L'estimation du coefficient de biodégradabilité K est très important pour la recherche de la qualité de l'effluent qui est le rapport entre la demande chimique d'oxygène et la demande biologique, pour déterminer s'il y a des composants qui influencent la dégradation des matières organiques (les détergents).

$$K = \frac{DCO}{DBO_5}$$

Si:

- $1 < K < 1,5$: l'effluent est biodégradable;
- $1,5 < K < 2,5$: l'effluent est moyennement biodégradable;
- $K > 2,5$: l'effluent n'est pas dégradé

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 (CARDOT, 1999).

Le rapport DCO / DBO₅ détermine la possibilité de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Les valeurs sont comprises entre 0,04 et 2,24, Sauf la valeur $p_1 = 3,07$ est au-dessus de la norme, cela est peut être due à les eaux qui arrivent à la STEP sont mélangées avec des eaux d'origine industrielle qui sont raccordées au même réseau d'assainissement (réseau unitaire). Pour les valeurs qui restent durant toute cette étude, elles sont inférieures à 2,5 donc les effluents est biodégradable.

Chapitre III. Résultats et discussions

Tableau N° VII : Résultats des analyses et de la biodégradabilité des effluents.

Date de prelevements	DCO	DBO ₅	DCO / DBO ₅
P1 : 20/02/2018	403	131	3,07
P2 : 25/02/2018	394	86	0,04
P3 : 10/03/2018	326	148	2,20
P4 : 17/03/2018	568	294	1,93
P5 : 22/03/2018	1166	950	1,22
P6 : 27/03/2018	345	264	1,30
P7 : 06/04/2018	383	262	1,46
P8 : 08/04/2018	338	262	1,29
P9 : 16/04/2018	308	137	2,24
P10 : 18/04/2018	422	/	/
P11 : 03/05/2018	194	/	/
P12 : 15/05/2018	470	/	/

III-1-6 Matières volatiles suspensions MVS

Les matières volatiles en suspension représentent la partie organique des matières en suspension. La partie restante représentant les matières minérales. Cette partie organique comprend les particules de biomasse, vivante ou mort, ainsi que certaines particules organiques n'intervenant pas dans le processus de dépollution biologique. La figure suivante représente la variation de MVS de l'eau à brute :

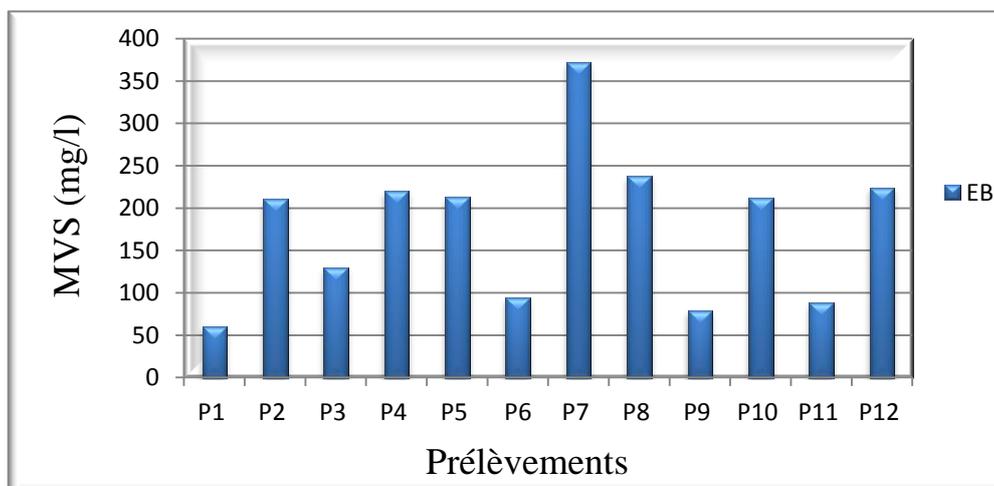


Figure N°27: Variation de la matière volatile sèche de l'eau brute.

Les résultats indiqués sur la figure montrent que les concentrations en MVS dans le bassin d'aération sont entre 60m g/l et 400 mg/l.

III-1-7 Matières azotées

III-1-7-1 Azote ammoniacal (NH_4^+)

L'azote se trouve dans l'effluent sous plusieurs formes qui peuvent être réparties dans l'une des deux classes suivantes : Azote organique (protéines, ..) et l'azote minéral (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) pour les eaux primaires d'origine domestique, l'azote se trouve principalement sous forme organique ou bien sous forme ammoniacale (NH_4^+), les nitrates et les nitrites ne représentent que 0.2% de l'azote totale des effluents brutes.

(GOUGOUSSIS, 1982).

La figure suivante représente la variation de NH_4^+ de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP :

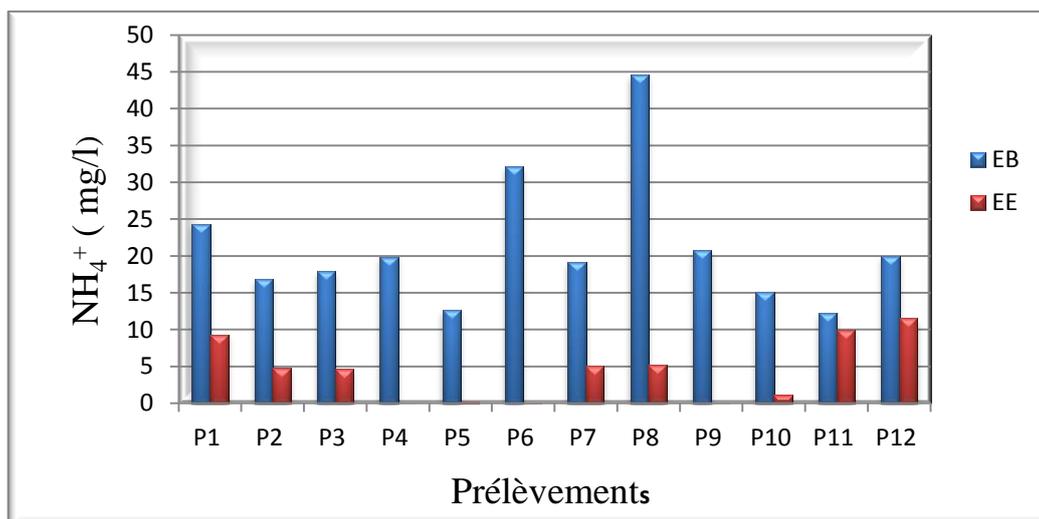


Figure N°28: Variation de l'azote ammoniacal (NH_4^+) de l'eau brute et l'eau épurée.

Selon les résultats représentés sur la figure N°28, on remarque que la concentration de l'azote ammoniacal dans l'eau brute varient entre 12,2 mg/l à 44,60 mg/l avec une moyenne de 21,14 mg/l alors qu'à la sortie, la valeur oscillent entre 0,054 mg/l et 11,5 mg/l avec une moyenne de 4,32 mg/l, ces valeur sont supérieure à la norme de rejet de l'OMS (2006) qui est **1mg/l**.

Alors, on constate que les taux de l'ammonium ont diminué considérablement au niveau des eaux usées traitées par apport aux eaux brutes. Selon **TALLEC et al., (2006)**, Cette réduction est liée à la présence des bactérie nitrifiante et dénitrifiant qui sont cultivées en culture libre (boue activée) est permettant l'oxydation de l'ammonium en

nitrate (la nitrification) et la réduction de nitrate en diazote gazeux (N_2) émis dans l'atmosphère (la dénitrification).

III-1-7-2 Nitrite (NO_2^-)

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrate (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (METAHRI, 2012).

La figure suivante représente la variation de (NO_2^-) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP :

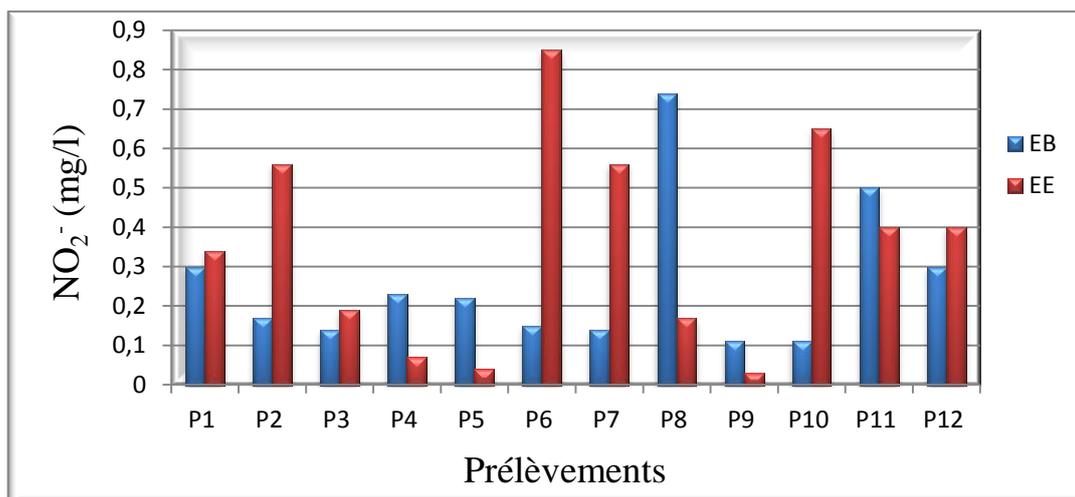


Figure N°29 : Variation du nitrite (NO_2^-) de l'eau brutes et l'eau épurée.

D'après les résultats obtenus sur la figure N°29, on remarque que la teneur en nitrite des eaux usées brutes est très faible variant de 0,11 à 0,74 mg/l avec une moyenne de 0,25 mg/l, et pour les eaux traitées on constate qu'elle oscille entre 0,03 et 0,85 mg/, avec une moyenne de 0.35 mg/l, donc les résultats sont inférieur aux normes de rejet de l'OMS (2006) : <1mg/l.

Selon CHOUBERT (2002), les nitrites préviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium ou la nitrification n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrification.

III-1-7-3 Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (**METAHRI, 2012**).

La figure suivante représente la variation de Nitrate de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

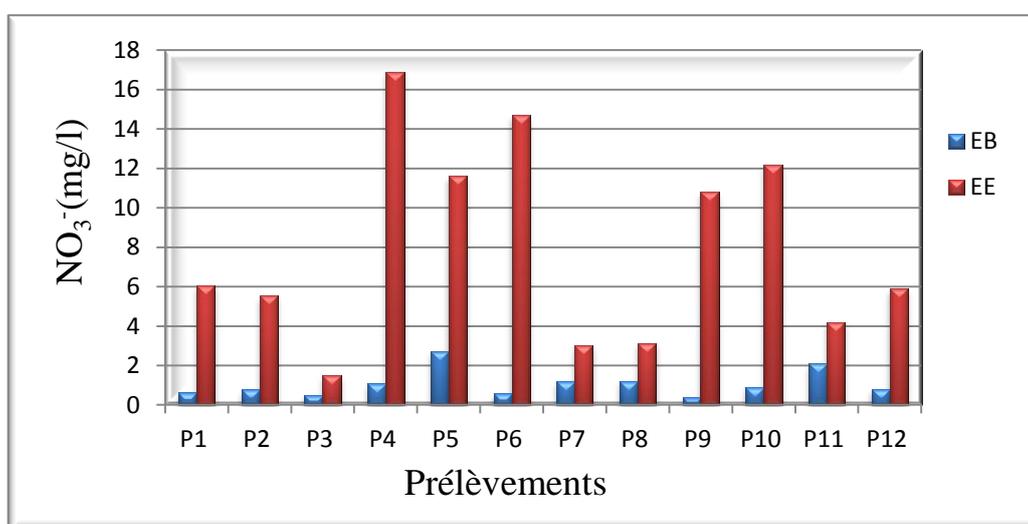


Figure N°30 : Variation du nitrate (NO_3^-) de l'eau brute et l'eau épurée.

Selon les résultats indiqués sur la figure N°30, on n'observe que les valeurs des nitrates obtenues d'après les analyses, varient entre 0,4 mg/l et 2,72 mg/l avec une moyenne de 1,07 mg/l à l'entrée et de 1,49 mg/l à 16,9 mg/l avec une moyenne de 7,95 mg/l à la sortie, sont supérieurs à la norme de rejets de l'OMS (2006) : < 1mg/l

La figure présente l'évolution des nitrates des eaux usées à la sortie de la STEP montre que les valeurs de nitrates après traitement biologique sont supérieures à celle des eaux brute, ce qui est toute à fait normal à cause de la nitrification de l'azote ammoniacal.

III-1-7-4 Azote total

L'azote se trouve dans l'eaux usées sous forme organique ou ammoniacal dissoute, il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de

toxicité par l'ammoniac gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniacque (NH_4^+) (MARTIN, 1979).

La figure suivante représente la variation de l'azote total de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP :

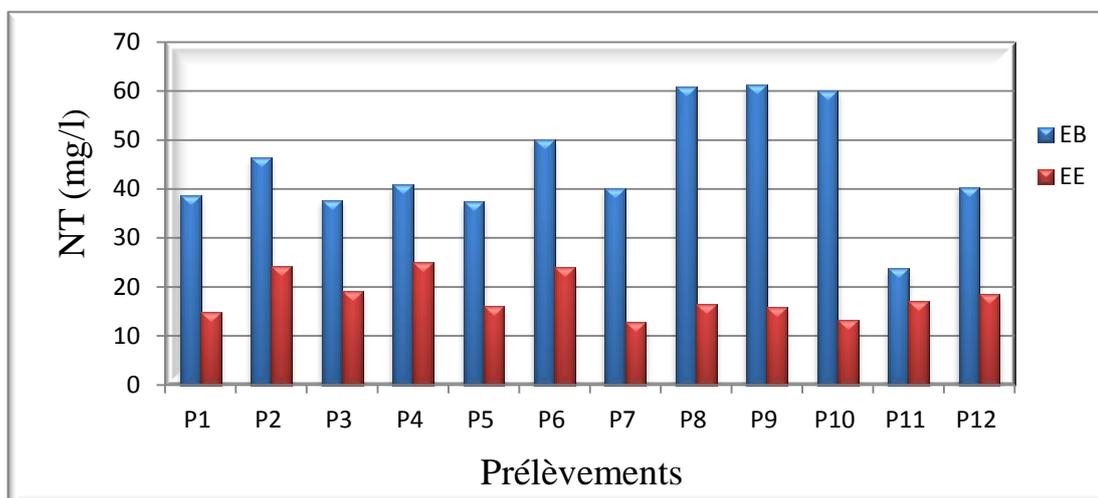


Figure N°31 : Variation de l'azote total (NT) de l'eau brute et l'eau épurée.

Selon les normes de l'OMS (2006) appliquées en Algérie, la valeur maximale de l'azote totale est de 50 mg/l, les valeurs sont comprises entre 37,4 et 61,2 mg/l avec une moyenne de 44,75 mg/l à l'entrée de la station, et entre 12,8 et 25 mg/l avec une moyenne de 18,06 mg/l à la sortie de la station avec un rendement d'élimination de 60%.

Les résultats de l'eau épurée ne dépassent pas 50 mg/l ce qui est conforme à la norme, cette faible diminution peut être expliquée par le phénomène de dénitrification biologique développée dans le bassin biologique

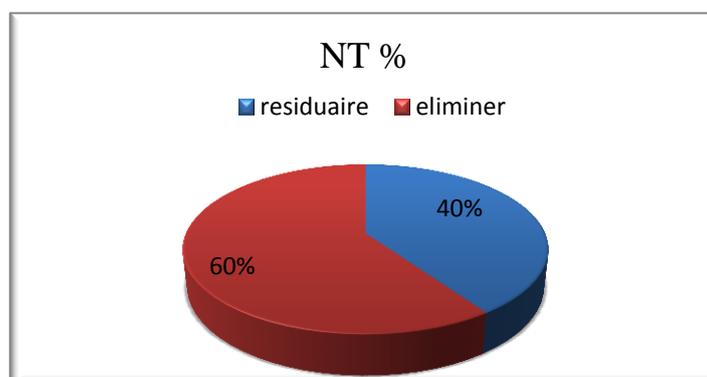


Figure N°32 : Rendement d'élimination de l'azote total.

III-1-8 Ortho-phosphate (PO_4^{3-})

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué : de phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l'hydrolyse des polyphosphates, de phosphore organique : phospholipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP (**DERONZIER et CHOUBERT, 2004**).

La figure suivante représente la variation d'orthophosphates (PO_4^{3-}) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP.

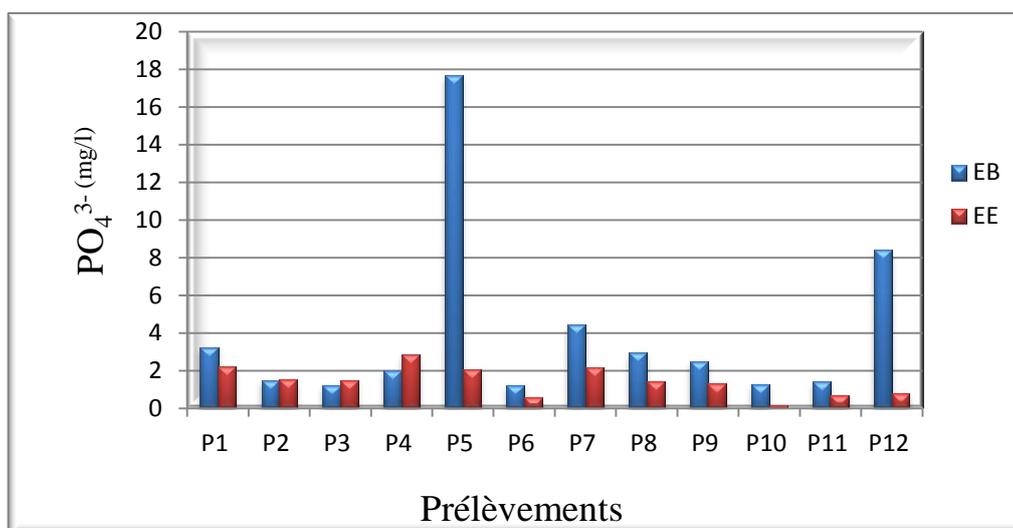


Figure N°33 : Variation d'ortho-phosphates (PO_4^{3-}) de l'eau brute et l'eau épurée.

D'après les résultats obtenus on constate que les valeurs des Ortho-phosphates (PO_4^{3-}) varient d'un minimum de 1,22 mg/l à un maximum de 17,7 mg/l au niveau des eaux brutes. Concernant les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0,14 mg/l et 2,85 mg/l. Donc les eaux épurées sont conformes aux normes de rejets de l'OMS (2006) : <2mg/l.

Dans les prélèvements P2, P3, P4, la teneur en phosphates des eaux traitées (1,54/1,49/2,85) semble supérieure à celle enregistrée dans les eaux brutes (1,49/1,22/1,98), cela est due à l'activité des microorganismes qui participent à la transformation du phosphore organique en poly-phosphates et orthophosphates.

III-1-9 phosphore total

Selon **REJESK (2002)**, Le traitement biologique par boues activées n'est pas très efficace en ce qui concerne les effluents phosphatés, d'où la nécessité d'un traitement de déphosphatation. Ce traitement consiste en un traitement physicochimique qui permet

Chapitre III. Résultats et discussions

la précipitation des phosphates ou bien un traitement biologique par l'ajout d'une zone d'anaérobie en tête de la STEP. Ceci n'est pas le cas dans cette station d'étude d'où ces valeurs peu satisfaisantes

La figure suivante représente la variation de phosphore totale (PT) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP :

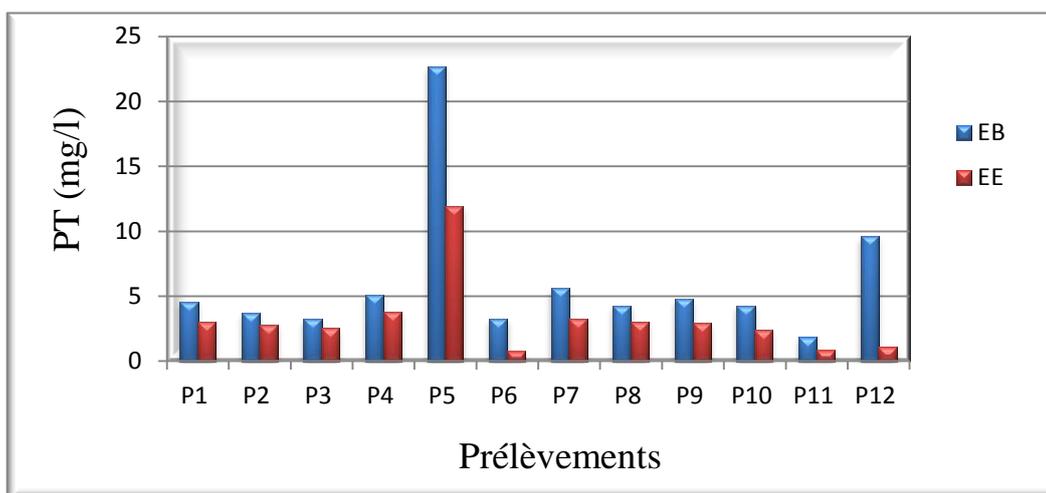


Figure N°34 : Variation de phosphates (PT) de l'eau brute et l'eau épurée.

La figure N°34 représente les concentrations de phosphore total, dont on peut distinguer que pour l'eau brute les valeurs sont comprises entre 1,8 mg/l et 22,7 mg /l, avec une moyenne de 6,05 mg/l, alors que pour les eaux épurées sont oscillant entre 0,74 et 3,75 mg/l avec une moyenne de 3,16 mg/l. On remarque que ces valeurs ne respectent pas les normes de rejet de l'OMS (2006) : < 2 mg/l, le rendement d'élimination est 48%

Dans le prélèvement P5, la teneur en phosphore totale des eaux traitée est de 11,9 due à la haut teneur du PT dans les effluents qui arrive à la STEP, selon **DERNAT et al, (1994)**. Il provient du métabolisme humain ; un homme excrète entre 1 et 2 grammes de phosphore par jour ce qui représente 30 à 50% du phosphore total.

les rejets de détergents qui sont à l'origine de 50 à 70% du phosphore (**FRANCK, 2002**).

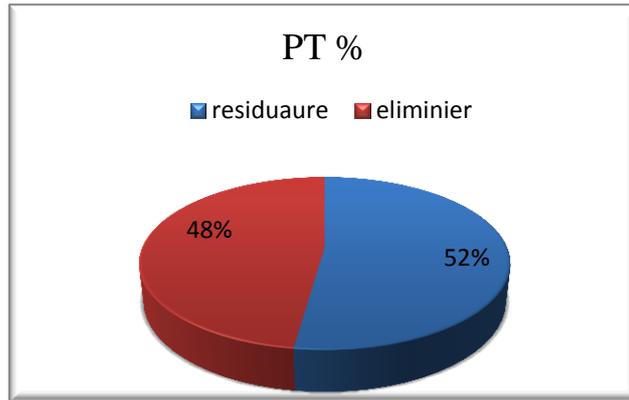


Figure N°35 : Rendement d'élimination du phosphore total.

III-1-10 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

- $80 < IM < 150$ bonne décantation
- $IM < 50$ boue d'aspect granuleux, risque de former des dépôts;
- $IM > 200$ boue en gonflement (foisonnement, bulking) développement exagéré des bactéries filamenteuses (REJSEK, 2002).

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

$$IM = \frac{V}{M}$$

V: Volume de boue décanté en trente minutes (en ml/l);

M: Concentration des matières en suspension dans l'éprouvette (en g/l).

Chapitre III. Résultats et discussions

Tableau VIII : Résultats de l'indice de MOHLMAN.

Date de prélèvements	BA ₁			BA ₂			BA NF		
	ID	MES	IM	ID	MES	IM	ID	MES	IM
P1 : 20/02/2018	790	5,57	141,83	810	5,65	143,36	640	9,58	66,80
P2 : 25/02/2018	500	5,11	97,84	590	4,59	128,54	980	6,8	144,11
P3 : 10/03/2018	/	/	/	/	/	/	/	/	/
P4 : 17/03/2018	/	/	/	/	/	/	/	/	/
P5 : 22/03/2018	385	8,14	47,29	385	7,30	52,73	670	7,35	91,15
P6 : 27/03/2018	380	4,96	76,61	290	4,59	63,18	920	7	131,42
P7 : 06/04/2018	/	/	/	/	/	/	/	/	/
P8 : 08/04/2018	320	5,21	61,42	240	5,35	44,85	310	5,68	54,55
P9 : 16/04/2018	690	4,93	139,95	370	4,13	89,58	900	6,49	138,67
P10 : 18/04/2018	470	4,95	94,94	470	4,85	96,80	980	5,6	175
P11 : 03/05/2018	880	6,66	132,13	990	6,16	160,71	470	8,78	53,53
P12 : 15/05/2018	990	14,4	68,75	800	3,4	235,29	925	9	102,77

- **BA₁** : Bassin d'aération primaire.
- **BA₂** : Bassin d'aération secondaire.
- **BA NF** : Bassin d'aération nouvelle filière.
- **MES** : Matière en suspension.
- **ID** : Indice de décantation.
- **IM** : Indice de MOHLMAN (mg/l).

Les valeurs consignées dans le tableau VIII oscillent entre 47,29 ml/g et 141,83 ml/g dans le bassin numéro 1, tandis que dans le bassin numéro 2 elles sont comprises entre 44,85 ml/g et 235,29 ml/g ; et pour le bassin nouvelle filière entre 53,53 ml/g et 144,11 ml/g comparativement aux critères de fonctionnement des bassins pour déterminer les indices (de boues et de MOHLMAN) :

On constate que dans les trois bassins (BA₁, BA₂, BANF), la plupart des valeurs sont entre $80 < IM < 150$ ml/g donc une bonne décantation.

III-3 Résultats des analyses bactériologiques

La nature de la population microbienne est très variée dans les eaux usées (RODIER, 2005). Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale (GAUJOUS, 1995).

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux consiste à la recherche et au dénombrement des germes suivants : les coliformes totaux, *E. Coli* et *entérocoque* à la sortie de la STEP.

Tableau IX : Résultats des analyses bactériologiques.

Prélèvements	P1	P2
Date de prélèvement	03/03/2018	06/04/2018
Bactérie Coliformes	42449	42480
<i>Escherichia Coli</i>	>2420	>9680
<i>Entérocoque intestinaux</i>	>2420	>9680

D'après le tableau VIII, le nombre de la plupart des bactéries recherchées (les bactéries coliformes et *Escherichia coli*, *Entérocoque*) est très élevé, donc largement supérieur à la norme de <1000CFU/100ml recommandée par l'OMS (1989).

Les résultats obtenus peuvent s'expliquer d'une part par le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. En plus, l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne.

Donc les eaux usées épurées de la STEP sont de mauvaise qualité bactériologique.

Conclusion

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 et 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.

L'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration d'KOLEA (système à boues activées) a été mise en évidence.

Après une description détaillée de la STEP, les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le traitement biologique des eaux usées par boues activées représente une solution de choix pour la dépollution de l'eau. Une bonne élimination de la DCO avec des rendements de 85 %, de la DBO₅ avec des taux de 88% et de MES de 79 % a été constaté au niveau de la STEP de KOLEA
- Concernant la concentration moyenne de nitrites (NO₂⁻), et d'Orthophosphatés enregistrées à la sortie de la STEP sont respectivement de (0,35 mg/l, 1,40 mg/l) elles sont conformes aux normes de rejets, par contre Azote ammoniacal (NH₄⁺) et nitrates (NO₃⁻) sont respectivement (4,32 mg/l et 7,95 mg/l) elles ne sont pas conformes aux normes de rejets car la STEP traite pas les matières azotées et phosphatées.
- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.
- Les résultats d'analyses bactériologiques confirment la présence des divers germes tels que les coliformes totaux, *Escherichia Coli* et les *entérocoques* en nombre très appréciable. Ceci peut s'expliquer d'une part par le traitement biologique utilisé dans la STEP et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes.

Enfin, Il en ressort que l'ensemble des résultats ainsi obtenus mettent en évidence les performances de fonctionnement de la STEP de KOLEA par le procédé (boues activée). Ce système de traitement fait ressortir de meilleurs rendements pour l'élimination de la pollution carbonée. Pour la plupart des échantillons analysés, les concentrations des principaux paramètres de pollution dans l'eau épurée sont au-dessus des normes de l'**OMS (2006)** appliquées en Algérie en matière de rejet des effluents.

On peut dire que la station d'épuration des eaux usées de KOLEA est en surcharge en permanence, qui en période de saison estivale peut avoir des rejets plus importants, suite à une augmentation du nombre de raccordés sur la station.

Face à cette problématique de surcharge, une étude personnalisée sur la charge à traiter, la capacité de la station existante est en cours de réalisation (visite sur site, documentation ...)

Cette étude a l'avantage d'utiliser le système existant (qui n'est plus suffisant) en ajoutant d'autres unités de traitement afin :

- de traiter les surcharges permanentes.
- d'augmenter la capacité totale de traitement

Le dimensionnement de la nouvelle filière prendra en considération toutes les contraintes permettant d'élaborer les solutions les plus avantageuses techniquement.

Références

- AMIR S., 2005 :** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Th. Doc, Ins. Nati. Poly de Toulouse. 341p.
- BAHA S. et BENSARI F., 2014 :** Epuration des eaux usées domestiques par les boues activées : Etude de la performance de STEP de AIN EL HOUTZ., Mémoire de master en Hydraulique, université de Tlemcen. 17p
- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., et FRANCONIE A., 2004 :** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS. 220p.
- BECHAC J., BOUTIN P., MERCIER B et NUER P., 1984 :** Traitement des eaux usées. Paris : Eryolles.281p
- BELAID N., 2010 :** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El HAJEB-SFAX : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat .Université de Sfax, Tunisie, p.1-39.
- BELLANT G. et PERES J.M., 1974 :** La pollution des mers. Edit. Presses universitaire de France 127p.
- BENELMOUAZ A., 2014 :** Mémoire de projet de fin d'études, de Master Performances épuratoires d'une station d'épuration de MAGHNIA. p 20
- BOUDEAL et DJOUID H., 2003 :** Pollution de l'Oued BOUSSELLEM par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, tatho des écosystèmes universitaires, STIF. 6-13p.
- BOUDHANE N. et AHMED AMMAR I., 2016 :** Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master, Optimisation du traitement biologique dans une station d'épuration à boues activées : cas de la STEP de BATNA. 18-19
- BOUMEDIENE A., 2013 :** Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP AIN EL HOUTZ). Mémoire de licence en hydraulique, Université ABOU-BAKR BELKAID de TLEMEN.p11
- BONTOUX J., 1993 :** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier.166p.
- BONTAUX J., 1994 :** « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2^{eme} édition Lavoisier technique et documentation. 225p.

Références bibliographiques

- BOUZIANI M., 2000** : L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun. Oran. 247-260 p
- BLIEFERT C. et PERRAUD R., 2001** : Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de Boeck. Pp 477-317 à 477.
- CARDOT C., 1999**. Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. PARIS: Ellipses. 247 p
- CHAPMAN D. et KIMSTACH V. 1996**: Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spo, LONDON, pp. 59-126
- CHOUBERT J-M., 2002** : Analyse et optimisation de traitement de l'azote par les boues activées a basse température. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur-STRASBOURG.pp29-32
- CONDOM M., LEFEBVRE L. et VANDOME., 2012** : La réutilisation des eaux usées traitées en méditerranée : retour d'expérience et aide à l'élaboration de projets, plan bleu, p11-25.
- DAHOU A. et BREK A., 2013** : Lagunage aéré en zone aride performance Épuratoires cas de (région d'ouaregla). Mémoire master académique. Université d'OUAREGLA. 19 p
- DEGREMENT., 2005**.Mémento technique de l'eau. Tome 1. Ed10eme.466p
- DERNAT M., ELMERICH P. et POUILLOT M., 1994** : Vers une optimisation de la Déphosphatation physicochimique, L'Eau, l'Industrie, les Nuisances n°182.
- DHAOUADI H., 2008** : Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques D'épuration. Thèse, Université Virtuelle de Tunis .34 p.
- EDDABRA R., 2011**: Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du Grand Agadir: Isolement, caractérisation moléculaire et antibiorésistance des espèces du genre *Vibrio*. Thèse de doctorat en microbiologie. Université Ibn Zohir et Université de STRASBOURG, AGADIR, p.34- 38.
- FABY J.A et BRISSAUD F., 1997** : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office international de l'eau. 76p.
- FAO., 2003**. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper p.65-73
- FAO., 2007**. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome. p 15.
- FERCHICHI M., GHRABI A. et GRASMICK A., 1994** : Epuration d'eau usée urbaine par biodisques et lit bactérien .Water research, volume 28.p 437-443.

Références bibliographiques

- FRANCK R., 2002** : Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. BORDEAUX .pp165-239.
- JARDE E., 2002** : Composition organique de boues résiduaires de station d'épuration lorraines : caractérisation moléculaires et effets de la biodégradation. Th. Doc. Univ. Henri Poincaré. Nancy 1 en sciences de l'Univers. 286p.
- HARIZI KH. et METCHAT B., 2012** : Analyse de quelques paramètres influençant sur la qualité des eaux de rejet au niveau de la station de HADJOUT.09-11p
- HCEFLCD, (2006)**. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira. CR dar Chafaai, Cercle d'El Brouge-Province de Settat, MAROC, p.201.
- GAID A., 1984** :. Epuration biologique de l'eau urbaine, tome-1.Edition OPU, ALGER pp 219-261-395
- GAUJOUS D., 1995** : La pollution des milieux aquatiques. Technique et Documentation Lavoisier. p. 220.
- GOMELLA C. et GUERREE H., 1978** : Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles PARIS. 262p
- GOUGOUSSIS C., 1982** : Assainissement individuel et aptitude des sols à l'élimination et à l'épuration des effluents domestiques. Documents du BRGM, 354p.
- GROSCLAUDE G., 1999** : L'eau usages et polluants. Ed INRA, Paris 1999 tome II. 210p
- KAROUNE S., 2008** : Effets des boues résiduaires sur le Développement des semis du chêne liège (*Quercus suber L.*). Mém. Magister. Univ. MENTOURI CONSTANTINE. 217p
- LADJEL F., 2006** : Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-BOUMERDES. 80p
- MARTIN., 1979** : Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris. P279
- METAHRI M.S., 2012** : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de TIZI-OUZOU, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. pp21- 23-172
- OUALI M.S., 2001** : Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, ALGER. pp12-31
- OMS., 1989** : L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, pp 17-60.
- OMS., 2006** : utilisation sans risque des eaux usées des excréta et des eaux ménagères ; volume 2 , P.254.

Références bibliographiques

- REJSEK, F., 2002** : Analyse des eaux. Tome II .france : aspects réglementaires et techniques pp 192-360
- REJSEK F., 2002.** Analyse des eaux ; aspect réglementaire et techniques, Tome I. Edition Scrérén CRDPA quitaine, BORDEAUX. 71- 144p.
- RODIER J., 1996** : « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS.1383p ; 557-570p et 968-1079 p
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R., 2005** : L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} Edition DUNOD technique, PARIS. Pp 1008-1043-1383p.
- RODIER J., 2009** : « (L'analyse de l'eau » 9^{ème} édition, Dunond, PARIS.1526p
- SALGHI R., 2001** : Différentes filières de traitement des eaux, ed univ IZ Rabat. p.22.
- SUSCHKA J et FERREIRA E., 1986.** Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986 .pp.137-144.
- TAMRABET L.D., GOLEA H. et BOUZERZOUR. 2002** : La réutilisation des eaux usées en agriculture: insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp. 295-302
- TARADAT M.H., 1992.** Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile Inc. Canada. 537p
- TARMOUL F. et 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.
- TCHIMOGO M., 2001** : Epuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mém .ing. Génie rurale. Blida.132p.
- THOMAS O., 1955.** Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.
- TOZE S., 1999:** PCR and the detection of microbial pathogens in water and waste waters. Water research, 33(17). P3545–3556.
- TALEC G., ROUSSELOT O., GARNIER J. et GOUSAILLES M., 2007** : Emissions d'oxyde nitreux lors du traitement de l'azote des eaux usées de l'agglomération parisienne : état actuel et prévision. Revue des sciences de l'eau, Journal pf water science, vol.20, pp149-161
- VON SPERLING M., 2007:** Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA. London 4

Références bibliographiques

ZEGHOUD M.S., 2014: Étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de MEGHIBRA, mémoire de magistère, université d'el –oued département des sciences et technologie, p 28,37-39

ZITOUN D. et ZOUGGARI M., 2015 :Comportement statistique des précipitations annuelles et mensuelles : cas des stations de Miliana et Khemis Miliana, mémoire de master, spécialité : Sciences de la Terre et l'Univers, p16-17,33

.

Annexes I

Matériel pour les analyses physico-chimiques

➤ **Appareillage**

- Préleveur automatique.
- PH mètre sensION (Hach).
- Conductimètre METLLER TOLEDO MC 226.
- Etuve température (105 ± 2) °C.
- Balance analytique.
- Thermostat LT200.
- Spectrophotomètre DR2800/DR3800.
- Centrifugeuse.
- DBO mètre.
- Rampe de filtration.
- Pompe sous vide.
- Four a moufle.

Verreries

- Equipement de filtration sous vide : entonnoir ; papier filtre humide ; Fiole à vide.
- Bécher en verre.
- Pipette stériles.
- Barreau magnétique.
- Eprouvette graduée.
- Fiole jaugée.
- Support de séchage.
- Creuset.
- Dessiccateur.
- Pincés.
- Bouteille BODtrak 2.
- Agitateur BODtrak2.

Réactifs

- LCK114/314.
- LCK302/303/305.

- LCK339.
- LCK350.
- pastilles d'hydroxyde de potassium.

Matériel pour les analyses bactériologiques

- Rampe de filtration.
- Plaque poreuse.
- Pince.
- papier filtre.
- Pipette.
- Bec Bunsen.
- l'entonnoir.
- boîte de Pétri.
- Incubateur.

Milieux de cultures

- Gélose lactosée au Tergitole et au T.T.C.
- Le milieu T.S.A.
- Disque d'oxydase.
- Bouillon au tryptophane.
- Réactif de Kovacs.
- Gélose Slanetz et Bartley avec T.T.C.
- Gélose B.E.A.

Annexes II

Figure N°36 : Matériels des analyses physico-chimiques.



Echantillons des effluents.



Centrifugeuse



Etuve



DBO mètre



Thermostat



Balance



Déssiccateur



Rampe de filtration sous vide



Mélangeurs

Annexes



Conductimètre



pH mètre



Spectrophotomètre



Echantillon de boues activées



LCK 339 (NO₃⁻)



LCK 350 (PT, PO₄³⁻)



LCK 303/305 (NH₄⁺)



LCK 341(NO₂⁻)



LCK 114/314 (DCO)

Annexes

Annexes III

Tableau X : Résultats des analyses physico chimique.

Date de prélèvements	Température		pH		CE	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
P1 : 20/02/2018	15	15,5	7,52	7,61	1369	1397
P2 : 25/02/2018	14,5	14,9	7,49	7,69	1341	1385
P3 : 10/03/2018	14,7	17,3	7,39	7,54	987	1025
P4 : 17/03/2018	14	14,1	7,7	7,89	1232	1329
P5 : 22/03/2018	12,1	12,5	7,48	7,6	1214	1038
P6 : 27/03/2018	16,9	16,8	7,2	8,2	1267	1183
P7 : 06/04/2018	20,4	20,3	7,21	7,6	1801	1292
P8 : 08/04/2018	19	19,5	7,2	6,36	1301	1361
P9 : 16/04/2018	19,9	18,8	7,32	7,58	1264	1026
P10 : 18/04/2018	17,6	17,6	7,12	7,41	1264	1205
P11 : 03/05/2018	18,9	19	/	/	1106	1153
P12 : 15/05/2018	12,5	12	/	/	1575	1413
moyenne	16,29	16,52	7,36	7,56	1310	1234

Date de prélèvements	MES		DBO ₅		DCO	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
P1 : 20/02/2018	456	57	131	64	403	48,9
P2 : 25/02/2018	210	72	86	8,4	394	106
P3 : 10/03/2018	218	158	148	62	326	43
P4 : 17/03/2018	336	90	294	21	568	95,2
P5 : 22/03/2018	426	37	950	49,1	1166	39,3
P6 : 27/03/2018	190	30,5	264	10	345	33
P7 : 06/04/2018	510	46,5	262	21	483	52
P8 : 08/04/2018	96	41	262	34	338	66
P9 : 16/04/2018	108	44	137	28	308	143
P10 : 18/04/2018	202	11,5	/	/	422	58,8
P11 : 03/05/2018	228	28	/	/	194	29,4
P12 : 15/05/2018	414	113	/	/	470	116
moyenne	282,83	60,7	281,55	33,05	451,41	69,21

Annexes

Date de prélèvements	NT		PO ₄ ³⁻		PT	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
P1 : 20/02/2018	38,7	14,8	3,21	2,2	4,54	2,96
P2 : 25/02/2018	46,3	24,1	1,49	1,54	3,66	2,78
P3 : 10/03/2018	37,7	19	1,22	1,49	3,21	2,49
P4 : 17/03/2018	40,9	25	1,98	2,85	5,09	3,75
P5 : 22/03/2018	37,4	16,1	17,7	2,05	22,7	11,9
P6 : 27/03/2018	50	24	1,23	0,57	3,24	0,74
P7 : 06/04/2018	40,1	12,8	4,44	2,18	5,58	3,24
P8 : 08/04/2018	60,8	16,4	2,96	1,45	4,24	2,96
P9 : 16/04/2018	61,2	15,8	2,5	1,3	4,76	2,9
P10 : 18/04/2018	60,1	13,3	1,28	0,14	4,24	2,35
P11 : 03/05/2018	23,7	17	1,4	0,7	1,8	0,8
P12 : 15/05/2018	40,2	18,5	8,4	0,8	9,6	1,1
moyenne	44,75	18,06	3,98	1,4	6,05	3,16

Date de prélèvements	NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
P1 : 20/02/2018	24,3	9,27	0,3	0,34	0,61	6,04
P2 : 25/02/2018	16,9	4,8	0,17	0,56	0,77	5,53
P3 : 10/03/2018	17,9	4,61	0,14	0,19	0,5	1,49
P4 : 17/03/2018	17,9	0,054	0,23	0,07	1,06	16,9
P5 : 22/03/2018	12,7	0,147	0,22	0,04	2,72	11,6
P6 : 27/03/2018	32,2	0,093	0,15	0,85	0,58	14,7
P7 : 06/04/2018	19,1	5,09	0,14	0,56	1,2	2,99
P8 : 08/04/2018	44,6	5,15	0,74	0,17	1,21	3,14
P9 : 16/04/2018	20,8	0,06	0,11	0,03	0,4	10,8
P10 : 18/04/2018	15,1	1,11	0,11	0,65	0,9	12,2
P11 : 03/05/2018	12,2	10	0,5	0,4	2,1	4,2
P12 : 15/05/2018	20	11,5	0,3	0,4	0,8	5,9
moyenne	21,14	4,32	0,25	0,35	1,07	7,95

Annexes

Date de prélèvements	MVS	Débit	
	EB	EB	EE
P1 : 20/02/2018	60	11254	9522
P2 : 25/02/2018	210	16427	14035
P3 : 10/03/2018	130	17756	14650
P4 : 17/03/2018	220	3740	2837
P5 : 22/03/2018	213	7752	5969
P6 : 27/03/2018	94	11313	8049
P7 : 06/04/2018	372	16898	14896
P8 : 08/04/2018	238	13657	12260
P9 : 16/04/2018	79	12100	10250
P10 : 18/04/2018	212	12752	10510
P11 : 03/05/2018	88	17683	14679
P12 : 15/05/2018	224	13895	11446
moyenne	178,33	12936	10759

Tableau XI : Rendement de débit et d'élimination des principaux paramètres physico-chimiques.

Paramètre	MES	DCO	DBO ₅	NT	PT	Débit
Rendement %	79	85	88	60	48	83

Tableau XII : Normes de rejets de l'OMS (2006) appliquées en Algérie.

Paramètre	Unité	Norme de rejet	référence
Température	°C	< 30	OMS (2006)
PH		6,5 ≤ pH ≤ 8,5	OMS (2006)
CE	µs/m	< 1250	OMS (2006)
MES	mg/l	< 30	OMS (2006)
MVS	g/l		OMS (2006)
DBO ₅	mg/l	< 30	OMS (2006)
DCO	mg/l	< 90	OMS (2006)
NT	mg/l	50	OMS (2006)
NH ₄ ⁺	mg/l	1	OMS (2006)
NO ₃ ⁻	mg/l	1	OMS (2006)
NO ₂ ⁻	mg/l	1	OMS (2006)
PT	mg/l	2	OMS (2006)
PO ₄ ³⁻	mg/l	2	OMS (2006)
Coliforme	CFU/100ml	<1000	OMS (1989)