REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE MASTER EN BIOLOGIE
OPTION : MICROBIOLOGIE APPLIQUE

Sujet

ÉTUDEDE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX EPUREES PAR VOIES BIOLOGIQUE A BOUES ACTIVEES DE LA STATION DE LA WILAYA MEDEA

Présenté par

CHERRATI ZOHEIR

Soutenu le 26 juin 2019, devant le jury composé de

Mr. Bachene Mohammed ….……..……. Président
Mme. Abes .R**…….……..…….……**Promotrice
Mr. ainas……..…….…… Examinateur
Mme. Salem.S……..…..……. . Examinatrice

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant qui nous a aidés à accomplir ce travail.

Je présente mes vifs remerciements à Mme ABES d'avoir accepté de diriger ce travail, pour ses pertinentes critiques, ses conseils, ses corrections et suggestions.

J'exprime ma profonde gratitude à Mr Bachene Mohammed de nous Avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie vivement les membres du jury :Mr ainas et Mme Salem .S d'avoir Accepté d'examiner ce travail.

Sans oublié de présenter mes sincères remerciements et reconnaissance aux personnels de la STEP et du DSP de MEDEA.

Ainsi qu'à l'ensemble des enseignants du département de Biologie qui ont contribué à ma formation durant les années d'étude, et sans oublier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Zoheir.

Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'étude :

- *A mes chers et tendres parents tant adorées*
- *A ma chère femme et A mon joyau de vie ma fille ABRAR*
- *A tous mes frères et sœurs ainsi que leurs enfants*
- *A tous mes camarades du département de biologie*

Vous qui m'admiriez tant, soyez sûr que ce travail est le résultat de votre confiance en moi. Soyez-en remerciés.

Zoheir.

Liste des figures

Figure 1. Lecycle de l'eau de consommation et son rejet……..….....04
Figure 2. Coliformes fécaux……..…...11
Figure 3. Streptocoques fécaux…….……..…..…...12
Figure 4. Les salmonelles...……...12
Figure 5. Les vibrions cholériques..…….…...11
Figure 6. Schéma du traitement biologique par lit bactériens……13
Figure 7. Schéma du traitement biologique par disque biologique…….……14
Figure 8. Schéma du traitement biologique par boue activée……..14
Figure 9: Croissance dispersée…….…..……...14
Figure 10. Croissance floculée…….....15
Figure 11. Croissance filamenteuse……..……..……15
Figure 12. Schéma du traitement biologique par lagunage……...17
Figure 13. Schéma du traitement biologique par la filtration(percolation)……..……18
Figure 14. Schéma du traitement biologique par phytoépuration……...……..19
Figure 15. Shema de la STEP……20
Figure 16. Vue d'ensemble de la STEP …..……...……..……....21
Figure 17. Dégrilleur…… .....……..22
Figure 18. Dessableur, déshuileur…….……..23
Figure 19. Bassins d'aération…….……..24
Figure 20.Décanteur…….…….…….25
Figure 21. Bassin de chloration…….……..26
Figure 22. Le passage des boues en excès de décanteur vers l'épaississeur……27
Figure 23. Lits des séchages…….. ……..23
Figure 24. Préparation des dilutions…..……..……..38
Figure25. Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane…….. ……..…..41
Figure 26. Recherche de salmonelle……..……...…43
Figure 27. Recherche de vibrion cholérique…….…...45
Figure 28. Variation de la température…….. ..……...…..47
Figure 29. Variation du pH…….…….....48
Figure 30. Variation de la conductivité…….……...…49

figure 31. Variation du MES……49
Figure 32. Variation de la DCO……...50
Figure 33. Variation de la DBO_5……..……..51
Figure 34. Le rapport DCO/DBO_5…….……..51
Figure 35. Variation de l'indice de MOHLMAN……..…….52
Figure 36. Variation du phosphate……...52
Figure 37. Variation du nitrate…….54
Figure 38.Réduction du nombre des germes indicateur de contamination fécale…..…….56
Figure 39. Rendement d'élimination des MES…….…...57
Figure 40. Rendement de l'élimination de la DCO et DBO_5……...…….57
Figure 41. Croissance floculé…….……..……...61

Liste des photos

Photo 1 : Dégrilleur……16
Photo2 : Desableur.déshuileur……17
Photo3 : Bassinsd'aération……18
Photo4 :Décanteur……19
Photo5 : Bassin de chloration……20
Photo6 : Epaississeur……21
Photo7 : Lits de séchage……22
Photo8 :L'arrivé des boues……23
photo 9 : décantation après 30 minutes……30
photo 10 : Les colonies des coliformes et streptocoque……55

Liste des tableaux

Tableau N° I : Les parasites pathogènes dans les eaux usées....……..……..13

Tableau N°II : Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens……..……..18

Tableau N°III: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique…….……..20

Tableau N°IV : Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées……..22

Tableau N°V: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage……..……..…..24

Tableau N° VI: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par la filtration……...…25

Tableau NVII °: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par phytoépuration……..…27

Tableau N° VIII : Caractéristique du bassin d'aération.…….……..…....34

Tableau N° IX : Caractéristique de l'épaississeur……...……..…..37

Tableau N° X : Caractéristiques des lits de séchage.……..……...….....38

Tableau N° XI : Méthode de mesure de la DBO_5...……...……..….45

Tableau N° XII: Préparation de la Gamme.……...……...….....47

Tableau N° XIII : Préparation de la gamme……...……48

Tableau N° XVI: Résultats des analyses microbiologiques…….....……...68

Tableau N°XVIII: Rendements épuratoires des coliformes totaux , les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux…….……69

Tableau N° XXI : Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée……..…72

Tableau N° XX : Résultats des analyses physico-chimiques……....(ANNEXE-III)

Tableau N° XXI : Rendements épuratoires des principaux paramètres physico-chimiques…..…….……..…(ANNEXE-III)

Tableau N° XXII : Normes de rejet de l'OMS appliquées en Algérie …….(ANNEXE -V)

Tableau N° XXIII: Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées …….(ANNEXE -V)

Tableau N° XXV : Les valeurs du débits des eaux…...……...……...…….....(ANNEXE-V)

Liste des abréviations

BRE : Bureau régional de l'OMS pour l'Europe.

CE : Conductivité électrique.

CF : Coliforme fécaux.

CT : Coliforme totaux.

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DBO_5:Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DSP : Direction de santé publique.

EB : Eau brute

EDS : Eau distillée stérile.

EE : Eau épurée

EPA : Eau peptone Alcaline.

Eq/H : Equivalent –habitant.

GNAB : Gélose nutritive alcaline biliée.

H : Hektoen.

IM : Indice de MOHLMAN.

MES : Matières En Suspension.

MMS : Matière minérale en suspension.

MS : Matière sèche.

MVS : Matière volatile en suspension.

mg/L : Milligramme par litre.

µs/cm : Micro siemens par centimètre.

OIE : Office International de l'Eau.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office national d'assainissement.

SF : Streptocoques fécaux.

SFB : Bouillon au sélénite de sodium cystéine.

STEP : Station d'épuration des eaux polluées.

UFC : Unité formant colonie.

RÉSUMÉ

Ce travail consiste à estimer le rendement d'élimination de la charge polluante par le procédé biologique à boue activée, dans le but d'évaluer la qualité microbiologique des eaux épurées par la STEP (station d'épuration de l'eau polluée) de la wilaya de Médéa.

Nous avons réalisé plusieurs analyses physico-chimiques, microbiologiques et biologiques des eaux brutes et épurée, ainsi qu'un contrôle de boue activée afin d'apprécier son développement et son fonctionnement.

Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes de tous les paramètres physico-chimiques avec une bonne élimination de la DCO, DBO_5, et de la MES. Les taux d'abattement sont respectivement : 86 %, 97 % et 96 %.

Les résultats des analyses microbiologiques, montrent clairement l'absence de germes pathogènes, dont les valeurs sont conformes aux normes avec une réduction considérable aboutissant à des rendements supérieurs à 99 % pour les coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoque fécaux.

Les résultats de l'observation microscopique de la boue activée montrent la présence d'une variété d'espèces constituant la microfaune prédatrice à savoir :les protozoaires (ciliés, flagellés) et les métazoaires (nématodes et rotifères) signifiant le bon état de fonctionnement du bassin d'aération.

Mots clés : qualité microbiologique, station d'épuration (STEP), boue activée, eaux épurées effluents brute.

ABSTRACT

This work is to estimate the performance of elimination pollution load carried by the biological activated sludge in order to evaluate the microbiological quality of the treated water by STEP (polluted water treatment plant) of the wilaya of Medea.

We have realized a several physical-chemical, microbiological and biological analyses of raw and refined, also a control of activated sludge was carried out in order to apriciate its development and operation.

The results show compliance with the standards of all physicochemical parameters with a good removal of COD, BOD_5, and TSS. The rates of reduction are: 86 %, 97 % ET 96 %.

The results of microbiological analyses showed clearly the absence of pathogens germs and values consistent with the standards for other germs with a substantial reduction leading to superior performance to 99% for total coliform ,fecal coliform, and fecal streptococcus.

The results of microscopic observation of activated sludge, showed the presence of a variety of species constituting predatory microfauna namely protozoa (ciliates, flagellate) and metazoans (rotifers and nematodes) meaning that the aeration tank is in very good condition.

Keywords: microbiological quality, sewage treatment plant (WWTP), sludge activated, treated wastewater, raw sewage.

الملخص

ارتكز هذا العمل على تقدير مردود إزالة التلوث عن طريق الأوحال المنشطة البيولوجية من أجل تقييم المكروبيولوجية للمياه المنقاة بواسطة (محطة تصفية المياه الملوثة) لولاية المدية.

و لهدا الغرض قمنا بعدة تحاليل على الخصائص الفيزيوكيميائية,المكروبيولوجية والبيولوجية لمياه الصرف الخام والمنقاة بالإضافة إلى مراقبة عمل الأوحال المنشطة لمعرفة مدى تطورها و عملها.

وأظهرت النتائج المحصل عليها تطابق جميع التحاليل الفيزيوكيميائية مع المعايير حيث تم الحصول على مردود جيد في إزالةBOD_5 ,MES ,DCO والذي يصل على التوالي إلى96% ,86% , 97 % ,

بالنسبة للتحاليل الميكروبيولوجية فقد أظهرت النتائج توافقا م ع المعايير م ع عدم وجود مسببات الأمراض و انخفاض معتبر للعناصر المجهرية الأخرى ,حيث وصل مردود الإزالة إلى أكثر من 99%بالنسبة لمجموع القولونيات ,القولونية البرازية, برازي العقدية.

فيما يتعلق بمراقبة الأوحال المنشطة أظهرت نتائج الملاحظة المجهرية وجود مجموعة متنوعة من الحيوانات الدقيقة المفترسة على غرار protozoaires,métazoaire , مما يعني أن حوض التهوية في حالة عمل جيدة جدا.

الكلمات الرئيسية:المكروبيولوجية ، محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي(منشأة معالجة المياه الملوثة)،الأوحال المنشطة،مياه الصرف الخام والمنقاة.

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction……..……..01

CHAPITRE I :*ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE*

I .Généralités sur les eaux usées……04

I.1 Introduction……..……..……...…….04

I.2 Définitions……..…….04

I.3. Origine et composition des eaux usées……...…..…….……05

I.4. Classification des polluants…….……...…...……...……..*06*

I.4.1. Les polluants biologiques……...……..……..……..06

I.4.2. Les polluants chimiques……...……..……...…06

I.4.3. Les polluants radioactifs……...……..……....06

I.5. Paramètres de pollution des eaux résiduaire……...06

I.5.1. Paramètres organoleptique…….…...……...…….06

I.5.2. Paramètres physiques……...……..……...……07

I.5.3. Paramètres chimiques……...…...08

I.5.4. Paramètres microbiologiques…….....……..……09

II. Traitement des eaux usées……....14

II.1 Introduction ……..…14

II.2. Définition de l'épuration…….....14

II.3. Les stations d'épurations (STEP)……....14

II.4. Les procédés d'épuration…….……14

II.4.1 Les prétraitements……...……15

II.4.2 Traitement primaire ……16
II.4.3 Traitement secondaire (ou traitement biologique)……16
II.4.3.1 Traitement biologique intensif ……17
II.4.4 Traitement tertiaire……..27
II.4.4.1 Nitrification-Dénitrification ……27
II.4.4.2 Déphosphatation……..…….28
II.4.4.3Désinfection ……28

CHAPITRE II : *ETUDE EXPERIMENTALE*

I. Description du site…….……...30
I.1. Caractéristiques et historique du site……..…….…30
I.2. Description de la station d'épuration……..……...30
I.3. Description du procèdes de fonctionnement de la station d'épuration……..…….…..31
II. Mode de prélèvement…….....…...39
III. Matériel et méthodes……..…41
III.1. Matériel……..……..41
III.2. Méthodes…….……..……...41
III.2.1. Analyses physico-chimiques……...……..41
III.2.1.1. Mesure de la température, pH. et la conductivité……...……..….41
III.2.1.2. Matière en suspension (MES)….……...42
III.2.1.3. Demande chimique en oxygène (DCO)…...……..43
III.2.1.4. Demande biologique en oxygène (DBO5)……...……..…….……...44
III.2.1.5. L'indice de boue (décantation)……...…….……..…….…...45
III.2.1.6. Matière sèche……...……..46
III.2.1.7. L'indice de MOHLMAN……...……46
III.2.1.8. Phosphate…...……47
III.2.1.9. Nitrate……..…….….48
III.2.2 .Analyses microbiologiques……...……49
III.3. Observation microscopique de la boue activée……..…….59

CHAPITRE III :*RESULTATS ET DISCUSSION*

I. Paramètres physico-chimiques……..61
II. Paramètre microbiologique……..67
II.1. Germes indicateurs de contamination fécale…….……..……..68

II.2.Germes pathogènes……...……..……..69
III.Détermination des rendements d'épurations……..……..70
III.1.Rendement des paramètres physico-chimiques……..……..70
III.1.1. Rendement d'élimination des MES……..70
III.1.2.Rendement d'élimination de la DCO et de la DBO_5 pendant 5 jours……...…70
III.2.Rendement des paramètres microbiologiques……..……...…...71
IV. Observation microscopique……71
IV.1.Protozoaire…..…….72
IV.2.Métazoaire ……...……73
IV.3.Phytoplancton ……..74
IV.3.1.Algues……74
IV.4.Développement des bactéries……...74
Conclusion……75
Références bibliographiques…….76
Annexes ……..…….81

INTRODUCTION

L'eau dans le monde a un impact fondamental sur l'économie, elle est au centre des intérêts stratégiques, elle est indispensable à l'être humain et c'est aussi un élément de production de richesse, elle devient un facteur de déstabilisation pour les pays des régions déshéritées **(Centre National d'Etudes Spéciales, 2002).** La question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse qui s'est accrue sont parmi les raisons de ce problème. Cependant en 2002, 1,5 milliards d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable et 2,5 milliards d'individus dans le monde ne bénéficier d'aucun service d'assainissement **(Office International de l'Eau, 2002).**

La disponibilité annuelle de l'eau en Algérie est de 500 m^3/habitant/an (**Ministre de ressource en eau, 2000)** donc l'Algérie se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale qui est de l'ordre de 1000m^3/hab./an **(Anonyme, 2008)**.

L'Algérie dispose de 53 barrages qui offrent une capacité de 5,8 milliards de m^3 et seulement 2,56 milliards de volume régularisé annuellement. Cet apport non négligeable reste insuffisant par rapport aux besoins croissants. Les nappes phréatiques sont exploitées à plus de 90%, alors que les ressources superficielles ne sont mobilisées qu'à 32%, soit 2,28 milliards et les pertes dues essentiellement à la vétusté des réseaux et à la mauvaise gestion de la distribution sont évaluées à 45% **(Agence national des barrages, 2001).**

D'après un rapport publié par **ONA (Office National d'Assainissement)** en 2006, l'Algérie compte 49 stations d'épuration réparties à travers tout le territoire national avec une capacité de l'ordre de 195 millions m^3/an. Le rapport précise que l'état de 63% de ces stations nécessite une réhabilitation, 18% d'entre elles sont abandonnées et 19 % ne fonctionnent pas correctement ce qui ramène malheureusement le volume d'eaux usées épurées à 100 millions m^3/an.

Actuellement la situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente, en revanche, la production des eaux usées s'accroît et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau (**Ministre de ressource en eau, 2000).**

Ce travail a pour objectif de savoir si la réutilisation des eaux usées épurées par le procédé biologique à boues activées ne causerait pas de problèmes pour l'homme et l'environnement. Le travail sera réalisé en deux parties :

- la première sera effectuée au niveau de la station d'épuration des eaux polluées (STEP) de la wilaya de Médéa, où on étudiera les différents procédés de traitement des eaux usées.
- La seconde partie du travail sera réalisée au niveau des laboratoires de la station d'épuration et la direction de santé publique (laboratoire d'hygiène), où seront réalisés l'ensemble des analyses physico-chimique, bactériologiques et biologique avant et après traitement.

Ce travail donc s'organise autour de trois chapitres :

- Le premier : est consacré à une étude bibliographique générale sur l'épuration biologique des eaux usées. Cette partie situe le contexte de l'étude. On abordera dans un premier temps, les caractéristiques de l'effluent entrant en station d'épuration et ensuite la classification globale des polluants et des micro-organismes ainsi que les différents traitements appliqués au niveau de la STEP dont l'épuration biologique occupera une place particulière.
- Le second présente la station d'épuration et décrit les moyens expérimentaux et procédés de traitement adoptés par la STEP. En occurrence les différents paramètres physicochimiques et analyses bactériologique et biologique effectués
- Le troisième est consacré aux résultats obtenus et leur discussion.

Chapitre I
Etude Bibliographique

I .Généralités sur les eaux usées

I.1 Introduction

Les eaux usées sont des eaux dont les caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques sont dégradées à partir des sources domestiques, industrielles et pluviales qui contiennent des matières en suspension (MES), les matières à l'origine de la demande biochimique en oxygène (DBO) ou de la demande chimique en oxygène (DCO). Les substances nutritives sous forme de phosphore (P) ou d'azote (N), les bactéries pathogènes, les matières plastiques et les matières flottantes sont les principales cibles de l'élimination par le traitement des eaux usées. Outre ces substances habituelles, il existe des substances toxiques, dont les métaux et les substances chimiques organiques.

I.2 Définitions des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Une personne consomme en moyenne 50 à 100 litres d'eau potable par jour. Une fois utilisée, elle devient de l'eau dite « eau usée » **(Anonyme1, 2010).**

Un polluant est par définition, un agent physique, chimique ou biologique qui dégrade le milieu dans lequel il se trouve. C'est une substance présente dans l'eau, susceptible d'en changer l'équilibre ou d'en altérer la qualité **(Manfredi et Danielle, 1988).**

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique, chimique ou biologique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou sur l'écosystème rendant ainsi l'eau inadéquate aux usages souhaités.

L'aspect des eaux résiduaires fraîches (les égouts) est celui d'un liquide brun gris avec une odeur typique contenant des matières en suspension d'origine minéral et organique à des teneurs variables **(Ecosse, 2001).**

La dépollution consiste à nettoyer les eaux usées pour qu'elles n'altèrent pas la nature dans laquelle elles sont rejetées, les eaux usées sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées**(Fig.1)**. Après traitement, on les appelle des eaux usées épurées. **(Colas, 1977).**

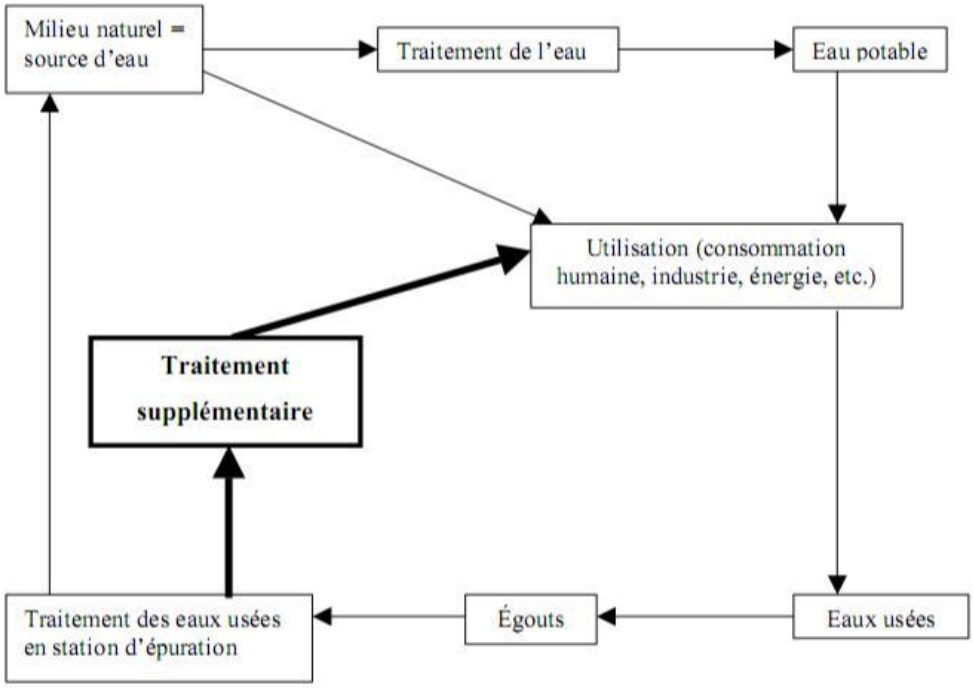


Figure 1 : Le cycle de l'eau de consommation et son rejet (Colas, 1977).

I.3 Origine et composition des eaux usées

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

I.3.1. Les 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 de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, ...etc. Les eaux de vannes sont les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux **([1] ,2004).**

I.3.2. Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures**. ([2], 1999).**

I.3.3. Les eaux agricoles

L'activité agricole est caractérisée par un important rejet d'azote, de nitrites et de nitrates, que l'on trouve en forte concentration dans les engrais mais également dans les lisiers. Pesticide, purins d'élevage **(Ladjel, 2001).**

I.3.4.Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestique et les eaux de ruissellement (eaux pluviales de lavage des caniveaux). Parfois aussi des eaux résiduaires industrielles ainsi que les effluents des établissements collectifs (écoles, hôpitaux, etc.….)

(Ladjel, 2001).

I.4.Classification des polluants

Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en deux grands groupes **(Djermakoye, 2005) :**

- ✓ Les polluants biologiques.
- ✓ Les polluants chimiques.

I.4.1. Polluants biologiques

Ils comprennent : les virus, les bactéries, les parasites. Les plus courants sont liés au péril Fécal.

I.4.2.Les polluants chimiques

Selon **(Zourez** et **Farhani, 2003).**Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

a) Les sels minéraux

Les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux sont : les nitrates, les phosphates les sulfates, les nitrites, les carbonates….etc. Les principales sources mises en Cause sont :

- les engrais azotés pour les nitrates.
- les effluents industriels et urbains et l'anhydride sulfureux atmosphérique (SO_2).

b) Les composés toxiques

Ce sont essentiellement **:**

- Les métaux lourds (mercure, plomb, zinc, vanadium, chrome VI).
- Les minéraux d'origine industrielle (cyanures, sulfure, etc.).
- Les pesticides et les détergents.

I.5.Paramètres de pollution des eaux résiduaires

I.5.1. Paramètres organoleptiques

a) L'odeur et la couleur de la boue : permettent d'évaluer l'état d'aération. Une légère odeur de terre est indicatrice d'une bonne aération. Une odeur d'égout révèle un manque d'oxygène, une forte odeur d'H_2S (œuf pourri) ou de mercaptans (chou) indique un problème

De fermentation de la boue. En général, une couleur brune à marron clair est indicatrice d'une bonne aération. En revanche, certains types d'effluents comme ceux de porcheries, tanneries ou fromageries engendrent des odeurs et des couleurs particulières qui doivent être prises en compte pour l'appréciation du niveau d'aération **(Fazio, 2001).**

b)La turbidité : les effluents de sortie limpides, indiquent un bon degré de traitement. Une turbidité élevée est liée à la présence importante de bactéries dispersées révélant un traitement limité (sous- aération, charge massique élevée, …). Dans certains cas, une coloration de l'effluent traité peut être observée. Elle est induite par la nature des effluents (industriels) ou par la présence d'algues (sous- charge importante de l'installation ou en traitement tertiaire).

En exploitation, le maintien du voile de boue du clarificateur au niveau le plus bas (à une distance minimale de 1,5 m de la surface) est l'objectif permanent. Son observation à une position proche de la surface est révélatrice de dysfonctionnement aussi bien biologique qu'hydraulique **(Fazio, 2001).**

I.5.2.Paramètres physiques

a) La température

L'OMS donne une valeur limite acceptable qui est 25°C. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. L'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration **(Djermakoye, 2005).**

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. La mesure du pH requiert également la connaissance de la température **(Aminot et Kerouel, 2004).**

b) La Conductivité électrique

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

c). Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température **(Djermakoye ,2005).**

d). Les composés azotés

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, Il existe dans l'eau sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium ($NH4^+$), Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton **(Copin-Montegut, 1996).**

❖ **L'azote ammoniacal : (NH_4^+)**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal provient des excrétions animales et de la décomposition bactérienne Des composés organiques azotés, il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes **(Aminot** et **Chaussepied, 1983).**

Dans certains cas, les teneurs peuvent atteindre des seuils toxiques, variables et liés au pH et à l'oxygénation des eaux (**Alzieu, 1989).**

❖ **Les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_3^-)**

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas.**(Aminot** et **Chaussepied, 1983).**

e) Phosphore

Dans les rejets d'eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates), mais aussi sous forme de composés organiques solubilisés ou à l'état de matière en suspension **(Fabyetbrissaud, 1997**).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés Phosphatés, sont progressivement transformés en phosphate soluble **(Tidanini et Amdoun,2003).**

f) -Indice de boue (décantation)

L'indice de boue est utilisé pour apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation, Une dérive croissante doit alerter l'exploitant sur un développement de bactéries filamenteuses **(Canler, 2004).**

g) -Matières en suspension (MES)

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur **(Canler,2004).**

I.5.3. Paramètres chimiques

a). Oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est en fonction de la température, de la pression atmosphérique, de l'agitation et de la salinité. C'est un paramètre très important car il permet de contrôler l'oxygénation des boues activées **(Ladjel, 2001).**

b). La Demande Biologique en Oxygène : DBO

La DBO est la quantité d'oxygène consommée (en mg O_2/l) pour assurer la dégradation (par voie bactérienne) des matières organiques contenues dans un litre d'eau résiduaire, à l'obscurité et à une température de 20°C.

La quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai est mesurée après un temps de 5 jours, d'où le nom de DBO_5 **(Gomella et Gerree, 1987)**. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O_2). La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité.

c). Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles- ci aient un caractère biodégradable ou non. Elle s'exprime par la quantité d'O_2 fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides...) présentes dans les eaux résiduaires. Donc en un mot, c'est la demande chimique en oxygène mesurée en mg/litre qui exprime la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder en présence de permanganate, les substances contenues dans l'eau notamment les éléments chimiques. On a toujours un DCO>DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables **(Asano, 1998).**

I.5.4.Paramètres microbiologiques

Les micro-organismes présents dans les eaux usées par ordre croissant de taille : les **virus**, les **bactéries** et les **parasites**. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales.

I.5.4.1 Les bactéries

Le degré de pollution des eaux usées est évalué par le dénombrement d'autres bactéries entériques, appelés « indicateurs de contamination fécale », en général les coliformes et les streptocoques fécaux (groupe D), qui sont en grande partie dénués de pathogénicité pour l'homme, mais sont très abondants dans les eaux usées. La raison de ce choix tient essentiellement au fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide (24 à 48 heures) que celle des espèces véritablement pathogènes (généralement quelques jours, avec souvent nécessité d'identification sérologique) **(Gauthier et Pietri, 1989).**

Si la présence des espèces indicatrices ne confirme pas celle des espèces pathogènes dans les eaux analysées, elle la laisse supposer, car une certaine relation quantitative existe entre les deux groupes de bactéries **(Gauthier et Pietri, 1989).** En effet, La présence simultanée des coliformes et des entérocoques suffit à confirmer qu'il y a pollution **(Brisou Et Denis, 1978).**

a) Les indicateurs microbiens

On présente ci-dessous les germes indicateurs principaux, à savoir, les coliformes et les streptocoques fécaux.

- **Les coliformes totaux**

Les coliformes sont des bâtonnets, anaérobie facultatif, gram (-) non sporulant **(BRE/OMS, 1977).**Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37º C**(Rodier et *al.*, 2005).** Ils regroupent les genres *Echerichia, Citrobacter, Entérobacter,Klébsiella, Yersinia, Serratia, Rahnella,* et *Buttiauxella***(Rodieret*al.*,2005 ; Joly**et**Reynaud ,2003)**. La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale **(Rodier et *al*.,2005).**

- **Les coliformes fécaux**

Ce sont des bâtonnets Gram (-) **(Fig.2)**, aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant,capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44ºC en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à44ºC, sont souvent désignés sous le nom d*'Eschericia Coli* bien que le groupe comporteplusieurs souches différentes (*Citrobacterfreundii, Entérobacteraerogenes, Klebsiellapneumoniae…*etc.) **(BRE/OMS, 1977 ; Rodieret*al.*, 2005 ; Jolyet Reynaud, 2003).**

Les coliformes fécaux thérmotolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine **(Gaujous, 1995)** en voici quelques concentrations.

- Excréments humains 10^9 /gramme de matière fécale.
- Eaux usées non traitées 10^6 à 10^8 / 100ml.

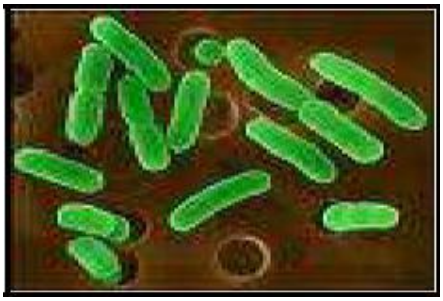


Figure 2 : Coliformes fécaux ([3], 2006)

- **Les streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae **(Fig.3)**, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField **(Sharpe, 1979).**Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz **(Manuel de Bergey, 1984).**



Figure 3: Streptocoques fécaux ([4], 2001)

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés **(Gaujous, 1995).** Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé **(BRE/OMS, 1977).**

b) Les germes pathogènes

Ces germes proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution. On présente ci-dessous, les salmonelles et les vibrions cholériques.

- **Les Salmonelles**

Elles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae et sont des bâtonnets mobiles**(Fig.4)**, Gram (-),anaérobies facultative. Elles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. Elles réduisent le sulfite en sulfure et fait la décarboxylationde la lysine.

Elles sont retrouvées dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'Hommes .Elles sont peut être la cause la plus fréquente d'infections des êtres humains par des organismes pathogènes à hôte animal **(BRE/OMS, 1977).**

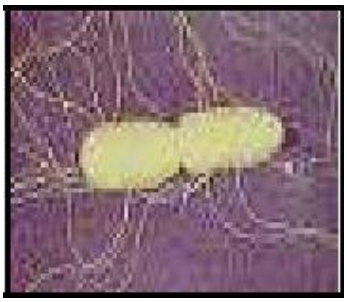


Figure 4 : Les salmonelles ([5], 2002)

- **Les vibrions cholériques**

La bactérie *Vibrioncholera* (vibrion cholérique ou bacille virgule en français) est une bactérie gram négatif, en forme de bâtonnet incurvé **(Fig.5)**, mobile et responsable du choléra chez l'Homme, une maladie épidémique contagieuse. Elles fermentent le glucose. Elles sont nitrate réductase positive et oxydase positive (**Anonyme, 1981)**.

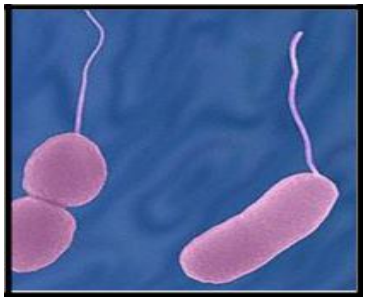


Figure 5 : Les vibrions cholériques (**[6], 1981)**

I.5.4.2. Les parasites

Les parasites qui flottent au sein de l'eau se divisent en planctons et helminthes.

a) .planctons : se divise par le zooplancton (plancton animal) et phytoplancton (plancton végétal). La majorité des espèces planctoniques ont une taille de quelques millimètres à quelques centimètres, les espèces inférieures à 20 μm constituent les nanoplanctons **(Brisou, 1968)**.

- **Zooplancton :** Constitué par les protozoaires et les métazoaires.

Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de

Traitements des eaux usées **(Brisou, 1968)**. On peut citer parmi ceux-ci *Entamoebahistolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Giardia lamblia*.

Les métazoaires

Terme qui regroupe tous les animaux pluricellulaires ; en opposition aux protozoaires (organismes unicellulaires tels que les levures). Ce sont des organismes eucaryotes (contrairement aux bactéries) mobiles et hétérotrophes (contrairement aux végétaux).

- **Phytoplanctons**

Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal, de taille très petite ou microscopique, qui vivent en suspension dans l'eau; communauté végétale des eaux marines et des eaux douces, qui flotte librement dans l'eau et qui comprend de nombreuses espècesd'algues et de diatomées.

b). Les helminthes

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées, la concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3œufs/L **(Faby, 1997).** Le **tableau I** regroupe les principaux protozoaires et helminthes que l'on trouve dans les eaux usées, avec les pathologies qui leur sont associées, éventuellement le nombre moyen de parasites que l'on trouve dans un litre d'eau usée et la voie de contamination principale du pathogène.

Tableau N°I: Les parasites pathogènes dans les eaux usées ([7], 1998).

Organisme	Symptômes, maladies	nbre de germe pour un litre	Voies de contaminations
Protozoaires			
Entamoebahistolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée,malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
Balantidium coli	Ulcère de colon	28 à 52	Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascaridiase : diarrhée, troublenerveux	5 à 111	Ingestion
Ancylostoma	Anémie	6 à 188	Cutané
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion/Cutané

II. Traitement des eaux usées

II.1 Introduction :

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré. Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu des différents procédés d'épuration avant leurs rejets dans le milieu naturel.

II.2 Définition de l'épuration

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consiste à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées et les rejeter dans le milieu naturel, soit pour les transformer, et les réutiliser dans d'autres sections comme l'agriculture, l'arrosage et autre.

II.3 Les stations d'épurations (STEP)

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant leur rejet dans le milieu naturel.

Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur. Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage (pour les solides de grande taille), puis par flottation/décantation (pour les sables et graisses). Vient ensuite un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie de matières en suspension (MES).

Des traitements physico-chimique et/ou biologique sont ensuite appliqués afin d'éliminer la matière organique. Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation.

Enfin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur. Il existe également des traitements dits extensifs, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physique et naturels.

II.4. Les procédés d'épurations :

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible **(METAHRI.M ,2012).**

II.4.1 Les prétraitements :

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (déshuilage) **(Zeghoud.M ,2013)**

II.4.1.1 Dégrillage :

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet *De protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation, *De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution **(Memento Technique Des Eaux.2012)**

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre les barreaux de grille, on peut distinguer :

***Un dégrillage grossier** : l'eau brute passe à travers une première grille qui permet L'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm.

***Un dégrillage fin** : après le relevage de l'eau par quatre pompes (1250m3/ h pour chacune), il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20mm, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6et 1 m/s **(Zeghoud.M 2013).**

II.4.1.2 Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, le sable et particules minérales plus ou moins fines. Ceci à fin d'éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, à éviter de perturber les stades de traitement suivants.

Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules de granulométrie égale ou supérieure à 200 mm; une granulométrie inférieure est en général du ressort du débourbage ou de la décantation **(Memento Technique Des Eaux.2012)**

II.4.1.3 Dégraissage, déshuilage :

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations **(Zeghoud.M ,2013).**

II.4.2.Traitement primaire :

Il consiste en l'enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que des matériaux flottants.

La décantation des matières dans un bassin et déterminée par l'indice de Mohlman, il est défini par le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenus dans ce volume.

Selon la formule : IM =V/M

Avec: IM : Indice de Mohlman.

v : Volume de boues décantées en 1/2 heure.

M : Masse de matières en suspension.

Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

Décantation primaire :

La décantation primaire a pour objectif de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension (MES) naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huiles et graisses).

Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2 m/h, 40 à 60% de MES, soit 40% de matière organique, 10 à 30% des virus **(Zeghoud.M ,2013)**

II.4.3 Traitement secondaire (ou traitement biologique) :

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées **(Zeghoud.M ,2013)**

L'épuration biologique peut s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie. Dans les deux cas ce sont des micro-organismes adaptés au procédé qui se multiplient en absorbant la pollution organique (bactéries hétérotrophes assimilant les matières organiques).

II.4.3.1 Traitement biologique intensif :

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. 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.

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- Les lits bactriens.
- Les disques biologiques.
- Les boues activées.

II.4.3.1.1 Traitement biologique par lit bactériens :

Cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. Elle a été réalisée pour la première fois, au début du siècle à Birmingham. Il était déjà connu que le pouvoir auto-épurateur des sols permettait une biodégradation des matières organiques **(Mohand Saïd.O,2001)**

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. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. 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 principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens sont présentés dans le tableau II.

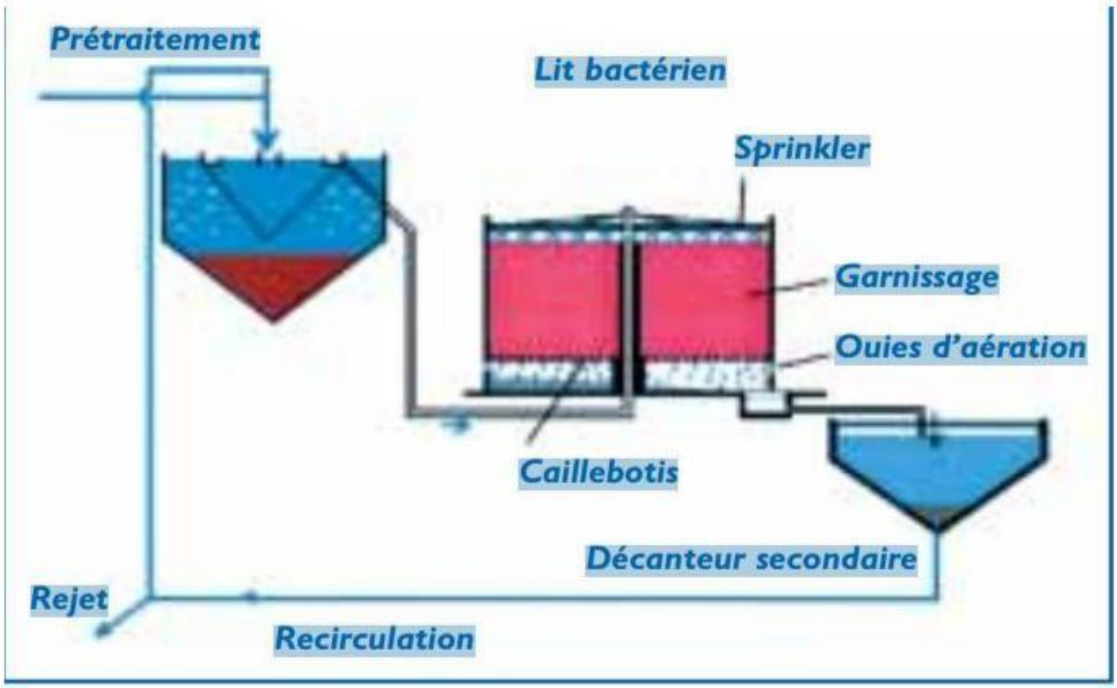


Figure.6 : Schéma du traitement biologique par lit bactériens (Canler , 2004)

Tableau II: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
-Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées. -Faible consommation d'énergie. -Bonne décantabilité des boues. - l'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.	-Coûts d'investissement assez élevés. -Source de développement d'insectes et d'odeurs. -Sensibilité au colmatage et au froid. -Boues fermentescibles**.**

.

II.4.3.1.2 Traitement biologique par disques biologiques :

Les disques biologiques ou bio-disques sont une filière de traitement biologique aérobie à biomasse fixée **(Mohand Saïd.O ,2001)** Ce procédé a été pratiquement abandonné en France (à partir de 1975) car il a connu de nombreuses défaillances mécaniques et un sous-dimensionnement chronique. Par contre, ce procédé épuratoire a continué d'évoluer dans d'autres pays et bénéfice actuellement d'une robustesse et d'une fiabilité du matériel mécanique **(Fiche Technique sur l'assainissement, 2010)**

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique. Dès qu'il dépasse une épaisseur de quelques millimètres, le bio-film (les boues) en excédent se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont automatiquement renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (filière classique). La qualité de l'eau épurée est directement liée à la charge polluante appliquée par unité de temps et de surface mouillée des disques.

Le clarificateur peut être remplacé par une lagune de finition (tout comme le décanteur digesteur par une lagune de décantation) et plus récemment, par des lits plantés de roseaux. Dans cette dernière configuration, il n'y a pas de décanteur-digesteur et les lits plantés assurent à la fois la séparation entre les boues et l'eau épurée, la déshydratation et le stockage des boues**.(Canler ,2004)**

Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique sont regroupés dans le tableau III .

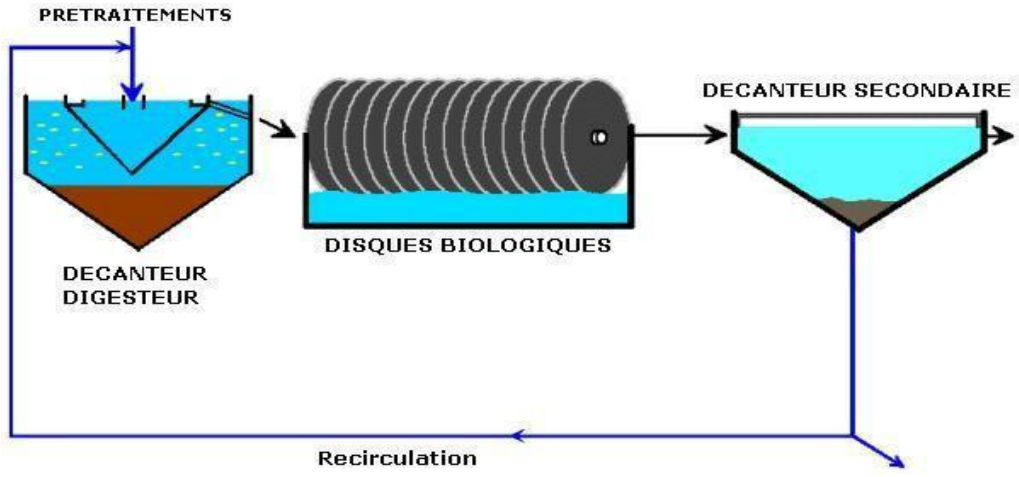


Figure .7 : Schéma du traitement biologique par disque biologique.

Tableau III: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique. (**Canler J.P ,2004)**

Avantages	Inconvénients
-Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment) -L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage. -Généralement adaptés pour les petites collectivités. -Faibles consommation d'énergie.	-Très sensible à la quantité des eaux à traiter. -La sensibilité au gel et aux huiles et graisses. -Coûts d'investissement assez élevés. -Ce procédé pose des problèmes dans la construction.

II.4.3.1.3 Traitement biologique par boues activées :

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu. Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ;l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène par (le brassage, l'injection d'air comprimé, voire même d'oxygène pur), a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies **(METAHRI M, 2012)**

Après un temps de contacte suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Une partie de ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices.

Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées sont résumés dans le tableau IV. (**Canler J.P ,2004)**

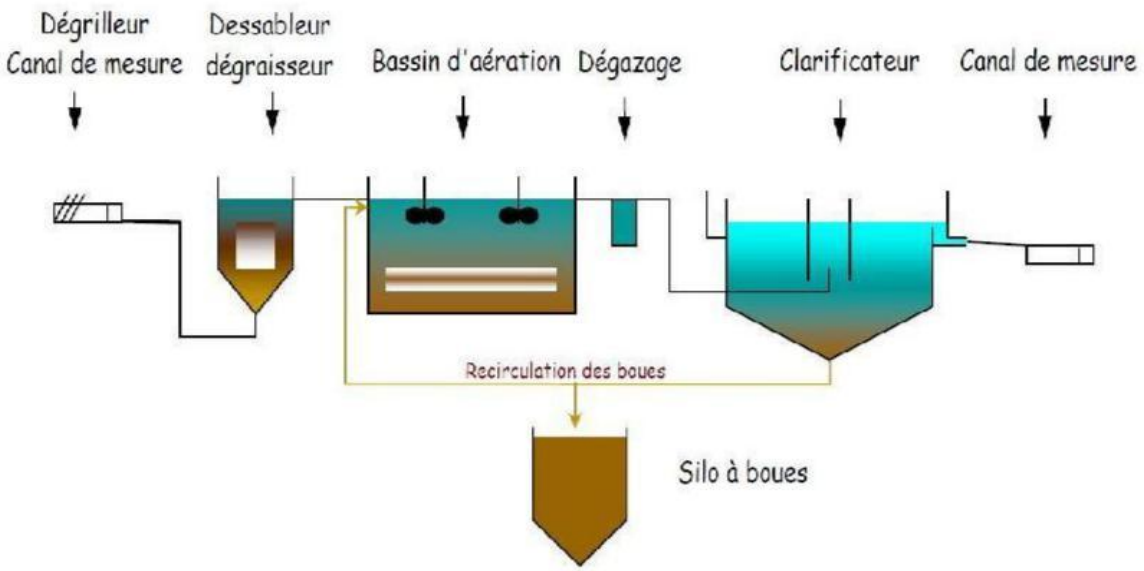


Figure .8: Schéma du traitement biologique par boue activée.(Djermakoye, 2005)

- Développement des bactéries

Les bactéries peuvent se développer selon trois types de croissance :

1. Croissance dispersée : les bactéries sont libres les unes par rapport aux autres dans le liquide interstitiel. Cette situation s'observe lors du démarrage de la station, en condition de forte

charge massique. Les nouvelles cellules peuvent se disperser ou bien rester groupées au sein d'une colonie structurée par un mucilage **(Canler ,2004).**

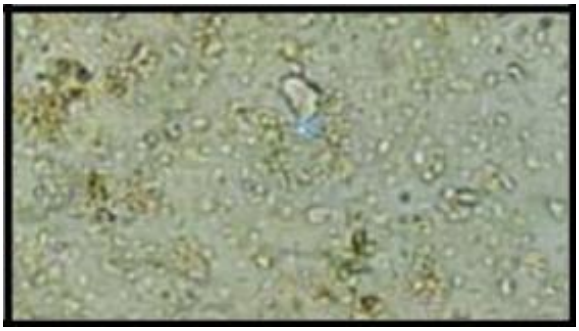


Figure .9 : Croissance dispersée (GX 100) (Canler ,2004).

Croissance floculée : les bactéries sont regroupées en amas, autour d'un support organique ou minéral(le floc).

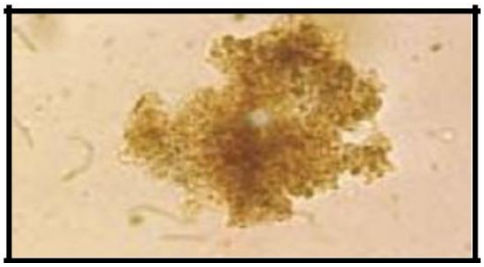


Figure.10: Croissance floculée (GX 100) (Canler ,2004).

Croissance filamenteuse :lors de la multiplication cellulaire, la séparation des cellules mère et fille n'a pas lieu en totalité, les cellules mère et fille restent en contact voire partagent une paroi cellulaire. Ce type de croissance, conduit à la formation de filaments pouvant atteindre 500µm de long. **(Canler ,2004).**

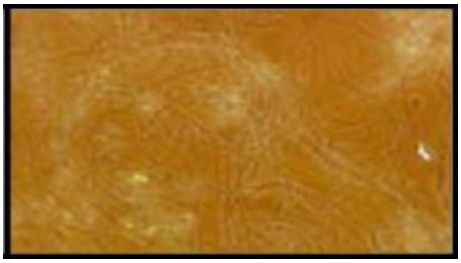


Figure .11 : Croissance filamenteuse (GX 100) (Canler ,2004).

Tableau IV: les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO_5, N par nitrification et dénitrification). -Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites). - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.	- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser. -Consommation énergétique importante. - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière. - Sensibilité aux surcharges hydrauliques.

II.4.3.2. Traitement biologique extensif :

II.4.3.2.1. Traitement biologique par lagunage:

Une station d'épuration par lagunage est en général précédée d'un prétraitement mécanique ou d'un traitement complet de type boues activées (On parle alors de lagunage tertiaire). Une filière de lagunage se compose d'une succession de bassins où l'on privilégie un type d'écosystème épuratoire spécifique **(MANCER H, 2010**). Le tableau V regroupe les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Dans un procédé de traitement de type lagunage la destruction de la pollution à traiter s'opère grâce à une succession et une association de processus physico-chimiques et biologiques extrêmement larges. On prendra comme exemple un traitement par lagunage naturel (filière de traitement la plus courante), où l'installation est constituée d'une lagune primaire (profondeur totale : 1,5 à 2 m, surface : 5 m^2), d'une lagune secondaire (profondeur totale : 1 à 1,5 m, surface : 2,5 m^2), lagune tertiaire (profondeur totale : 0,5 à 1 m, surface : 2,5 m^2/) **(LYONNAISE Des Eaux , 2002)**

Le lagunage aussi utilisé en complément ou en association avec d'autres procédés de traitement :

- Lagunage anaérobie /lagunage aéré.
- Décanteur digesteur /lagunage (aéré, naturel).
- Décanteur primaire ou physico-chimique / lagunage (aéré, naturel).
- Lagunage naturel / lagunage (aéré, naturel).

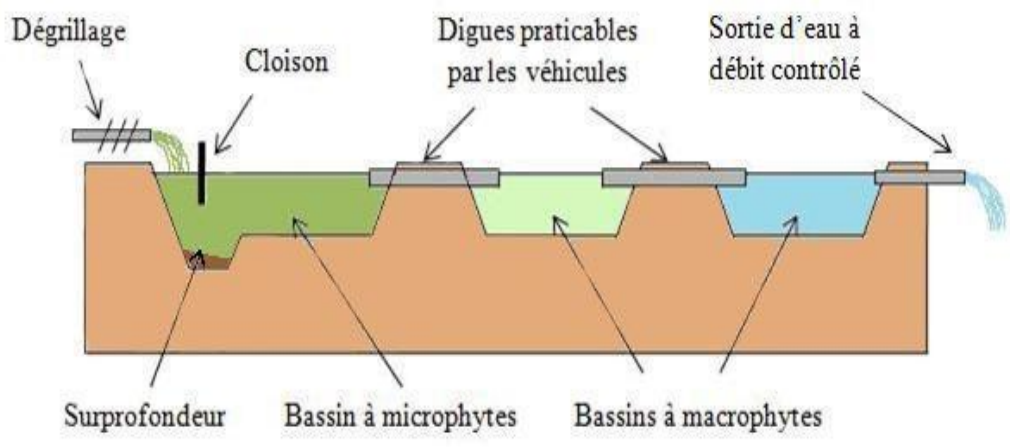


Figure .12: Schéma du traitement biologique par lagunage (Djermakoye, 2005)

Tableau V: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
-Fiabilité et facilité d'exploitation. -Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants. -Investissement modéré si l'on dispose de surface en terrains importantes dont la nature. La structure et la topographie sont adaptées. -Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personnel.	- Nécessité de surfaces importantes en terrains. - Contraintes de sous-sol: terrains imperméables (protection de la nappe). - Risque de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies) -Curage périodique indispensable.

II.4.3.2.2: Traitement biologique par la filtration-percolation:

L'infiltration-percolation est une technique non conventionnelle d'épuration des eaux résiduaires, le principe de cette technique consiste à infiltrer, après décantation, l'effluent à épurer à travers un massif de sable. Ce dernier constitue un réacteur aérobie à biomasse fixé, le sable sert de support à une filtration biologique **(Agence de l'eau ,2014).**

Le procédé d'infiltration percolation a donné des résultats encourageants sur l'élimination des matières en suspension (avec un abattement qui peut aller jusqu'à 98%), l'élimination des matières organiques (avec un abattement de 85% à 94% de DCO et abattement de 96% de DBO_5), l'élimination de l'azote ammoniacale, et sur l'élimination des micro-organique pathogènes contenus dans les eaux usées **(Mohamed. E, 2014**). Le tableau VI présente les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par la filtration **(Djermakoye, 2005).**

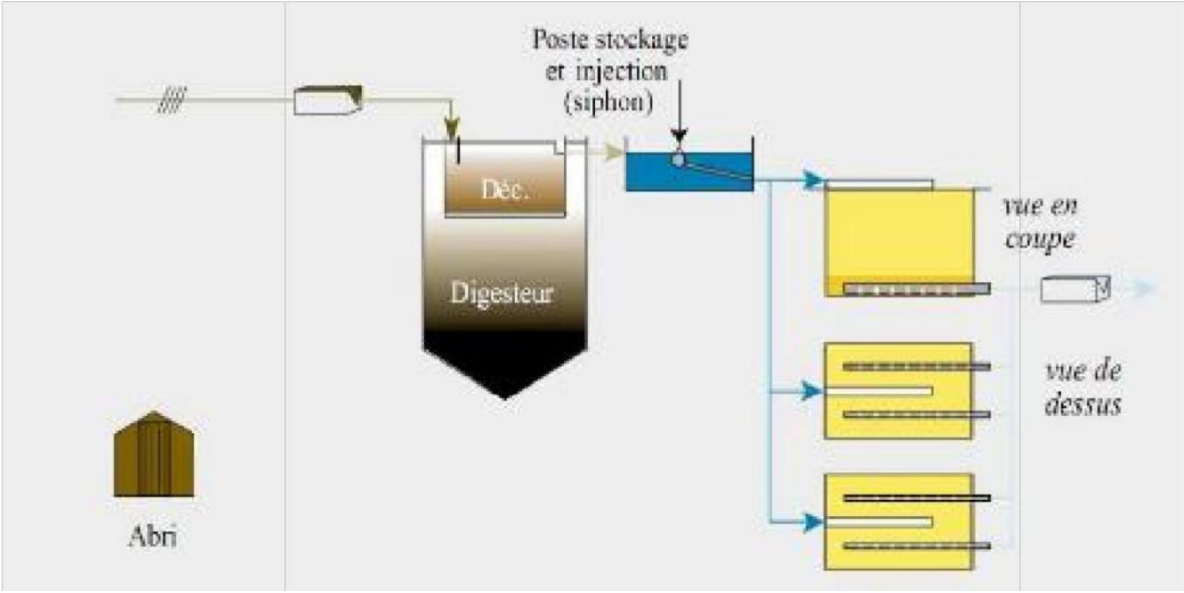


Figure .13 : Schéma du traitement biologique par la filtration (percolation) (Djermakoye, 2005)

Tableau VI : les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par la filtration (Canler ,2004).

Avantages	Inconvénients
-Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques). -Rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95% sur DCO, DBO_5 et MES. -Capacité de décontamination intéressante. -Nitrification importante des composés azotés. -Superficie nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.	-Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace. -Risque de colmatage à gérer. -Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sables, ce qui peut engendrer des investissements importants. -Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

II.4.3.2.3 Traitement biologique par la phytoépuration (filtre plantée de macrophytes):

Les filtres plantés de roseaux se classent parmi les filières de traitement biologique à culture fixée sur supports fins (sable, gravier), rapportés et alimentés à l'air libre, au même titre que « l'infiltration-percolation ». Il y'a différents termes pour nommer ce type de filière de traitement à cultures fixées :

Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par phytoépuration sont indiquées dans le tableau VII **(Canler ,2004).**

-

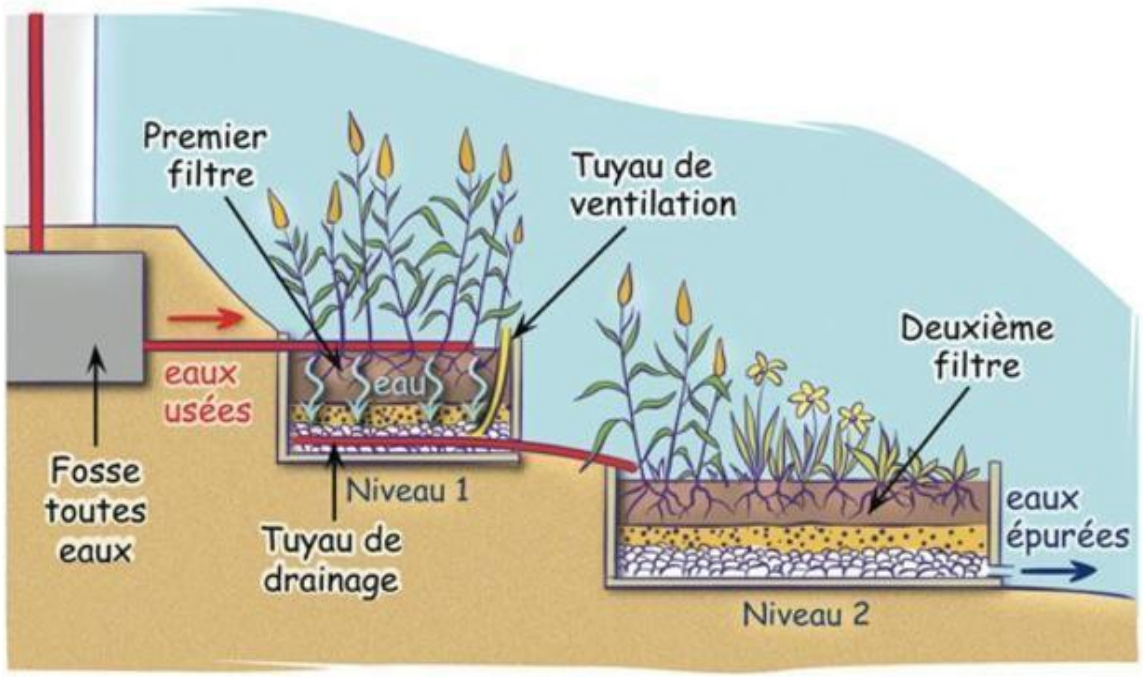


Figure II.14: Schéma du traitement biologique par phytoépuration (Canler ,2004).

Tableau VII : Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par phytoépuration.

Avantages	Inconvénients
-Facilité et faible coût d'exploitation. -Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisante. -Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes. -Gestion réduite au minimum des boues. -Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.	-Risque de présence d'insectes ou de rongeurs. -Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux. -Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux. -Nécessité d'un dessableur en tête sur réseau unitaire.

II.4.4 Traitement tertiaire :

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestique, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaire qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitement tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations suivantes :

* La nitrification-dénitrification et déphosphatation biologique ou mixte (biologique et physico-chimique)

* La désinfection bactériologique et virologique **(Djermakoye, 2005).**

II.4.4.1 Nitrification-Dénitrification :

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place.

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologique, de « nitrification-dénitrification » ou par échange d'ions. Le suivi de l'évolution de l'azote au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune : le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu. C'est la raison pour laquelle les charge et concentrations de NH4+ donnent les équivalentes suivantes :

- 1.29 mg NH4+ sont équivalents à 1mg d'azote ammoniacal N-NH4+. - 3.29 mg NO2- sont Équivalents à 1mg d'azote nitreux N-NO_2-. - 4.43 mg NO_3- sont équivalents à 1mg d'azote nitrique N-NO_3- **(Aminot . Chaussepied ,1983)**

II.4.4.2 Déphosphatation:

La déphosphatation biologique consiste à extraire l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et de nitrates présent dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejet requis.

La technique la plus utilisée pour l'épuration du phosphore consiste en la précipitation chimique par adjonction de sels métalliques (fer ou aluminium), ou de chaux. Les phosphores précipitent sous forme de sels métalliques ou d'hydroxydes et sont séparés de la phase liquide par décantation (**Asano, 1998)**

II.4.4.3 Désinfection :

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration classiques ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. On peut donc supposer qu'ils constituent l'aménagement technique minimum d'une station d'épuration en vue d'une réutilisation.

Chapitre II

Etude Expérimentale

I. Description du site

I.1.Caractéristiques et historique du site

La station d'épuration des eaux usées est située à 10 Km à l'est de la ville de Médéa au bord de l'Oued LAHRACH, dans une zone relativement enclavée entre les collines. Elle s'étale sur une superficie de 01 hectare. Le site choisi est largement suffisant pour la station projetée avec une éventuelle extension dans le futur. L'appel d'offre a été engagé en 2002. Le début des travaux de construction en 2004 Elle est mise en exploitation en 2007.

I.2.Description de la station d'épuration

La station d'épuration des eaux usées a été mise en service en 2007, les eaux usées domestiques issues des rejets des maisons de la ville de Medae, envoyées à l'installation de traitement des effluents, pour être épurées avant l'évacuation vers l'Oued LAHRACH **(Fig.16).**

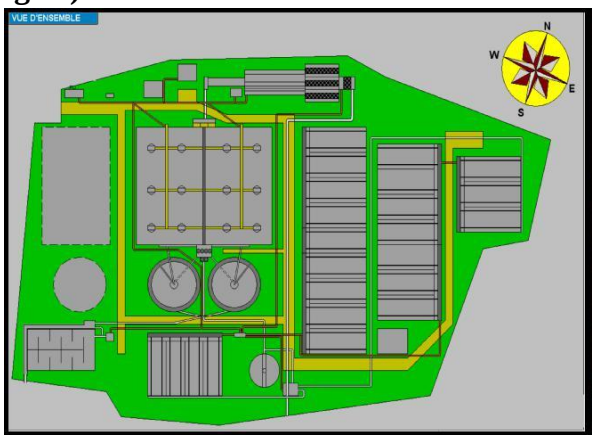


Figure15 : Shema de la STEP (ref)



Figure16:Vue d'ensemble de la STEP[8]

Les eaux usées arrivent gravitairement de la ville de Médéa par un collecteur unique. Les réseaux d'égout sont de type unitaire. Plusieurs déversoirs d'orage sont prévus sur les principaux collecteurs afin de limiter le débit d'entrée à la station en temps de pluie à 3.249 m^3/h en première phase et 4.875 m^3/h en future phase.

La filière de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

- Un prétraitement mécanique : indispensable afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par les débris solides, volumineuses ou difficilement biodégradables, le Prétraitement mécanique est constituée de :
  - Dégrillage grossier manuel.
  - Dégrillage mécanique fin.
  - Deux ouvrages de Dessablage et déshuilage.

- Canal de comptage et d'échantillonnage.
  - Traitement biologique constituée de :
- Ouvrage de répartition.
- Deux bassins d'aération avec 6 aérateurs de surface pour chacun.
  - Décantation et pompage des boues en excès constituée de :
- Deux décanteurs secondaires circulaires.
- Ouvrage de pompage des boues activées et de recirculation des boues.
  - Désinfection et comptage de l'eau épurée constituée de :
- Bassin de désinfection.
- Poste et station de chloration.
- Canal de comptage et d'échantillonnage.
  - Epaississement des boues constitué de :
- Epaississeur de boues.
- Station de pompage des boues épaissies.
- Station de pompage des filtrats et des eaux troubles.

Séchage de boue constituée de23 lits de séchage.

I.3. Description du procèdes de fonctionnement de la station d'épuration

I.3.1. Prétraitement mécanique

- **Dégrillage grossier**

Les eaux usées sont admises directement au dégrillage grossier constitué d'un canal dans lequel est disposée une grille grossière avec un espacement entre barreaux permettant ainsi d'enlever les détritus volumineux.

Ce dégrilleur assure ainsi la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement.

Il comprend les caractéristiques suivantes :

- Largeur du canal : 1,5 m
- Hauteur d'eau max : 1,29 m
- Espacement entre barreaux : 50 mm

L'opérateur remonte les refus de grille à l'aide d'un râteau dans un bac d'égouttage installé à la partie supérieure de la grille.

Après égouttage, les refus sont repris par une fourche et déposés dans le conteneur de refus de grille.

- **Dégrillage fin**

Les effluents prédégrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin **(Photo.1).**Ce dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière, Il comprend trois grilles : deux mécanisées et une manuelle en by-pass

Les canaux de dégrillage de 1 m de large, équipé d'une grille inclinée à nettoyage automatique de caractéristiques suivantes :

- Largeur : 1,00 m
- Hauteur d'eau : 0,83 m
- Espacement entre barreaux : 15 mm

Cet ensemble est en communication hydraulique directe avec les deux dessaleurs déshuileurs **(Fig.17).**

Les refus du dégrillage sont déversés dans une vis transporteuse installée perpendiculairement aux grilles avant de retomber dans une benne tractable de 5m^3 de volume. Les eaux de percolation seront récupérées dans un regard relié au réseau de drainage.

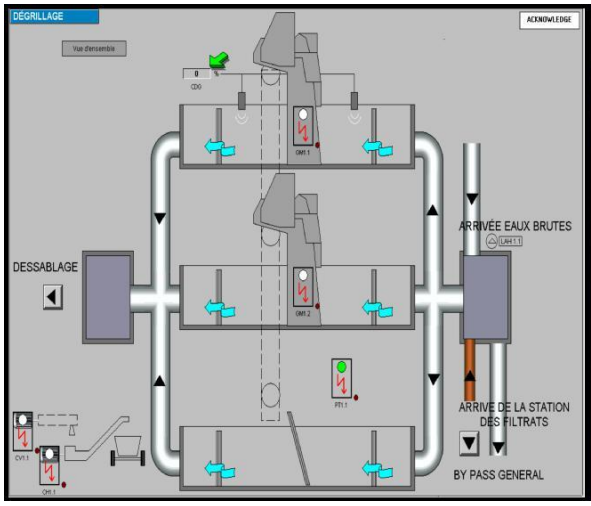


Figure17: Dégrilleur (V.WABAG)



Photo 01: Dégrilleur (Originale)

Dessablage et déshuilage

Le dessaleur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse de sédimentation est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Le déshuileur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle, ce processus est accéléré par injection de fines bulles.

L'ouvrage se compose de deux canaux rectangulaires, de section trapézoïdale, de 2,2 m de large et 22 m de long chacun, avec une hauteur d'eau moyenne de 3,04 m représentant donc un volume total de deux ouvrages de 295 m^3**(Fig.18)**

Dans chaque canal, un baffle à claire voile installé parallèlement à l'axe principal délimitant deux zones distinctes du point de vue fonctionnel : une zone turbulente de dessablage et une zone calme pour le déshuilage.

Dans la première zone, les filets d'eau décrivent un mouvement en forme d'hélice résultant de la conjugaison de l'avancement horizontal de l'eau et du mouvement vertical ascendant engendré par les bulles d'air émises par les rampes de diffusion d'air situées à environ 2,80 mètres sous le niveau d'eau **(voir Photo2.)** Ce mouvement et ce brassage ont pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées c'est-à-dire les matières organiques et autres en suspension.

Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie où le système Air lift va pouvoir remonter le sable.

L'autre zone située à l'opposé de l'axe d'installation des rampes d'air est séparée de la zone de dessablage par un baffle installé sur toute la longueur de l'ouvrage. C'est dans la zone de déshuilage que l'on observe la flottaison des huiles et graisses entraînées à la surface par leur poids spécifique plus léger que l'eau et aidées par des bulles d'air fixées à ces matières.

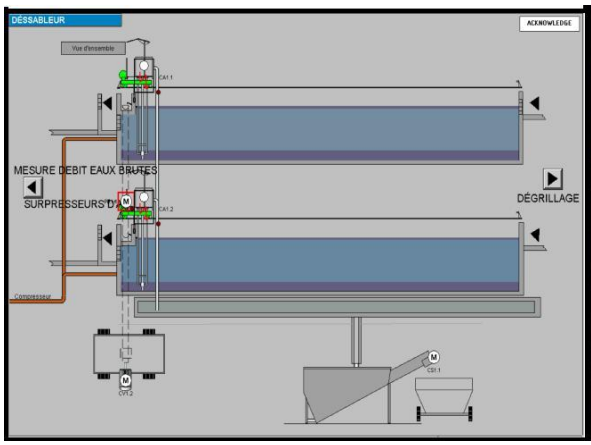




Figure 18:Dessableur,déshuileur(V.WABAG) **photo 2: Dessableur et déshuileur (Originale)**

I.3.2.Traitement biologique

Les eaux dessablées et déshuilées arrivent, en provenance du prétraitement, par l'intermédiaire d'une tuyauterie à la chambre de répartition entre les deux bassins d'aération distincts et accolés de forme rectangulaire et ayant les dimensions suivantes:

Tableau N° VIII : Caractéristique du bassin d'aération.

Dimensions	
Nombre de bassin	**2**
Longueur au plan d'eau (m)	**66,0**
Largeur au plan d'eau (m)	**44,0**
Hauteur d'eau (m)	**4,5**
Volume net unitaire (m^3)	**13 068**
Volume net total (m^3)	**26 136**

Afin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la biodégradation des matières organiques, un apport d'oxygène est donc indispensable pour le traitement biologique, une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg/l devrait être maintenue dans le système d'aération **(Photo 3)**.

Pour assurer les objectifs classiques appliqués à cette station d'épuration à boues activées, le dimensionnement du bassin d'aération prendra généralement en compte les conditions de fonctionnement suivantes :

- Charges massique : 0,067 kg DBO_5 / kg M.S.
- Concentration en boues activées : 5 g/l
- Age des boues : 14 j

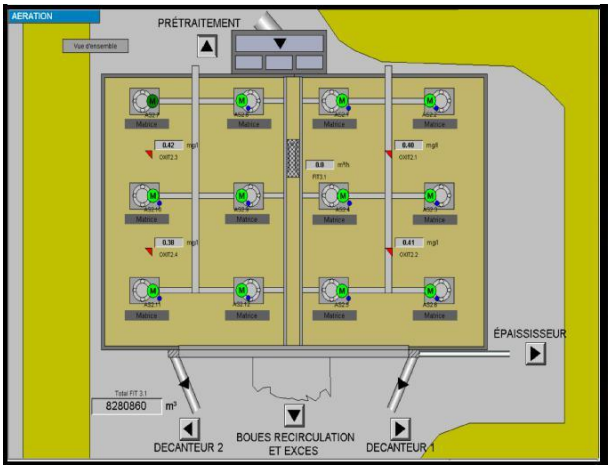




Figure19 : Bassins d'aération (V.WABAG) **Photo 3: Bassins d'aération (Originale)**

La station fonctionnant à une faible charge massique suivant le processus d'une aération prolongée permettant une bonne efficacité d'élimination de la demande biologique en oxygène**(**DBO). La stabilisation (minéralisation) des boues s'effectuera également dans le bassin d'aération.

Les équipements prévus pour l'épuration biologique sont :

- 6 Aérateurs de surface pour chaque bassin**. (Fig.19)**
- 1 Turbine à 16 pales d'acier de diamètre 2400 mm pour chaque aérateur
- 1 Déversoir de sortie du bassin avec baffle siphoïde de protection pour chaque bassin

Chaque turbine ayant une capacité d'oxygénation de 120 kg O_2/h, sous conditions Standards, l'ensemble permet donc de fournir 1440 kg O_2/h.

I.3.3. Décantation et pompage des boues en excès

La liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée sur les ouvrages de décantation secondaire **(Photo 4)**.

Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient. La liqueur mixte est introduite en son centre ; l'eau clarifiée déborde en périphérie dans une double goulotte de reprise et les boues décantées se déposent sur le radier et seront raclées vers le centre de l'ouvrage où elles s'épaississent légèrement.

Chaque ouvrage, de forme cylindro-conique, a les dimensions suivantes :

- Diamètre : 43 m
- Hauteur cylindrique : 3,8 m
- Volume : 5.518 m3

Chaque décanteur, équipé d'un Pont roulant radial, disposant d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage).

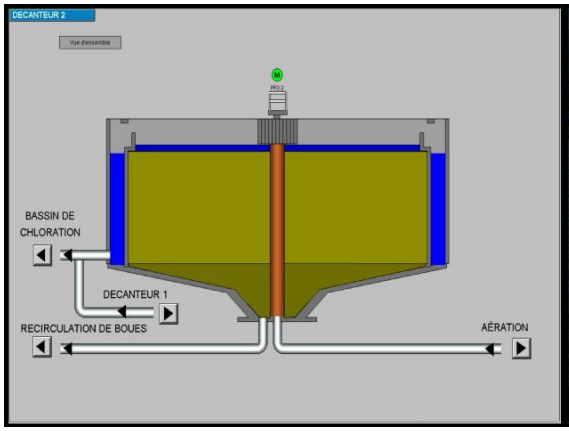


Figure20 : Décanteur (V.WABAG)



Photo 4: Décanteur (Originale)

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers une fosse de pompage des boues de recirculation et d'excès.

Les boues activées en excès produites par le processus biologique sont prélevées à partir de la fosse et refoulées en tête de l'épaississeur.

Le but de la recirculation des boues du ou des décanteurs secondaires vers le réacteur biologique est d'y maintenir une concentration constante et correcte de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considérée ou, ce qui revient au même, de limiter le temps de séjour dans les décanteurs pour garantir une bonne qualité et un âge de boue bien défini.

I.3.4. Désinfection et comptage de l'eau épurée

A la sortie de la décantation secondaire, les eaux, dites épurées, sont envoyées ensuite vers le bassin de chloration **(Photo 5).**

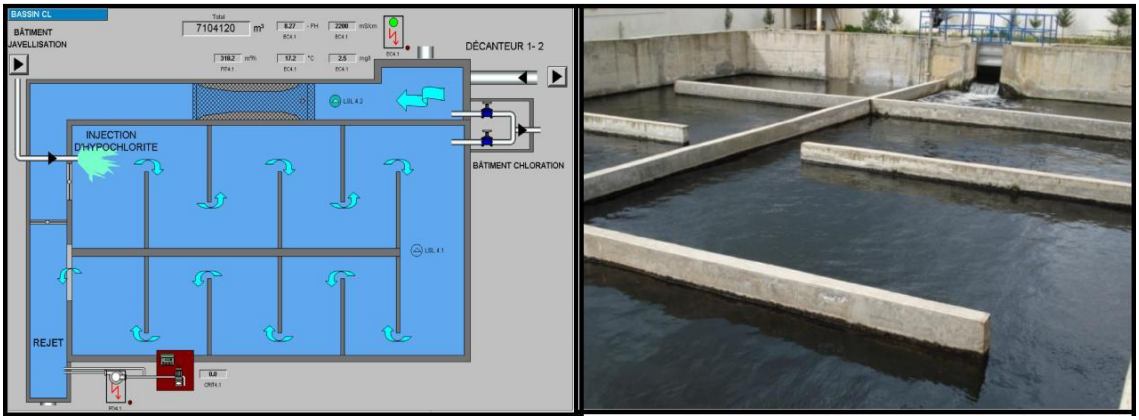


Figure 21: Bassin de chloration (V.WABAG) **Photo 5: Bassin de chloration (Originale)**

Il est envisagé la réutilisation des eaux usées par l'agriculture. La chloration s'avère indispensable dans le cas d'utilisation pour les maraîchages. Dans le cas où ces eaux sont réutilisées pour l'arboriculture, les fourrages, il n'est pas nécessaire de les chlorer.

Une station de dosage d'hypochlorite de sodium ou de Calcium en variante selon disponibilité des produits, est prévue à cet effet.

I.3.5. Epaississement des boues

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Les boues en excès sont introduites par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaississeur **(Photo 6),** doté d'un système de raclage des boues, et ce afin d'améliorer la concentration de ces boues en termes de matières sèches. En effet, la concentration des boues en excès avant l'épaississement est de l'ordre 9 g/l, quant à celle après épaississement, elle peut atteindre 25 g/l.

L'ouvrage prévu pour cet effet ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau N° IX : **Caractéristique de l'épaississeur.**

Dimensions	
Nombre des épaississeurs	**1**
Diamètre (m)	**16,00**
Hauteur de boue (m)	**4,25**
Surface (m^2)	**201,1**
Volume net total (m^3)	**854**
Charge superficielle ($kg/m^2.j$)	**44,6**
Temps de séjour (j)	**1,3**

Les boues épaissies sont raclées par des racles de fond munis de bavettes en caoutchouc, vers une poche à boues au centre du radier de l'ouvrage. Ce raclage est facilité par la pente du radier de l'épaississeur.

De la poche à boues, les boues sont envoyées vers le local technique des pompes à boues épaissies par l'intermédiaire d'une tuyauterie noyée dans le radier de l'ouvrage **(Fig.22)**. Ces boues épaissies seront ainsi pompées vers les lits de séchage, en vue de leur déshydratation naturelle.

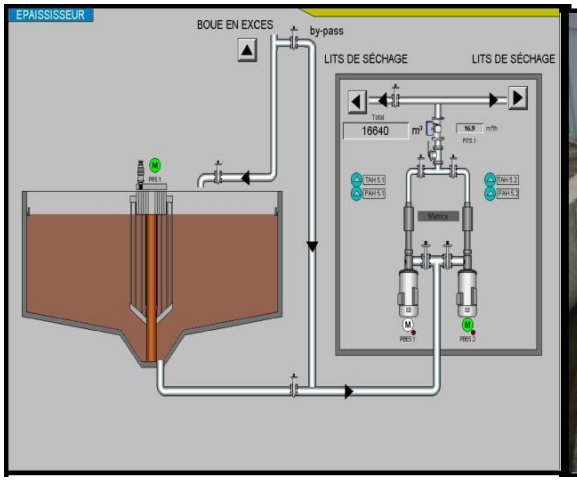


Figure 22: Le passage des boues en excès de décanteur vers l'épaississeur (V.WABAG)



photo 6: Epaississeur (Originale)

I.3.6. Séchage de boue

La station d'épuration produite en permanence des boues dont l'excès doit être évacué à intervalles réguliers pour garantir un bon fonctionnement du système. En effet, l'extraction permet de maintenir une quantité de MES nécessaire et suffisante afin d'obtenir une qualité d'épuration optimale.

La déshydratation des boues sur lits de séchage **(Photo 7)** est un procédé de traitement qui permet l'épaississement, la minéralisation et le stockage. Le principe est la filtration naturelle par gravité et le séchage à l'air de la boue.

Les lits de séchage prévus pour cet effet ont les caractéristiques suivantes :

Tableau N° X: Caractéristiques des lits de séchage

Paramètres	
Nombre de lits de séchage	**23**
Hauteur max de remplissage (m)	**0,3**
Surface du lit de séchage unitaire (m^2)	**350**
Volume du lit de séchage unitaire (m^3)	**105**
Volume du lit de séchage total (m^3)	**2415**

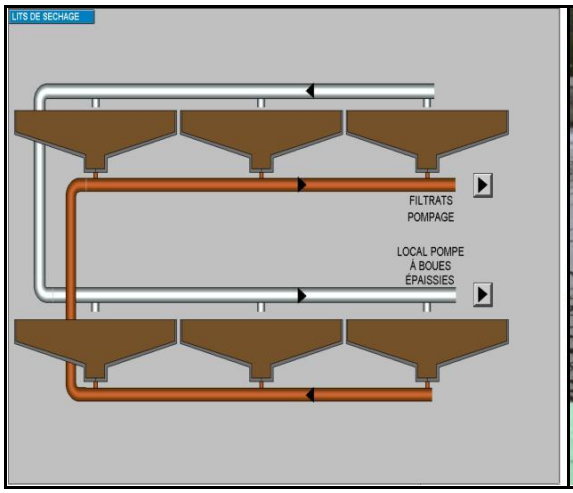




Figure 23: Lits de séchages (V.WABAG) **Photo 7: Lits de séchages (Originale)**

Les boues arrivent par une tuyauterie, et sont distribuées vers chaque lit **(Photo 8)**.



Photo 8: L'arrivée des boues (Originale)

La déshydratation naturelle de la boue se déroule en deux phases.

a. Dans une première phase, la plus grosse partie de l'eau interstitielle filtre rapidement sans entrave vers le fond du lit. Cette phase est estimée à un jour
b. La seconde phase est le séchage à l'air par évaporation ce qui peut être estimé à une ou deux semaines.

Ces boues une fois séchées peuvent être soit évacuées directement vers les utilisateurs (agriculteurs) soient envoyées à la décharge.

II. Mode de prélèvement

Notre travail a été réalisé dans la station d'épuration des eaux usées de la wilaya de Médéa. S'est étalée sur une période allant du mois de Mars jusqu'au mois de Mai. Elle est menée sur les eaux usées d'origine domestiques. Par voie biologique à boue activée.

La composition des effluents varie au cours de la journée, donc il y a deux préleveurs automatiques qui font prélever les échantillons de l'eau brute ainsi de l'eau épurée chaque 1 heure.

Ces préleveurs prennent 50ml de l'eau pour chaque 500 m³ de l'eau entré dans la station dans des flacons de 1 L de matière plastique pour avoir un prélèvement correspondant à la composition moyenne.

La localisation de ces préleveurs est l'un à l'entrée de l'eau brute après le prétraitement et l'autre se trouve à la sortie de l'eau épurée sortante du clarificateur.

Pour évaluer l'efficacité du traitement effectué dans la station d'épuration. Trois points de prélèvements ont été choisis à savoir :

- Un prélèvement de l'eau brute n'ayant subi aucun traitement
- Un deuxième prélèvement concerne l'eau épurée qui sorte du clarificateur ;
- En plus, un prélèvement de boue activée du bassin d'aération a été réalisé pour avoir une idée sur son état de fonctionnement.

Dans les bassins, les prélèvements ont été effectués aux points à l'aide d'une pissette.

Les échantillons sont conservés dans des bidons de 1L préalablement lavés dans des glacières à une température de 4°C.

III. Matériels et méthodes

III.1.Matériels

III.1.1.Matériels biologiques

- **eau usée, eau épurée.**
- **boue activée**

III.1.2.Matériels non biologiques

L'ensemble du matériel non biologique (appareillage, verreries, réactifs, solution et milieu de culture) est mentionné plus loin (voir annexe).

III.2.Méthodes

III.2.1.Analyses physico-chimiques

Les analyses physicochimiques portent sur les paramètres suivants :

- La température.
- Le potentiel d'hydrogène (pH).
- La conductivité électrique.
- Les matières en suspension.
- La demande chimique en oxygène.
- La demande biologique en oxygène.
- L'indice de décantation.
- La matière sèche (MS).
- Phosphate.
- Nitrate.

III.2.1.1.Mesure de la température, pH et de la conductivité

a) Mode opératoire

- Les deux électrodes (du pH .la température et de la conductivité) sont rincées deux fois avec - de l'eau distillée. L'étalonnage est effectué en plongeant les électrodes dans une solution étalon. Puis les électrodes sont plongées sur environ 4 Cm dans l'eau à analyser. La lecture finale du pH, de la température et de la conductivité ont été faites une fois les valeurs sont stables.

b) Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C), et la Conductivité électrique exprimée en **µs/Cm**, ainsi que la valeur du pH.

III.2.1.2.Matière en suspension (MES)

- **Méthode par filtration**

a) Mode opératoire

On utilise cette méthode pour l'eau traitée car elle est de faible charge.

Les papiers filtres MES sont séchés dans une étuve à 105 °C, puis laissés refroidir dans un dessiccateur avant d'être pesés. Les filtres sont ensuite placés dans l'équipement de filtration pour aspiration. Un volume bien déterminé d'eau à analyser soit 200 ml est versé progressivement sur le filtre. Le filtre est par la suite séché à 105 °C, jusqu'à obtenir une masse constante.

a) Expression des résultats

V = le volume en millilitres d'eau traité (prise d'essai).

$\mathbf{M_0}$ = La masse en mg du disque filtrant avant utilisation (filtre vide).

$\mathbf{M_1}$ = La masse en mg du disque filtrant après utilisation.

La teneur en milligrammes de matière en suspension (MES) est donnée par l'expression :

$$\mathbf{MES\ (mg/l) = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V}}$$

- **Méthode par centrifugation**

a) Mode opératoire

La totalité de l'eau à analyser (100ml de l'eau brute) est introduite dans le pot de la centrifugeuse puis centrifugée pendant 20 minute ; le culot est récupéré dans une capsule préalablement séchée à 105 °C pendant 30 min , puis laissé refroidir dans un dessiccateur avant d'être pesé.

b) Expression des résultats

V : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

$\mathbf{M_0}$: La masse en milligrammes de la capsule vide.

$\mathbf{M_1}$: La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105 °C.

$\mathbf{M_2}$ **:** La masse en milligrammes de la capsule après minéralisation (après séchage à 525 °C).

Le taux de matière en suspension exprimé en mg/l est donné par l'expression :

$$\mathbf{MES\ (mg/l) = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V}}$$

La capsule séchée à 105 °C est minéralisée par un autre séchage dans un four à 525 °C.

La teneur en milligramme de ce qui est considéré comme matière minérale par litre d'eau est donnée par l'expression :

$$MMS\ (mg/l) = \frac{(M_2 - M_0) \times 1000}{V}$$

On peut ainsi déduire la MVS qui représente la matière volatile en suspension c'est-à-dire la partie organique non dissoute d'un échantillon, via la formule suivante :

$$MVS\ (mg/l) = \frac{(M_1 - M_2) \times 1000}{V}$$

III.2.1.3.Demande chimique en oxygène (DCO)

a) Principe

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure .l'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'Ammonium.

b) Mode opératoire

10 ml de l'échantillon à analyser sont transvasés, dilués si nécessaire dans un tube à DCO Mètre (le volume total est gardé constant soit 10 ml). Deux mesures à blanc (témoin négatif) dont 10 ml d'eau distillée dans un tube à DCO mètre sont également effectuées. Le témoin positif consiste à mettre 10 ml **d'hydrogenophtalate de potassium** dans un tube à DCO mètre.5 ml de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et quelques billes en verre sont par la suite rajoutées dans chaque tube. Les tubes sont soigneusement agités sur un régulateur d'ébullition. l'acide sulfurique – sulfate d'argent sont rajoutés aux tubes, sous hotte aspirante. Le DCO est mis en marche à une température 150 C° pendant 120 minutes. Une fois les 120 min écoulée, le DCO mètre est éteint et les tubes sont refroidis à température ambiante.

Le contenu de chaque tube est dilué dans une éprouvette de 100 ml à environ 75 ml. Puis 1 à 2 gouttes de l'indicateur Ferroine sont rajoutées à chaque tube, et la titration est faite avec une solution sulfate de Fer et d'Ammonium (Sel de Mohr).La couleur passe du vert au rouge violacé.

c) Expression des résultats

La DCO, exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{DCO\ (mg/l) = \frac{8000 \times C\,(V_1 - V_2)}{V_0}}$$

C : est la concentration en quantité de matière, exprimée en moles par litre, de la solution de sulfate de Fer et d'Ammonium, calculée selon.

$\mathbf{V_0}$: est le volume en millilitres, de la prise d'essai avant dilution (s'il ya lieu).

$\mathbf{V_1}$ **:** est le volume en millilitres de la solution de sulfate de Fer et d'Ammonium utilise pour l'essai à blanc.

$\mathbf{V_2}$: est le volume en millilitres, de la solution de sulfate de Fer et d'Ammonium utilise pour l'échantillon.

8000 : constante qui représente la masse molaire en milligrammes par mole de ½ $\mathbf{O_2}$**.**

III.2.1.4.Demande biologique en oxygène (DBO_5)

a) Principe

Les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau qui contient de la matière Organique biodégradable, consomment l'oxygène et produisent une quantité équivalentes en anhydride carbonique (CO_2), si on travaille dans une installation fermée et que l'on utilise une matière alcaline (KOH par exemple), pour piéger le CO_2, on aura une diminution progressive de la pression du gaz, qui est par la suite mesuré par une élévation de niveau de mercure **(Copin-Montegut G, 1996)**.

b) Mode opératoire

- Dès que le volume de la prise d'essai est connu, il est introduit dans la bouteille du DBO mètre. Avec un barreau magnétique. Puis une capsule contenant 2 pastilles de NaOH pour capter le DCO est rajoutée, la bouteille est fermée avec l'oxitope, la bouteille est étiquetée dont la date du prélèvement et d'analyse, ainsi que l'identification de l'échantillon y figurent.
- La bouteille de mesure est maintenue dans le DBO mètre en marche à 20 °C pendant 5 jours.

c) Expression des résultats

Après 5 jours d'incubation à 20 ° C. Les mesures sont effectuées et les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène consommé par unité de volume (mg d'O_2/l).

D'après la valeur de la DBO obtenues en mg/l , on utilise une gamme, qui nous indique le volume à prendre de notre échantillon ainsi que la valeur du facteur.

Tableau Nº XI : Méthode de mesure de la DBO_5.

DBO_5 estimée mg/l	**Prise d'essai Ml**	**Facteur**
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50

III.2.1.5.L'indice de boue (décantation)

a) Mode opératoire

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

b) Expression des résultats

L'indice de boue est exprimé en (ml/l).

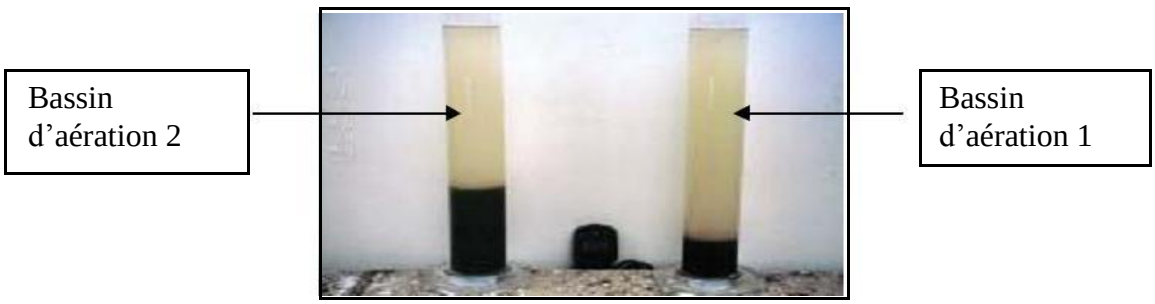


Photo 9:La décantation après 30 min (Originale).

III.2.1.6.Matière sèche

a) Mode opératoire

Dans une fiole jaugée un volume (V) de l'échantillon à analyser (l'eau) est prélevé.

La capsule est nettoyée à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué ou à l'acide nitrique dilué tiède puis à l'eau distillée, puis séchée par passage à l'étuve à 180°C. La capsule est refroidie jusqu'à atteindre une température ambiante puis placée dans un dessiccateur pendant 15 mn avant d'être pesée, soit M_0 la masse de la capsule à vide.

La prise d'essai est introduite ensuite dans la capsule et soumise à une évaporation progressive .Il est recommandé de ne remplir la capsule que jusqu'à mi – hauteur. Une fois l'eau est évaporée, la capsule est placée dans une étuve réglée à (105°C) pendant 24H puis à (180°C) pendant 3 à 4 H. La capsule et son contenu sont refroidis jusqu'à la température ambiante puis placés dans un dessiccateur pendant 15mn environ avant d'être pesés, soit $\mathbf{M_1}$ la masse de la capsule **après séchage à 105°C** et $\mathbf{M_2}$la masse de la capsule **après séchage à 180°C**.

b) Expression des résultats

La MS est exprimé en mg/l est donné par l'expression :

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

V : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

$\mathbf{M_0}$ **:** La masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation.

$\mathbf{M_1}$ **:** La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°

III.2.1.7.L'indice de MOHLMAN

a) Principe

L'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boue correspondant à 1 mg de matière sèche **(Rodier et *al*, 2005)**.

b) Expression des résultats

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$\mathbf{IM = \frac{Indice\ de\ boue\ (\ décantation)(ml/l)}{Masse\ de\ la\ matière\ sèche(mg/l)}}$$ **(Rodier et *al*, 2005).**

III.2.1.8.Phosphate

a) Principe

Dans l'eau, on distingue couramment : - les orthophosphates (H2PO4 - , HPO4 2-, PO4 3-), qui sont des sels minéraux de l'acide phosphorique (H3PO4). Cette forme, parfois notée o-P, est également appelée lors de la mesure des concentrations dans les eaux «phosphore réactif » Le dosage des orthophosphates (o-P) par spectrophotométrie d'absorption moléculaire est fondé sur la formation, en milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, d'un complexe phosphomolybdique qui développe une coloration bleue lorsqu'il est réduit par l'acide ascorbique **(Rodier et al., 1996).**

b) Mode opératoire

- Le volume maximum de la prise d'essai est de **40 ml** (dilué si nécessaire), le dosage de concentration d'orthophosphate allant jusqu'à f = 0.8 mg/l.**1 ml** d'acide ascorbique est rajouté à ce volume puis agité.**2 ml** de molybdate acide sont rajoutée puis agité. Le volume total est complété à **50 ml** avec de l'eau dans des fioles jaugées de **50 ml.** La réaction est laissée prendre **30 minutes**, **a**vant l'apparition d'une coloration bleue indiquant la présence des PO_4^{-3}.La lecture des échantillons est réalisée au spectrophotomètre à une longueur d'onde **λ = 880 nm.**

Tableau Nº XII : Préparation de la gamme.

	Echantillons									
Fioles	**T**	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**
Solution fille 20 mg/l	**0**	**1**	**2**	**3**	**8**	**10**	**13**	**15**	**18**	**20**
H_2O (ml)	**40**	**39**	**38**	**37**	**32**	**30**	**27**	**25**	**22**	**20**
f PO_4^{3-} mg/l	**0**	**0.04**	**0.08**	**0.12**	**0.32**	**0.4**	**0.52**	**0.6**	**0.72**	**0.8**
Acide ascorbique (ml)	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**	**1 ml**
Sel.molybdate acide (ml)	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**	**2 ml**

c) Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en **P-PO_4^{-3}**, pour les convertir en **PO_4^{-3}** multiplier le résultat par **3.06.**

III.2.1.9.Nitrate

a) principe

La réaction des nitrates avec l'acide sulfosalycilique (formé par addition à l'échantillon de salicylate de sodium et d'acide sulfurique) donne une coloration jaune stable après traitement à l'alcali.**(Rodier et al., 1996).**

b) mode opératoire

Un volume maximal de 25 ml de l'échantillon à analyser, (dilué si nécessaire) est placé dans un bécher .03 échantillons sont préparés comme suit :

- ✓ Eau brute : 1 ml dans un bécher.
- ✓ Eau traitée : 0.2 ml dans un bécher.
- ✓ Le blanc : 5 ml d'eau distillée.

A chaque échantillon est rajouté :

- 0.5 ml d'Azoture de sodium.
- 0.2 ml d'Acide acétique.

Les échantillons sont évaporés à 75 – 88 C°. Après séchage, et refroidissement,

1 ml de salicylate de sodium est rajouté à chaque échantillon, puis évaporés à nouveau à 75 – 88 C°, séchés et refroidis.

1 ml d'Acide sulfurique est rajouté à chaque échantillon, incubé 10 min avant d'ajouter 10 ml D'eau distillée et enfin 10 ml de la solution alcali.

Le contenu du bécher est transvasé dans une fiole jaugée de 25 ml.

La fiole est placée dans un bain d'eau à 25 C° pendant 10 min. La fiole est retirée puis complétée au volume avec de l'eau.

Tableau Nº XIII : Préparation de la gamme étalon.

	Blanc	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Solution étalon 1 mg/l	**0**	**1 ml**	**2 ml**	**3 ml**	**4 ml**	**5 ml**
Azoture de sodium	**0.5 ml**	**0.5 ml**	**0.5 ml**	**0.5 ml**	**0.5 ml**	**0.5 ml**
Acide acétique	**0.2 ml**	**0.2 ml**	**0.2 ml**	**0.2 ml**	**0.2 ml**	**0.2 ml**

- Evaporation à 75 – 88 C°.
- Ajout après séchage et refroidissement du Salicylate de Na.

Salicylate de Na	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

- Evaporation à nouveau à 75 – 88 C°.
- Ajout d'acide sulfurique**H_2SO_4**

Acide sulfurique H_2SO_4	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml

-Incubation 10 min à température ambiante puis ajout de la solution alcali.

Eau distillée	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml
Solution Alcali	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml

La lecture est effectuée au spectrophotomètre à une longueur d'onde λ= 415 nm.

c) Expression des Résultats :

Le résultat est exprimé directement en **mg/l en N-NO_3** pour la conservation en NO_3^- le résultat est multiplié par **4.43.**

III.2.2.Analyses microbiologiques

Les analyses physico-chimiques ne peuvent à elles seules renseignées sur l'état de la qualité des eaux. Des échantillons similaires ont été soumis aux analyses bactériologiques au niveau du laboratoire de la microbiologie du DSP (Direction de la santé publique, Médéa).

Les différents traitements de la STEP permettent, s'ils sont réalisés correctement, de réduire de manière significative la quantité des micro-organismes pathogènes. En effet rechercher les micro-organismes pathogènes de manière spécifique est une démarche très coûteuse, c'est pourquoi, dans notre étude on s'est focalisé à rechercher spécifiquement les germes témoins pour évaluer la population pathogène, en effet il existe une corrélation entre la présence de ces bactéries témoins et la présence des bactéries pathogènes.

III.2.2.1. Objectif des analyses microbiologiques

Le premier objectif des études qualitatives et quantitatives sur la flore microbiologique est de dénombrer les marques de la pollution fécale des eaux (coliformes totaux, coliformes fécaux, les streptocoques fécaux).Le second objectif est d'arriver à identifier la présence ou non de certaines bactéries pathogènes (salmonelles, vibrions cholériques), ainsi que la mise en évidence de quelques espèces de la microfaune prédatrice.

Toutes ces analyses ont pour objectif principal d'apprécier les caractéristiques bactériologiques des eaux usées épurées de la STEP de la wilaya de Médéa, pour pouvoir estimer l'efficacité du traitement adopté à la réduction de la charge microbienne.

III.2.2.2. Mode de prélèvement

Afin d'atteindre notre objectif et d'évaluer l'efficacité du traitement biologique à boues activées dans l'épuration des eaux usées domestiques, notre travail a été réalisé en deux parties

- **Partie 1** : elle vise à estimer l'efficacité du traitement dans la réduction de la charge microbienne nous avons ainsi choisi deux points de prélèvement :
  - Prélèvement de l'eau brute.
  - Prélèvement de l'eau épurée.
- **Partie 2** : elle vise à contrôler le fonctionnement de la boue activée, nous l'avons ainsi prélevée à partir du bassin d'aération puis soumise à une observation microscopique.

III.2.2.3. Condition de prélèvement

Dans les bassins d'aération, les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une puisette. L'eau destinée à l'analyse microbiologique a été prélevée dans des flacons en verres de 100ml stérilisés pendant une demi-heure à 170°C dans l'étuve.

Les échantillons sont transporté dans une glacière car il est conseillé de garder les échantillons à une température de 4°C et cela pour ralentir l'activité bactérienne **(Aminot et Chaussepied, 1983).** L'analyse se fait le même jour en aucun cas au delà de 24 heures.

III.2.2.4. Dilutions décimales

- **Choix des délutions**

D'après (**Dellaras 1997)** le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la Charge microbienne de l'eau à analyser.

- **Préparation des délutions**

A l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile 25 ml d'eau à analyser sont introduites aseptiquement dans un flacon contenant 225 ml d'eau distillée stérile (dilution 1/10 ou 10^{-1}) Après agitation du flacon une série de dilution est réalisée à partir de la première dilution (10^{-1}). C'est-à-dire de la même manière prendre 25 ml et le transférer dans un deuxième flacon afin d'obtenir la dilution 10^{-2}. La même opération est répétée jusqu'à arriver à la dilution 10^{-5} pour l'effluent brute et 10^{-3} pour l'eau épurée **(Fig.24).**

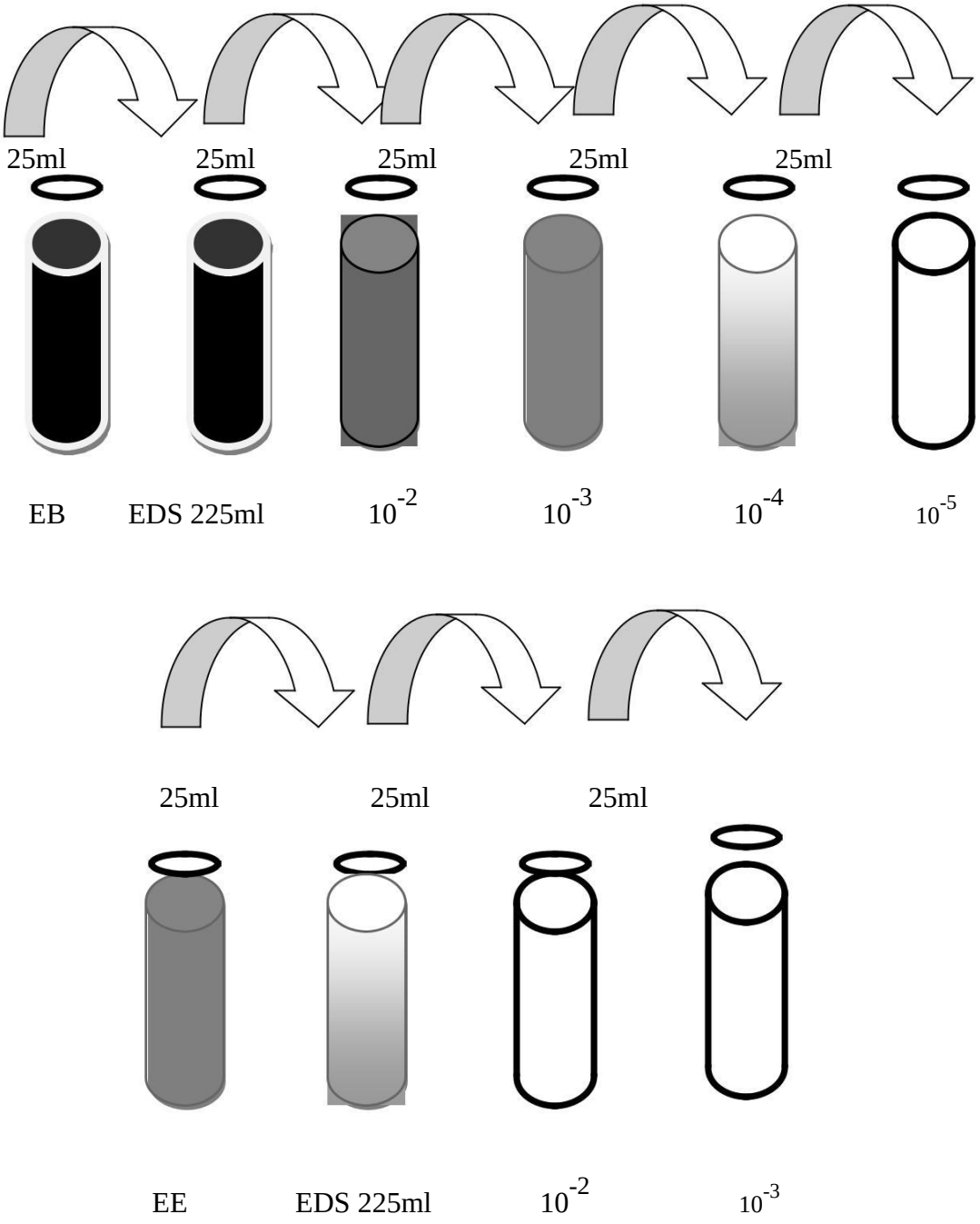


Figure 24 : Préparation des dilutions.

A - Recherche et dénombrement des coliformes et les streptocoques : méthode par filtration sur membrane

a) Principe

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon à la surface d'une membrane filtrante stérile. Les eaux usées doivent faire l'objet de dilutions. La méthode consiste à filtrer, à travers une membrane de porosité de 0,45 µm, un volume déterminé de l'échantillon et d'incuber ensuite cette membrane pendant 24 heures à 37°C- 44,5 °C sur la gélose au Tergitol pour les coliformes et Slanetz pour les streptocoques.

b) Mode opératoire

- **Filtration sur membrane** :

Une zone stérile est aménagé : bec bunsen, boites de pétri avec gélose au Tergitol et Slanetz, pipettes stériles. De manière aseptique, une membrane de 0,45 µ est placée entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Le flacon contenant l'eau à analyser est agité vigoureusement, et la filtration de l'eau à travers la membrane est réalisée sous une pompe à vide**.(Figure 25)**

- **Ensemencement**

- Mise en culture : en zone stérile.

- Ouverture du système de filtration et Retrait de la membrane avec une pince stérile.

La membrane est ensuite déposée dans une boite de pétrie de 45 mm de diamètre contenant de la gélose (face contaminée en haut). Les éléments nutritifs de la gélose traversent la membrane et ce qui permet ainsi le développement des bactéries en surface.

- **Incubation**

Les boites de pétries sont misent à l'étuve, gélose en haut pour (la condensation s'accumule dans le couvercle) -pour la recherche de **coliformes totaux et les streptocoques**:**37°C** pendant 24 heures, -pour la recherche de **coliformes thermotolérants : 44°C** pendant 24 heures.

- **Lecture**

- Examiner la membrane dès la fin de l'incubation, à travers le couvercle. Pour des raisons de sécurité, la boîte ne doit pas être ouverte..

- **Coliformes totaux** : caractérisées par des colonies de couleur jaune orangée. lisses, légèrement bombées.

- **Coliformes thermotolérants (fécaux)** : ont les mêmes caractéristiques que les colonies des coliformes totaux, mais après incubation à 44°C.
- Le comptage des colonies se fait en pointant une colonie avec un marqueur indélébile.

- **Streptocoques fécaux** apparaît sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées.

c) Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre de colonies trouvées par 100 ml d'eau à analyser.

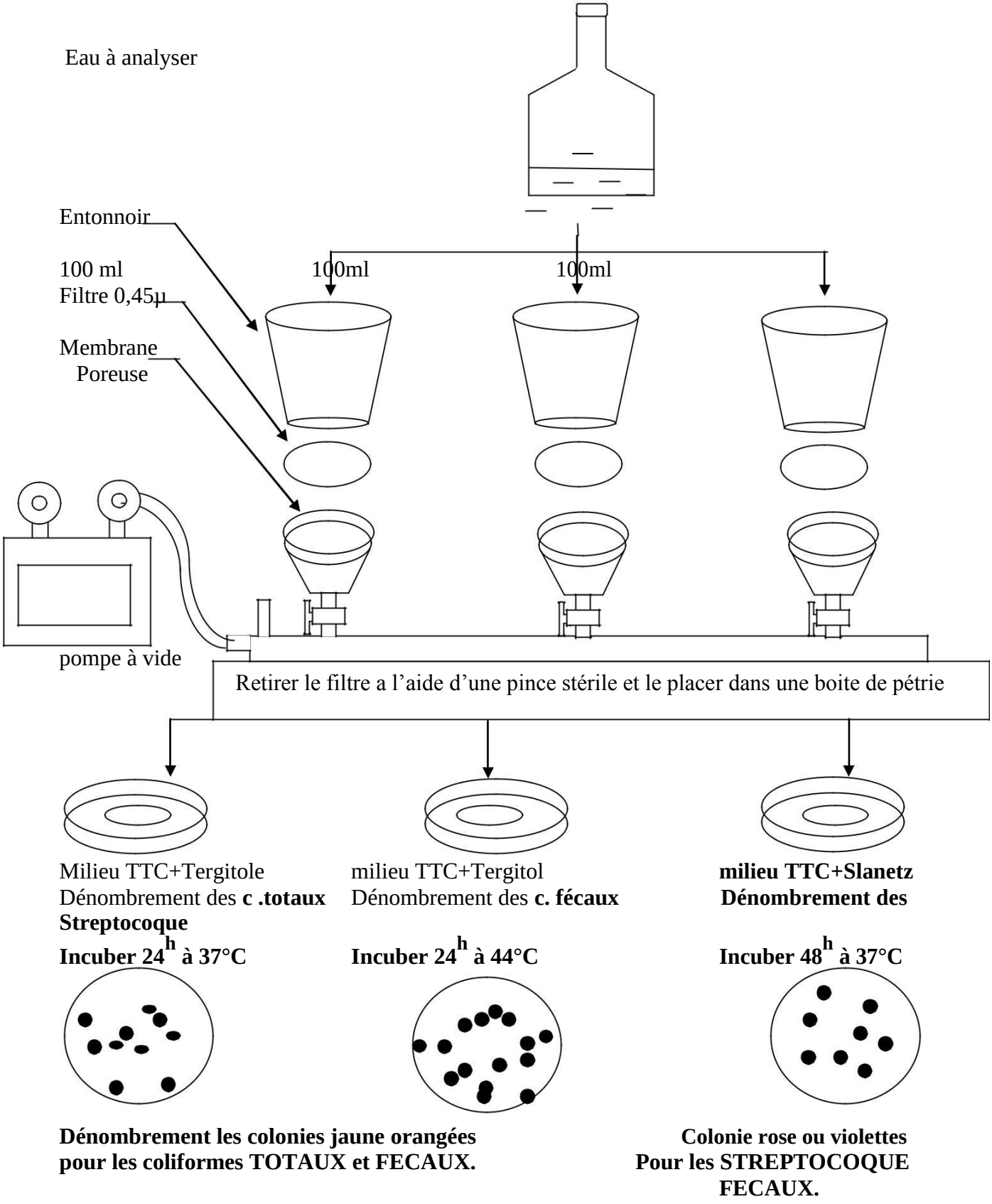


Figure 25 : Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane.

B-Recherche de salmonella

a) Mode opératoire

Jour 1. Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cysteïné D/C (BSC_I) réparti à raison de 100 ml par flacon.

Ce dernier sera donc ensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique la figure n°26.

Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement

Ce flacon fera l'objet :

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes (BSC_{II}) à raison de 1 ml.
- D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen (H_I).

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

Jour 3.

D'une part, le tube de Sélénite (BSC_{II}) fera l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen (H_{II}).

D'autre part, prendre 1ml de (BSC_{II}) et l'introduire dans un tube sélénite cystéine (BSC_{III}) puis incubé à 37°C pendant 24 heures .

Jour 4. Lecture des boites et identification.

Après isolement de BSC_{III} sur gélose Hektoen III (H_{III}), incuber à 37°C pendant 24 heures.

Lecture : Les boites de gélose Hektoen feront l'objet de lecture sachant que les salmonelle s'apparaissent sous forme de colonies bleutées à centre noire, ces dernières subiront une identification biochimique.

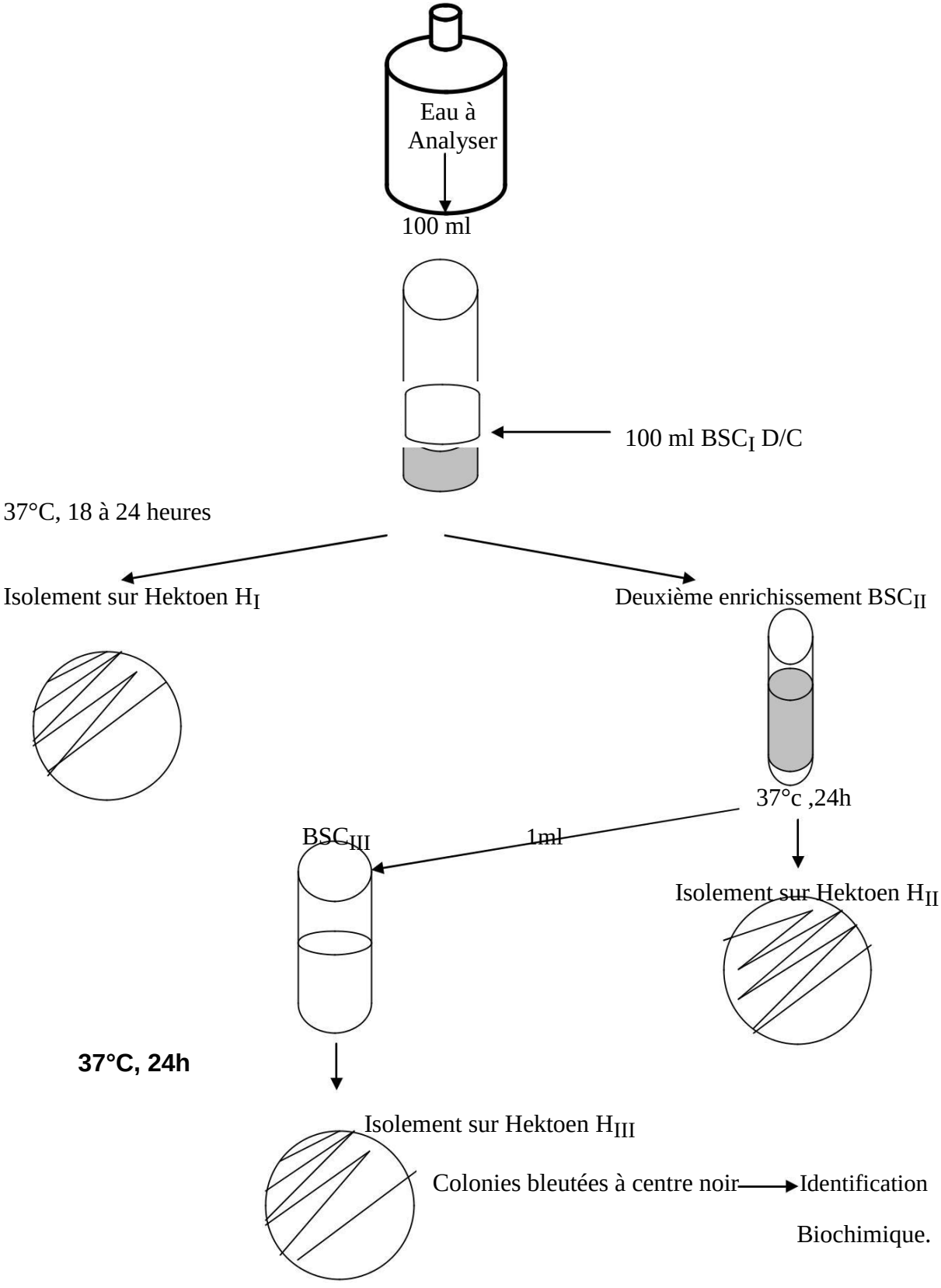


Figure 26 : Recherche de salmonelle

C- Recherche des vibrions cholériques

a) Mode opératoire

Jour 1. Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptone Alcaline 10 fois concentré auquel on ajoute aseptiquement 250 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures, comme l'indique la figure.

Jour 2. Deuxième enrichissement et Isolement

Ce flacon fera l'objet :

- ✓ d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA_{II} en tubes à raison de 1 ml.
- ✓ d'autre part, d'un isolement sur gélose $GNAB_I$ (gélose nutritive alcaline biliée).
- ✓ d'une part, le tube d'EPA_{II} fera l'objet d'un isolement sur $GNAB_{II}$.
- ✓ d'autre part, la boite de gélose $GNAB_I$ subira une lecture.

a) Lecture : les colonies des Vibrions cholérique se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

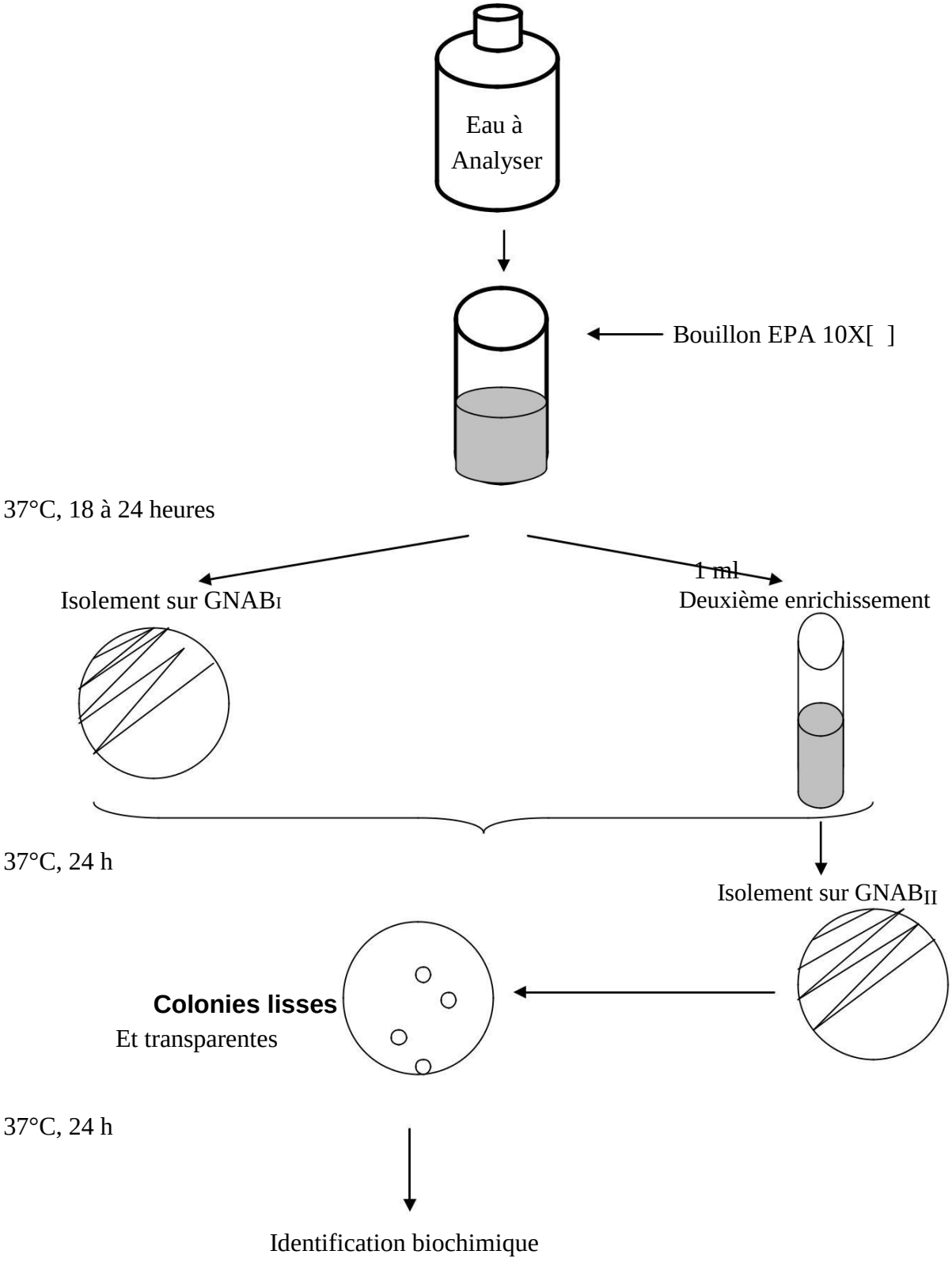


Figure 27 : Recherche de vibrion cholérique.

III.3.Observation microscopique de la boue activée

L'étude microscopique d'une boue activée est indispensable pour faciliter la compréhension du fonctionnement d'une station d'épuration. Un lien peut alors être établi entre la dynamique des populations de microorganismes des boues et les conditions d'alimentation (qualité et quantité), de fonctionnement et de gestion de l'installation.

L'observation microscopique permet l'analyse des différentes composantes de la boue :

Liquide interstitiel, compartiment bactérien (caractéristiques du floc et du type de croissante)

Et microfaune. **(Canler ,2004).**

a).Mode opératoire

Dépôt de l'échantillon

Une goutte d'échantillon est prélevée à l'aide d'une pipette et aussi une goutte d'un fixateur appelé LUGOL.

Étalement

Le dépôt est effectué au centre d'une lame propre puis étalé à l'aide d'une lamelle.

L'étalement est séché à température ambiante. L'observation se fait sous une loupe binoculaire en lumière directe au grandissement :

- Gr de 40X : vue générale, appréciation grossières des espèces présents et dominantes.

- Gr de 100X : détermination des protozoaires et métazoaire, et la recherche des espèces rares et/ou petites.

L'identification des espèces a été réalisée à l'aide de classification de **(Bouchefer 2003).**

Chapitre III Résultats Et discussion

I. Paramètres physico-chimiques

L'objectif de ces analyses est d'étudier l'évolution des paramètres physico-chimiques pour les différentes charges polluantes de l'effluent. Pour cela un ensemble d'analyses one été réalisés, à partir desquelles, on pourra évaluer le rendement épuratoire du traitement par boue activée de la STEP de la wilaya de Médéa.

Les résultats obtenus des eaux usées à l'entré de la STEP, des bouses activées du bassin d'aération, ainsi que des eaux épurées à la sortie du clarificateur sont représentés sur le **tableau N°VI**. En **annexe III**, ces résultats sont comparés aux normes recommandées par L'OMS.

I.1.Température

Les valeurs de la température de l'effluent brut sont très proches, avec une valeur maximale de 18,8°C à la 4èmesemaine et une valeur minimale de11.7° C à la 1ère semaine, cette température varie en fonction d'un rythme saisonnier. Selon (**Djermakoye2005**), ces valeurs étant tés acceptables, ne provoquent pas de modification chimique dans ces eaux. Elles concordent avec ceux de (**Bechac et*al.*, 1984),** qui indiquent que l'effluent présente une température inférieure à 30 °C.

Cependant les valeurs enregistrées après le passage de l'effluent dans les différents traitements d'épuration à la sortie de la station (eau épurée) varient entre (9,7 et 17,7°C) avec une valeur moyenne de 13°C.

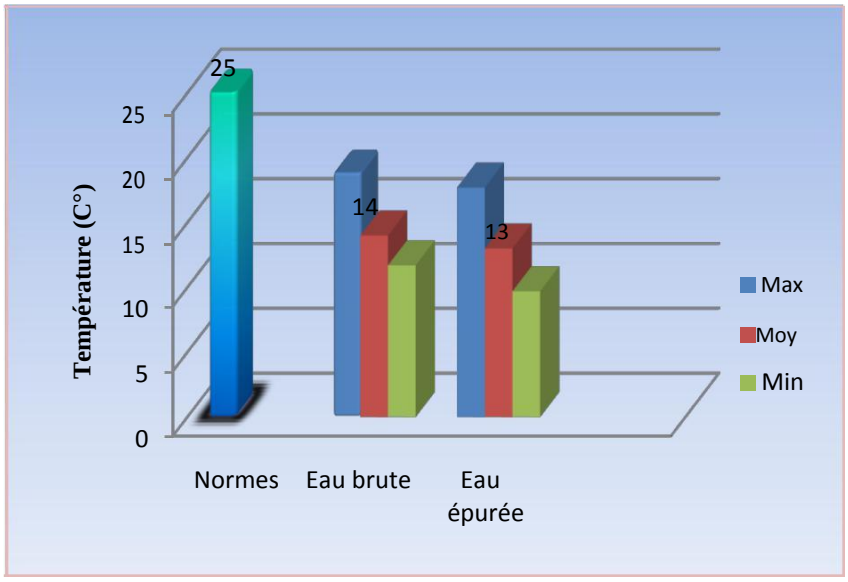


Figure 28: Variation de la température.

I.2.PH

Le pH est considère comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux. Il doit être étroitement surveillé au cours de la période de prélèvement **(Brisou et Denis, 1980).**

Durant toute la période d'étude, le pH est supérieur à 7, ce qui indique l'existence d'un milieu légèrement alcalin, les valeurs de l'effluent brut varient entre 6.88 et 7.87

A la sortie du décanteur les valeurs du pH augmentent et varient entre 7.50 et 8 cette variation est à l'intérieur des limites proposés par l'OMS pour les rejets.

Selon **(Murillo 2004),** l'augmentation de pH des boues activées pourrait en partie due à une volatilisation du composé acide ou du CO_2 dissous. explique cette augmentation par la désorption des protéines qui présentent des groupements carboxyles.(**Chenet yang2001)**

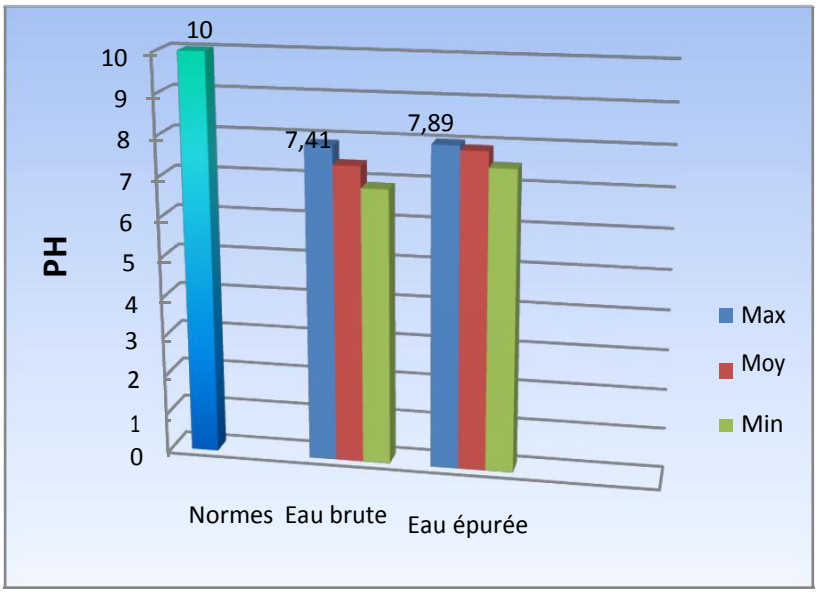


Figure 29 : Variation du pH.

I.3.Conductivité électrique

D'après les valeurs enregistrées, nous constatons que la conductivité électrique des eaux usées brutes se caractérise par des valeurs relativement élevées comprise entre 1716 µs/cm et 2850 µs/cm mettant en évidence une forte minéralisation des rejets ces valeurs sont proches de celle obtenues dans les études de (**Rodiereta*l*. 2005).**

A la sortie du clarificateur, nous avons remarqué une réduction des valeurs de la conductivité électrique **(annexe III)** mais restent conforme aux normes de rejets de l'OMS. Cette diminution s'explique par la sédimentation des sels minéraux concentrés dans les boues au niveau de décanteur ce qui abaisse la minéralisation de l'eau. Cette diminution indique que les composées organiques sont des mauvais conducteurs (**Rodiereta*l*, 2005).**

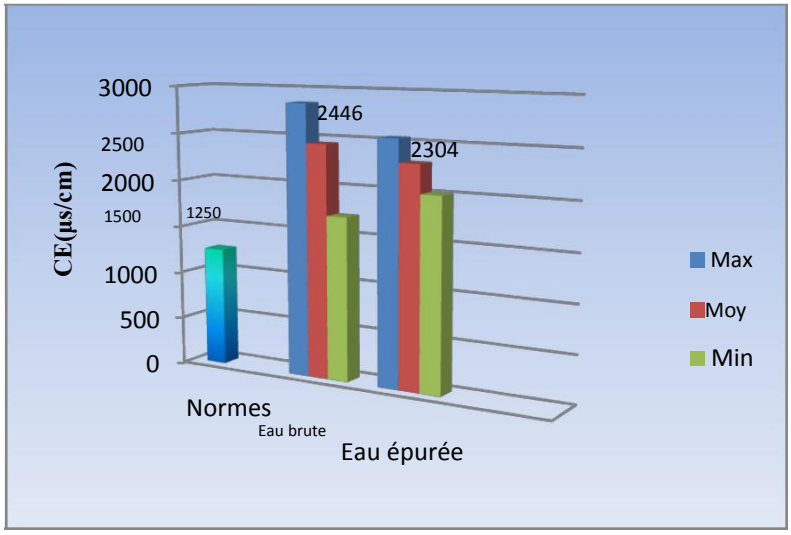


Figure 30: Variation de la conductivité.

I.4.Matière en suspension :

La concentration de MES de l'effluent brut est très élevée, elles ont atteint une moyenne de 441 mg/l, variant entre 100 mg/l et 1030 mg/l**,** Ces teneur et dues à la diversité en particules minérales et organiques en suspension (**Degrement, 1995),** par contre les eaux épurées affichent une concentration maximale qui ne dépasse pas 28 mg/l ce qui est conforme à la norme de rejet (30 mg/l). L'élimination de ces éléments pourrait être expliquée par le phénomène d'adsorption des MES sur les flocs bactériens ce qui fait réduire significativement la concentration des MES.

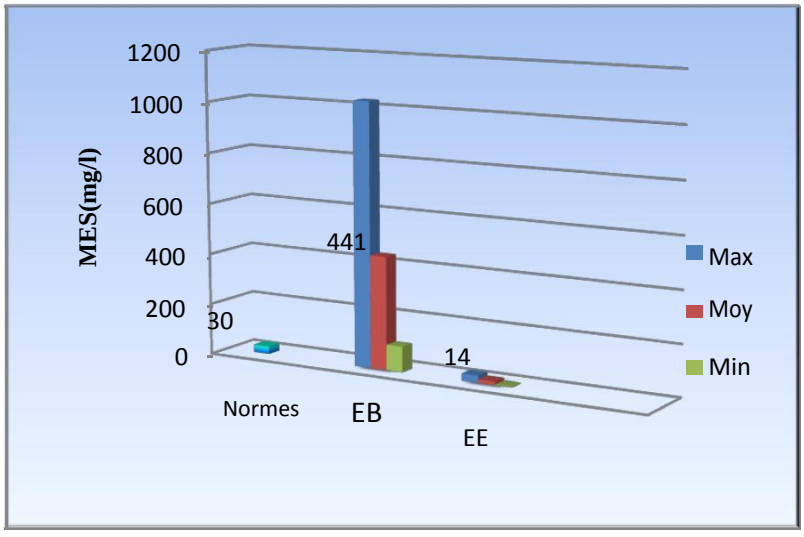


Figure 31: Variation du MES.

1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les charges reçues pour le paramètre DCO de l'eau brute sont pratiquement homogènes avec une forte valeur de 1171 mg/l enregistrée le 21/04/2010 et une valeur minimale de 230 mg/l **(annexe III).**

D'après (**Audic,1990)** ces données sont des indicateurs pour un excellent apport de substances oxydables. Les valeurs élevées de la DCO est expliquée d'une part la présence d'une fraction des matières organique non biodégradable et d'autre part le ralentissement de l'activité biologique suite à la présence des composées toxiques, de ce fait la quantité de l'oxygène consommée après 5 jours est moindre.

Concernant l'effluent épuré, nous avons enregistré des valeurs de la DCO avec une moyenne mensuelle qui ne dépasse pas79 mg/l. ce qui est conforme aux normes de rejets dont la valeur maximale est fixée à 90 mg/l.

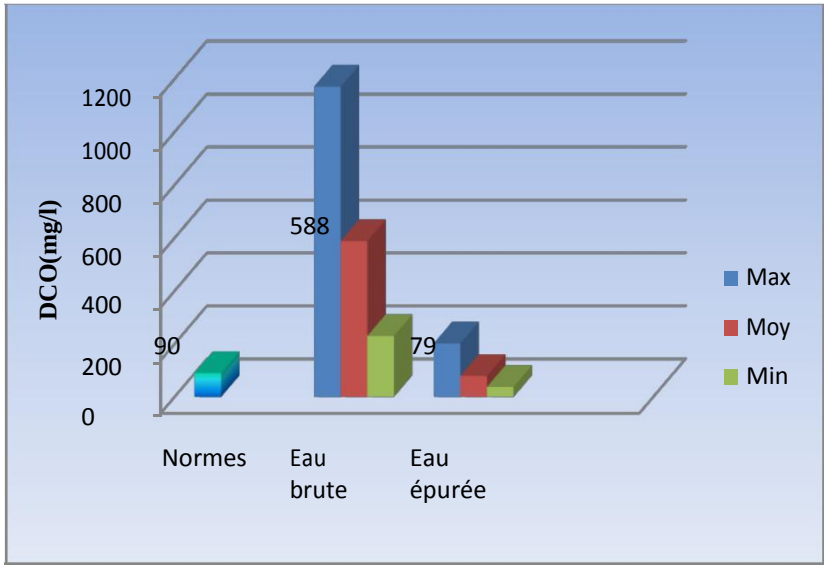


Figure 32 : Variation de la DCO.

I.6.Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La concentration de la DBO_5 de l'effluent brut varie entre 120mg/l et 680mg/l **(Fig.33)** selon **(Bontoux.1983)** plus la DBO_5est élevée, plus la quantité de matière organique biodégradable présente dans l'effluent est élevée.

A la sortie du décanteur, on note une réduction importante de la DBO_5 ne dépassant pas les 20 mg/l ce qui est conforme à la norme recommandées (30 mg/l).cette réduction est due à l'activité des micro-organismes épuratrices au niveau de bassin d'aération qui permettent l'élimination de pollution organique. D'après **(Charrieret*al*., 1994)** l'activité des micro-organismes peut se traduire par la synthèse enzymatique d'un polymère et d'un polysaccharide dont la structure et les groupements fonctionnels permettent la complexion des

ions métalliques. Cet abattement de la DBO_5 s'explique par le bon développement des boues biologiques qui assurent la dégradation de la matière organique ainsi que par la fiabilité du clarificateur qui permet une décantation satisfaisante des boues activées.

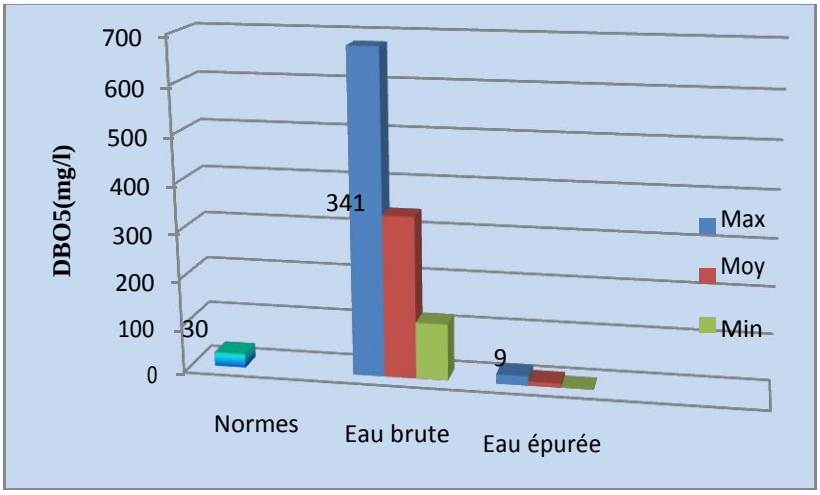


Figure 33: Variation de la DBO_5

I.7.Biodégradabilité de l'effluent (DCO/DBO_5)

Le rapport DCO/DBO_5 est compris entre 1 et 3.2 avec une valeur moyenne de 2.65 Ce qui confère à l'effluent une bonne biodégradabilité (**Cardot 1999) .**On constate d'après la valeur maximale que l'effluent est d'origine domestique.

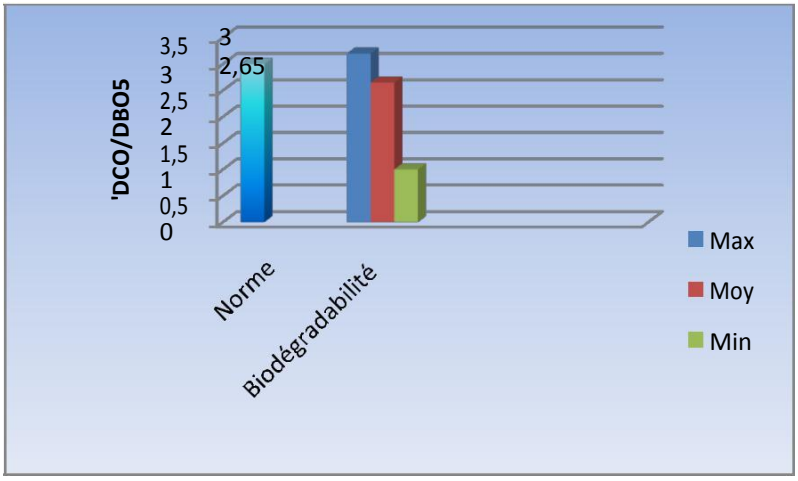


Figure 34: Le rapport DCO/DBO_5

I.8.Indice de MOHLMAN

Les valeurs de l'indice de MOHLMAN varient entre 103.74 et 142.32 mg/l avec une valeur moyenne de 126.12 mg/l, ce qui implique que les boues activées présentent une bonne décantation, car selon (**Degremen, 1995)** une boue de bonne qualité présente un IM inférieur à 150 mg/l.

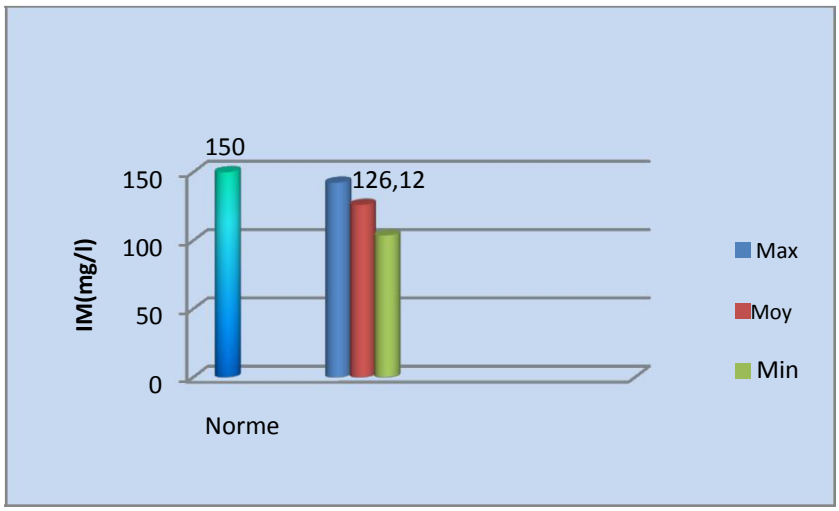


Figure 35 : Variation de l'indice de MOHLMAN

I.9.Phosphate

La concentration du phosphate de l'effluent brut varie entre 2.2 mg/l et 4.4 mg/l avec une valeur moyenne de 3.38

A la sortie du clarificateur, on note une valeur moyenne de 3.18 mg/l ave un rendement de 7%

La forte charge en phosphore est traduite par l'absence du procédé de déphosphoration.

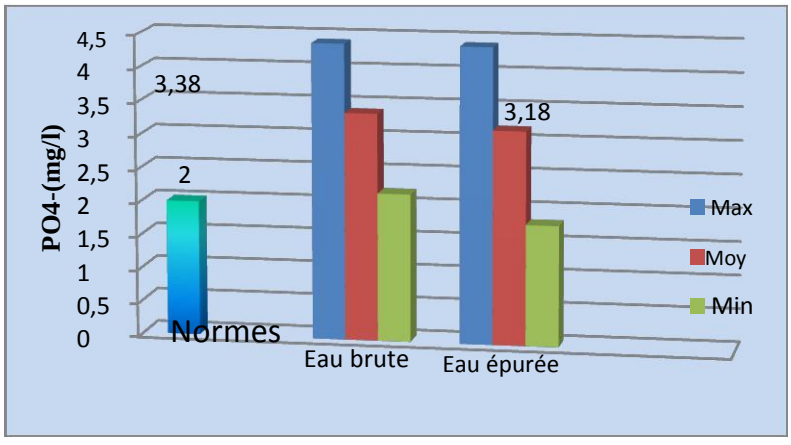
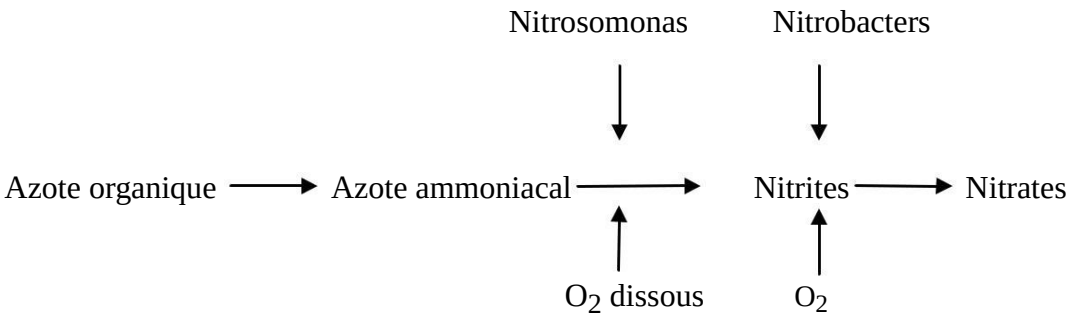


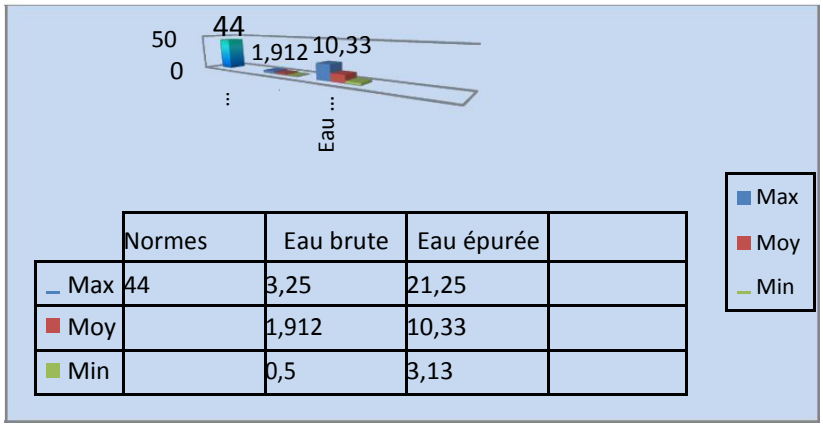
Figure 36 : Variation du phosphate.

I.11. Nitrate

D'après les valeurs enregistrées , nous constatons que les eaux épurées contient plus de nitrate par apport à celle de l'effluent brute en comparaison avec la valeur moyenne de l'eau brute qui est de 1.912mg/l et de10.33mg/l pour l'eau épurée. Selon (**Djermakoye, 2005)** cette différence et due à l'oxydation des nitrites par des bactéries appelées nitrobacters qui se trouvent dans le bassin d'aération selon la réaction chimique suivante :



La valeur élevée de la concentration des nitrates et due aussi à l'absence de l'étape de dénitrification qui est nécessaire dans l'épuration des eaux résiduaires industrielles. Ce qui confère que cette valeur respecte les normes proposé par l'OMS pour les rejets qui est de 44 mg/l.



	Normes	Eau brute	Eau épurée	
Max	44	3,25	21,25	
Moy		1,912	10,33	
Min		0,5	3,13	

Figure 37 : Variation du nitrate.

II. Paramètre microbiologique

A l'issue de notre étude microbiologique qui consiste à vérifier l'efficacité du traitement, ainsi que la conformité des résultats d'analyses aux normes, un tableau récapitulatif ou tous les résultats (nature des germes et leurs dénombrements) au niveau de la STEP du complexe a été établie.

Tableau N° XVI: Résultats des analyses microbiologiques.

	Echantillons		NORME
Paramètres (UFC/100ml)	Eau brute	Eau épurée	Eau épurée
Coliformes totaux	$300.\ 10^5$	$183.\ 10^3$	10^3 -10^7
Coliformes thermotolérants	$138.\ 10^5$	$94.\ 10^3$	10-10^6
Streptocoque fécaux	$54.\ 10^5$	29.10^3	10-10^5
Salmonelle	Absence	Absence	Absence
Vibrion cholérique	Absence	Absence	Absence

II.1. Germes indicateurs de contamination fécale

L'observation des boites de pétri après 24h d'incubation à 37°C pour les coliformes totaux et streptocoque fécaux et 44°C pour les coliformes fécaux révèle la présence de ces derniers avec un développement des colonies d'une coloration jaune ou orangée sur milieu sélectif « TTC + Tergito l» pour les coliformes et rose ou violet sur milieu sélectif « TTC + Slanetz » pour les streptocoques. Ce qui renseigne que les coliformes et les streptocoques fermentent du lactose présent dans le milieu. Les autres microorganismes présentent des colonies dont la coloration rouge résulte de la réduction du TTC en formazan insoluble.

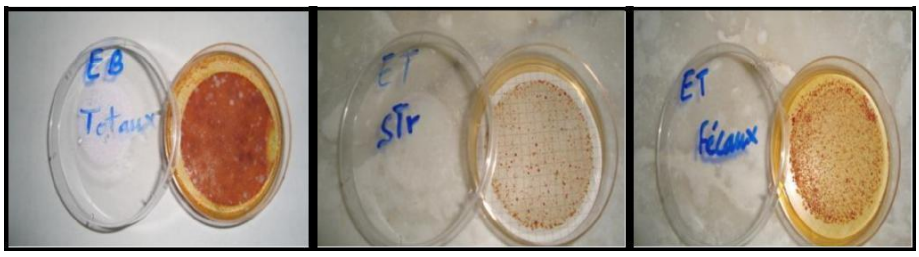


Photo 10: Les colonies des coliformes et streptocoque (originales).

Dans les eaux usées brutes le nombre des coliformes totaux est supérieur de 300.10^5 UFC/100ml

Pour les coliformes fécaux est de 138 10^5 UFC/100ml et de 54.10^5 UFC/100ml pour les streptocoques fécaux. Cette charge est inférieur à celle généralement rencontrée dans les effluents domestique (**Poggi, 1990)** qui varie entre 4,9 106 et 4,1 107 UFC/100ml.

Tableau N° XVIII : Rendements épuratoires des coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

	Coliformes totaux (germes/100ml)	Coliformes fécaux (germes/100ml)	Streptocoques fécaux (germes/100ml)
Eau brute	$300.\ 10^5$	$138.\ 10^5$	$54.\ 10^5$
Eau épurée	$183.\ 10^3$	$94.\ 10^3$	29.10^3
Rendement (%)	99.39	99.31	99.46

Les eaux usées traitées véhiculent une charge bactérienne relativement moins élevée que les eaux usées brutes **(Fig.38)**. Les indicateurs fécaux et totaux sont moins nombreux dans les eaux usées traitées, ils sont de l'ordre de .183 10^3 UFC/100 ml pour les coliformes totaux et 94.10^3 UFC/100ml pour les coliformes fécaux et 29.10^3 UFC/100ml pour les streptocoques fécaux. Cette élimination des germes est expliquée d'après (**Prost, 1991**) par la décantation de ces germes qui s'adsorbent en grande quantité aux matières en suspension dans les boues.

Ces valeur sont acceptables et conformes aux normes de rejet dans le milieu naturel, qui est fixé de 103 à 106 UFC/100ml.

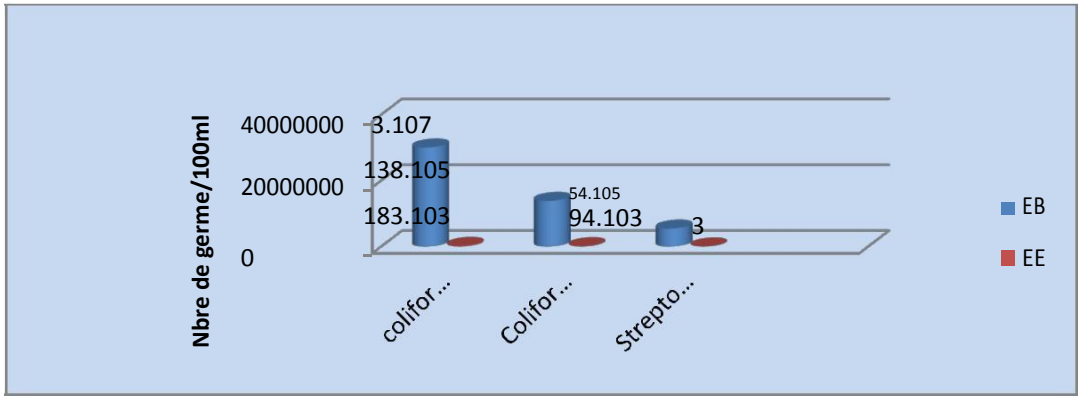


Figure 38: Réduction du nombre des germes indicateur de contamination fécale.

II.2.Germes pathogènes

Ce qui retient notre attention c'est surtout l'absence de germes pathogènes (salmonelle et vibrion cholériques) **(annexe-IV)** cette absence a été mentionnée dans d'autre étude telle que (**Njineet*al*., 2001).**

III. Détermination des rendements d'épurations

L'estimation des rendements d'épuration permet d'apprécier les performances épuratoires du traitement biologique à boues activées dans la réduction des pollutions organique (DCO, DBO5, MES) ainsi que la charge microbienne. Selon**(Coste etLoudet1987),** les rendements d'épurations s'expriment en pourcentage, en tenant compte des concentrations en amont et en aval des paramètres (DCO, DBO5, MES) exprimées en mg/l :

$$\mathbf{R = \frac{La\ concentration\ en\ amont - la\ concentration\ en\ aval}{La\ concentration\ en\ amont}\%}$$

III.1.Rendement des paramètres physico-chimiques

Les rendements épuratoires sont calculés sur des valeurs moyennes des paramètres : MES, DCO et DBO5 les résultats des rendements sont présentés dans **le Tableau N°XI**.

III.1.1. Rendement d'élimination des MES

Le taux d'élimination de la teneur des MES après traitement est représenté dans **(Fig.39)** il est de l'ordre de96% **(Tableau N°XI),** il est cependant important de signaler que la fraction la plus importante étant éliminée essentiellement par la sédimentation dans le clarificateur.

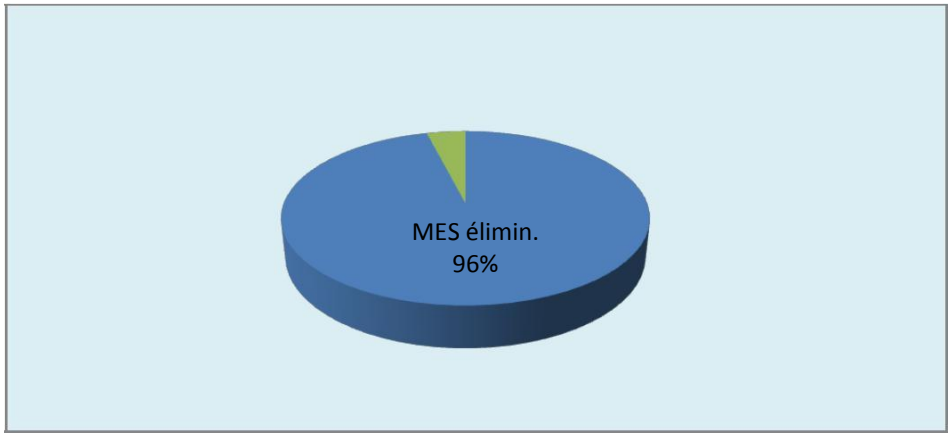


Figure 39: Rendement d'élimination des MES

III.1.2.Rendement d'élimination de la DCO et de la DBO_5

Nous remarquons que les rendements épuratoires de le DCO et de la DBO_5 sont très satisfaisants avec des taux de 86% pour la DCO et de 97% pour la DBO_5 **(annexe -III)** ces résultats concordent avec le résultat obtenus par (**Satin et Selmi1999)** qui exigent que, en aération prolongée a faible charge massique et après une bonne clarification, le rendement d'épuration de la DBO_5 est de l'ordre de 95 % **(annexe-III)**

Cet abattement indique donc le bon développement des boues biologiques qui assure la dégradation de la matière organique ainsi que la fiabilité de clarificateur qui permet une décantation satisfaisante des boues activées.

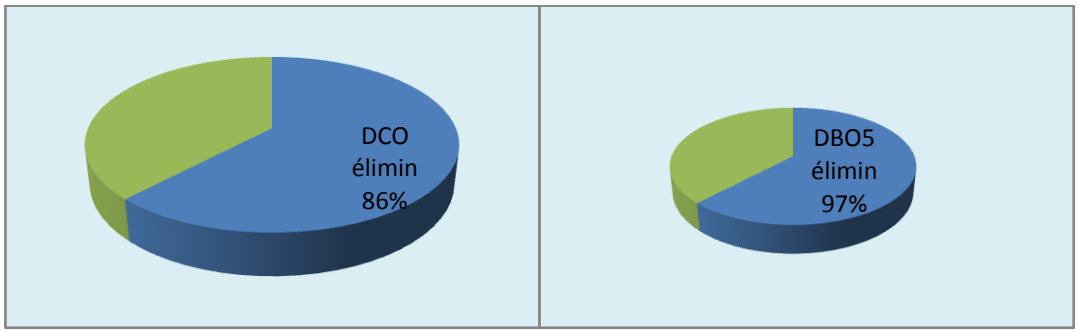


Figure 40 : Rendement de l'élimination de la DCO et DBO_5.

III.2.Rendement des paramètres microbiologiques

Les résultats des rendements épuratoires sont portés dans le **tableau N°XIII. (Annexe-IV)** L'étude des bactéries indicatrices d'une contamination fécale dans la STEP a montré un taux d'abattement très significatif avec des rendements supérieurs à 99 % **(annexe-IV).** Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par (**Blok 1982)** qui conclu que l'épuration par boues activées lorsqu'elle s'effectue correctement permet une élimination de 61 à 99 % des coliformes et des streptocoques, cette élimination débute au moment des traitements de décantation où les bactéries s'attachent au MES sédimentées et se poursuit lors du traitement biologique où elles peuvent êtres consommées par les protozoaires et les métazoaires.

IV. Observation microscopique

Les observations microscopiques de la microfaune montrent une prédominance des organismes de type protozoaires (flagellés, sarcadines, ciliés) et des métazoaires.

Tableau N° XXI: Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée.

Protozoaire			**Fréquences**
Flagellés	Petits flagellés	kystes de Giardia *Monasglobosa*	Rares
Sarcadines	Amibes	grands Amibes	fréquents
Ciliés	Holotriches	*Colepshirtus* *Stentor polymorfus*	Rares Fréquents
	Spirotriche Pérotriche	*Aspidiscacostata* vorticelle à pédoncule long : *(vorticellaconvallaria)* *(Vorticellafromenteli)*	Rares Très fréquents Fréquents
Métazoaires			**Fréquences**
Rotifères	Rotifère digononta*(philodina)*		Fréquents
Nématodes	Ascaris		Fréquents

IV.1.protozoaire

Durant notre étude nous avons remarqué la présence des kystes de Giardia en faible densité, leur présence indique que l'effluent est biodégradable **(Duchenne et Cotteux, 1993)**

- ***Monasglobosa*:** pratiquement toujours présent dans les boues activées, il ne se développe Pas en période d'instabilité et peut être associé à une charge faible et un rendement correct. En forte densité, c'est un indicateur d'apport notable d'effluents particuliers dont les industries animales (abattoirs de volaille, de bétail…) **(Bouchefer2003).**

Il ne peut pas être classé en tan qu'indicateur d'un stade précoce d'évolution de la microfaune (démarrage ou anomalies de fonctionnement) comme tous les petits flagellés en général.

- **Amibes :** une seule catégorie des amibes est présentée :

Les grandes amibes : apparition lors de phases transitoires et plus précisément lors d'une amélioration du fonctionnement de l'installation. Leur présence est souvent corrélée à une bonne oxygénation et presque toujours à un bon traitement du carbone**(Bouchefer2003).**

Nous remarquons qu'il ya l'absence des petites amibes qui sont rencontrés fréquemment lors des anomalies de fonctionnement. Et leur présence souvent liée à des apports d'effluents industriels.

-Les holotriches

1- *Colepshirtus* : sa présence en nombre important indique une installation fonctionnant dans Le domaine de la faible charge avec une oxygénation satisfaisante **(Bouchefer2003).**

2- *Stentor polymorfus* : en contraction il peut être confondu avec un gros holotriche. Est un indicateur d'effluent traité de très bonne qualité **(Bouchefer2003).**

-Les spirotriches

1-*Aspidiscacostata* : Il est présent sur tous les types de boues activées au fonctionnementstable. Son abondance est généralement liée à une forte charge. C'est un animal relativement résistant à une sous-aération, aux toxiques ou effluent à traiter spéciaux.sa présence ne donne aucune indiction sur la qualité du traitement **(Bouchefer2003).**

-Les péritriches

1- Vorticella : il est représenté par

Les vorticelles à pédoncule long **(*vorticellaconvallaria*)** leur présence n'est pas liée à un domaine de charge particulier.ces espèces sont relativement fragiles à l'apport de toxiques et à un manque d'oxygénation. On les observe sur des installations où l'oxygène est présent en permanence **(Bouchefer2003).**

C'est un indicateur d'une efficacité épuratrice correcte. D'une manière générale, la longueur du pédoncule est en relation avec le degré de traitement ; plus le pédoncule est long plus le traitement est meilleur.

2- *Vorticellafromenteli*: c'est l'exception pour les vorticelles à pédoncule long, la qualité dutraitement peut être moyenne à médiocre surtout si elles sont dominantes, mais l'aération reste suffisante **(Bouchefer2003).**

IV.2.Métazoaire

Rotifère digononta **(*philodina*)** : très fréquent dans les boues activées ; passagèrement dominant sur des installations sous-chargées. Ce sont des indicateurs d'un traitement stable et poussé du carbone et de l'azote (nitrification) **(Bouchefer2003).**

-***Ascaris***: Peuvent être présent en faible quantité dans tout les types d'installation, quel que soit le taux de charge ; assez résistants à la sous-aération du milieu .Leur présence n'est pas considérée comme un indicateur de la qualité du traitement. Par contre, en densité importante, ils sont le signe de dépôts dans le bassin d'aération ou le décanteur **(Bouchefer2003).**

IV.3.Phytoplancton

IV.3.1.Algues

En dernier lieu, nous avons déterminé la présence des débris végétaux et de deux types d'espèces d'algues, il s'agit de *Netriumdigitus*et*Tetraedronminium*. Ces espèces sont très communes dans les boues activées, elles sont presque universellement présentent dans les bassins d'aérations. Leur vitesse de croissance lente, signifie que le traitement est de bonne qualité **(Bouchefer2003).**

IV.4.Développement des bactéries

Nos observations au microscope optique indiquent que la croissance des bactéries dans le bassin d'aération est une croissance floculée. La cohésion de l'ensemble (bactéries et charges polluantes) est assurée par la production d'exopolysaccharides (EPS). Ce type de croissance est recherché dans le traitement de l'eau usée**(Fig.41)**.

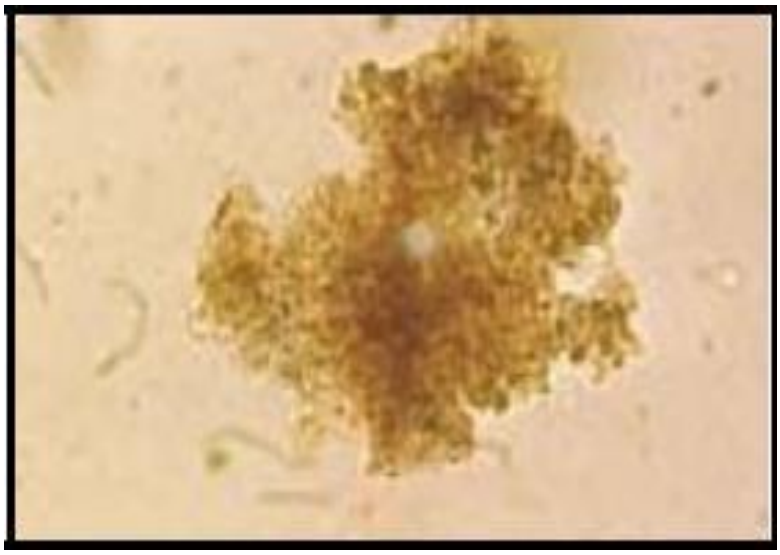


Figure 41 : Croissance floculé (GX100) (Bouchefer2003)

Conclusion

Ce présent travail consiste à évaluer le rendement d'élimination de la charge polluante par le procédé biologique à boue activée ainsi la qualité microbiologique des eaux épurées par la STEP de la wilaya de Médéa).D'après les résultats obtenus de cette étude on peut conclure que :

- Le traitement des ERD par le procédé biologique à boues activées présente une grande efficacité car il aboutit à une très bonne élimination de la DCO, DBO_5, MES avec des rendements respectifs de 86 %, 97 % et 96 %.
- Le rendement épuratoire de procéder par boues activées en matière d'élimination des germes présente une meilleure efficacité dans l'abattement des germes recherchés. En outre, il assure un taux d'élimination des germes qui dépasse les 99 %.
- Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux épurées aboutissant à des résultats satisfaisantes et conformes aux normes de rejet dans le milieu naturel.
- La microfaune prédatrice présente dans la boue activée est constituée essentiellement de protozoaires (cilié, flagellé) et de métazoaire (nématodes et rotifères) qui sont les signes d'une boue normale avec un très bon traitement.

Nous pouvons ainsi déduire que l'épuration des eaux résiduaires domestiques par le procédé biologique à boue activée de la STEP de la wilaya de Médéa est efficace.

En perspective, pour la bonne démarche d'une station d'épurations il sera efficace de compléter les analyses physico-chimiques par des analyses parasitologiques des effluents ainsi qu'un contrôle de la boue activée qui indiquera rapidement l'état général de la station et l'efficacité ou non des traitements.

Références bibliographiques

- **[1], 2004:**http://www.eau-artois-picardie.fr/Utilisee.html
- **[2], 1999:**http://www. miccroscopie.com
- **[3], 2006:** http://bacterio.cict.fr.com).
- **[4], 2001:** http://www.cemagref.fr).
- **[5], 2002:**http://eau.tourdumonde.free.fr)
- **[6], 1981 : la** pratique de l'eau. Paris : le moniteur.435p.
- **[7], 1998:** http://adapté d'Asano et du site Internet du ministère de la Santé du Canada (http://www.hc-sc.gc.ca). .
- **([8], 2010) :** Google Earth.
- **Aminot A., Chaussepied M. (1983)** Manuel des analyses chimiques en milieu marin.CNEXO : 395p.
- **Aminot A et Kerouel R. (2004)** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres etAnalyses. Éd. Ifremer, 336 p.
- **Alzieu C**. (**1989)** L'eau : milieu de culture. *In* Aquaculture. *2éme. Ed. Tec et Doc*, Tome 1 : p 16- 43.
- **Asano T. (1998)** récupération des eaux usées et de réutilisation bibliothèque de gestion de la qualité de l'eau, 1998, 1475pages.
- **Audic .J.M. (1990)** évolution des technologies d'élimination des microorganismes. Paris : In IFREMER acte de colloque : 148p.
- **Bechac et (J-C) Boutin.P, Mercier.B et Nuer.P. (1984)** traitement des eaux usées. Paris : Eyrolles : 281p.
- **Blok (J-C). (1982)** Elimination des microorganismes au cours de traitement des eaux usées urbaines : point sur l'épuration et le traitement des effluents eau-air.tome : coordination par : GUY.M. Paris : Lavoisier : technique et documentation : 217p.
- **Bontoux. L. (1983) Municipal** wastewater, public health and environment. Institute for Prospective Technological Report, octobre 1997, 18, 6 pages.

- **Bouchefer.S (2003)** observation microscopique des boues activées. Ministre des ressources en eau. OFFICE NATIONAL DE L'ASSAINISSEMENT : agence régionale d'alger.Juin 2003.

- **Brisou, J.F. (1968)** La pollution microbienne, virale et parasitaire des eaux littorales et sesconséquences sur la santé publique. Bulletin. O.M.S. 38, 79-118.
- **Brisou J F et Denis F. (1978)** Hygiène de l'environnement maritime. Edit. Masson.248p.
- **Brisou J F et Denis F. (1980)** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. Masson. p206.
- **Canler J.P (2004)** Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions Document élaboré par le GIS-BIOSTEP, Document technique FNDAE n° 33, 2005. 1ère édition coordonnée par le Cemagref : http://www.eau.fndae.fr.
- **Cardot.C. (1999)** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris : Ellipses :p 247.
- **Charrier** et **Gubale.E et Surjous.R et Lecloirec.P. (1994)** Elimination des métaux par adsorption sur matériaux d'origine biologique. Paris : TSM l'eau-Juin :p326
- **Chen.YetYang.H. (2001)** Effet of acid and surfactant traitement on activated sludg dewatering and settling. USA édition : Water Res. : p2615, 2620 p.
- **CNES. (2002)**l'eau en algérie : le grand défit de demain B.O. n°9 Pp.105-149.
- Xvème Session plénière, Alger, 15-16 Mai 2000.Travaux de la commission Aménagement du térétoire et de l'envirennement.
- **Colas René (1977)** La pollution des eaux P.U.F, France 1977
- **Copin-Montegut G., (1996)**. Chimie de l'eau de mer. Institut océanographique, *Paris.*319p.
- **Coste** et**Loudet. (1987)** l'assainissement en milieu urbain ou rural, tome 2 :l'épuration et les traitements ; 2ème édition. Paris : le moniteur : 271p.
- **Degrement.T. (1995)** Mémonto technique de l'eau : 2ème édition. Paris Lavoisier Techniques et documentation : 1073p.
- **Delarras. (1997).**les eaux de mer et les eaux douces : suivi sanitaire, microbiologie alimentaire : technique de laboratoire ; coordonné par : LARPENT(J-P) pris :Lavoisier technique et documentation :1719p.
- **Djermakoye. M.M,(2005)** les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries :Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques Et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines thèse de doctorat, Université de BAMAKO.MALI:119p
- **Duchenne.PH et Cotteux.E. (1993)** Les éléments les plus significatifs de la microfaune des boues activées. CAMEGRAF-DIVISION qualité des eaux, Paris : pp 471-477.

- **Ecosse D.** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. *Mém.D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau »*, Fac. Sciences, Amiens, 2001, 62 pages.

- **Epuration des eaux usées par infiltration percolation** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Agence de l'eau (France).2014
- **Faby J.A., Brissaud F. (1997)** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office Internationalde l'Eau*, 1997, 76 pages.
- **Fazio. A.** Principe et performances de la filière de traitement et de réutilisation des eauxRésiduaires urbaines. *Colloque de Noirmoutier,* 24 septembre 2001, 10 pages.
- **Fiche Technique sur l'assainissement collectif n°**3**(2010)** la filière disque biologique-conseil général de Seine et Marne.
- **Gaujous D. (1995**) La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris.217p.
- **Gauthier M., Pietri C. (1989)** Devenir des bactéries et virus entériques en mer .Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edit. Masson.447p.
- **Gomella.C et Gerree.H (1978)** les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales.paris :eyrolles :284p.
- **Jarde.E. (2002)** composition organique des boues résiduaires de station d'épuration de l'orraines et effets de la biodégradation (Nancy, France) Thèse de doctorat l'Université de HENRI POINCARE France : 271p.
- **Joly B., Reynaud A. (2003)** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses.Edit. Techniques et Documentation. Paris : 356p.
- **LadjelF. (2001)** exploitation d'une station d'épuration a boue activée, ONA :74p.
- **Manuel de Bergey. (1984)** Systematic bacteriology; 9th edition.
- **Manfredi, Daniele. 1988.** Les polluants chimiques prioritaires. - Océanis, volume 14,Faxicule 6. P 629 – 638**.**
- **MANCER Halima, 2010:**Analyse du pouvoir Epurateur De quelques plantes Macrophytes Dans les régions arides. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, option: Agriculture et environnement dons les régions arides. Université KHIDER Mohamed, Bisekra.
- **Margat .J. (1992)** Leau dans le bassin méditerranéen.Situation et prospective. Editions economica, Fascicule du plan Bleu, n° 6, Paris, 196p.

- **Mohamed EZ-ZAHERY (2004)** Caractérisation et influence de la hauteur du sable utilisé dans le procédé d'infiltration percolation, DESA, 03 Décembre 2004, univers site Ibn Zohr AGADIR.
- **METAHRI Mohammed Saïd.(2012)**: Elimination simultanée de la pollution Azotée et Phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de Doctorat, option: Génie des procédés. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou **.**
- **Memento Thechnique Des Eaux** : chap 09 : prétraitement [595-605 pdf]**.**
- **Mohand Saïd Ouali (2001):**Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Place centrale de Ben-Aknoun Alger 05-.
- **Murillo m.M. (2004)** Caractérisation de l'effet d'un traitement au peroxyde d'hydrogène sur une boue application à la réduction de la production de boues, Thèse de doctorat ; institut national des sciences appliquées de Toulouse : 164p.
- **Njine et Adolphe.M et Victorine.S.F. (2001)** Cahier d'études et de recherches francophones (santé), université de YAOUNDE, Cameroun, pp11-84.
- **OIE. (2002)** Office internationale des eaux
- **Poggi R. (1990)** Impacts sanitaires des contaminations microbiologiques.IFREMER.la merEt les rejets urbains, n° 11 : 115-132.
- **Prost, A. (1991**) L'évolution des normes d'hygiène pour l'emploi des eaux résiduaires, Session Spéciale N° 5, Réutilisation des eaux usées, VIIème Congres Mondial des Ressources en Eau, 13 - 18 mai 1991, Rabat, Maroc, pp. 21-26.
- **Rodier. (1996)** L'analyse de l'eau Eaux naturelles - eaux résiduelles - eaux de mer 7è Edition Dunod 1996.
- **Rodier J., Bazin C., Chanbon P., Broutin J.P., Champsaur H., et Rodi L.,2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris : 1383p.
- **Satin.M et Selmi.B. (1999)** Guide technique de l'assainissement ; 2ème édition. Paris : Le moniteur : 680p.
- **Sharpe M. E. (1979)** Identification of the lactic acid bacteria, identification methods formicrobiologists. Skinner F.A and D.W, lovelock (Edi). Academic press (London). P1233 – 1255.

- **Tidadini M. L. et Amdoun A. (2003)** : Etude hydrobiologique de lac du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza) : Variation spatio-temporelle du peuplement zooplanctonique,Physico-chimique, composition spécifique du plancton. *Mém. d'Ing. D'Etat en aquaculture*, U.ST.H.B., 110p.
- **Vatech.W** : programme informatique utilisé dans la station.
- **Zourez O. H. et Ferhani K. (2003)** Etude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique : barrage de boukourdane (Wilaya de Tipaza). *Mém. d'Ing. D'Etat. en halieutique*, I.S.M.A.L, Alger, 104p.
- **Zeghoud Mohamed seifeddine .(2013)**: Etude de systéme d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra**.**

Annexe

Annexe-I

Matériel non biologiques :

- **Appareils**

  - ✓ Spectrophotomètre (HACH) DR 4000
  - ✓ Centrifugeuse (HERMLE Z**300**) avec accessoires (rotor pour gros tubes)
  - ✓ Four 30- 3000 C^0 NABER THERM
  - ✓ Dessicateur
  - ✓ Appareil pour DCO (6 flacons) BEHR
  - ✓ Incubateur pour DBO (AQUA hytic)
  - ✓ Etuve BINDER
  - ✓ Hotte
  - ✓ Pompe à vide (suppresseur)
  - ✓ Etuve Binder
  - ✓ Microscope optique
  - ✓ Balance 220 g (KERN) d = 0.1mg
  - ✓ Agitateur magnétique chauffant IKA (RET)
  - ✓ Multi paramètre (cond. – TDS – DO – PH – Sal) HACH

- **Verreries**
  - ✓ Entonnoir
  - ✓ Eprouvette 1L.100ml
  - ✓ Tubes à essai
  - ✓ Becher
  - ✓ Pissette
  - ✓ Boite de pétri.
  - ✓ Lames
  - ✓ Lamelles
  - ✓ Pipettes 1ml, 5ml, 20ml
  - ✓ Fioles 250ml, 500ml
  - ✓ Papier buvard
  - ✓ Portoir

- ✓ Bec bunsen
- ✓ Pince stérile, membrane filtrante

- **Colorants, réactifs et produits chimiques :**
  - ✓ Acide ascorbique
  - ✓ Dichromate de potassium
  - ✓ Sulfate d'argent
  - ✓ Sulfate de mercure
  - ✓ Salicylate de sodium
  - ✓ Azoture de sodium
  - ✓ Acide acétique.
  - ✓ Eau distillée
  - ✓ Hydroxyde de sodium
  - ✓ Acide chlorhydrique.
  - ✓ Acide sulfurique.
  - ✓ Fixateur (lugol).

Annexe-II

- **Milieu de culture**
  - ✓ Milieu TTC +gélose au Tergitol
  - ✓ Milieu TTC +gélose Slanetz
  - ✓ Bouillon au sélinite de sodium cystéine (SFB)
  - ✓ Gélose Hektoen
  - ✓ Eau Peptone Alcaline (EPA)
  - ✓ Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)
- **Composition des différents milieux de cultures**
  - ➢ **Milieu TTC +gélose au Tergitol**

    Lactose

    BBT

    Tergitol 7

    TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium)
  - ➢ **Milieu TTC +gélose Slan**

    Glucose

    Azide de sodium

    TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium).
  - ➢ **Bouillon au sélinite de sodium cystéine (SFB)**

    Peptone pancréatique de caséine

    Lactose

    Monohydrogénosélénite de Na

    1-Cystéine

    Eau distillée

    Ajuster le pH à 7±0.2
  - ➢ **Gélose Hektoen**

    Peptone pepsique de viande

    Extrait de levure

    Sels biliaires

    Lactose

    Saccharose

    Salicine

    Chlorure de sodium

Hyposulfite de sodium

Citrate de fer ammonical

Bleu de bromothymol

Fushine acide

Gélose

Diluer, chauffer, refroidir le milieu à 45-50°C puis couler en boites de pétri.

- **Eau Peptonée Alcaline (EPA)**

Peptone

Lactose

Monohydrogénophosphate de Na

Dihydrogénophosphate de K

Eau distillée

- **Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)**

Peptone

Extrait de viande

Chlorure de sodium

Agar

Eau distillée

Dissoudre, ajuster le pH à 9, stériliser à l'autoclave à 121°C/20min.

Annexe-III

Tableau N°XX: Résultats des analyses physico-chimiques.

Echantillons / paramètres		EB			EE	
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Température(C°)	11.7	14	18.8	9.7	13	17.7
pH	6.88	7.41	7.87	6.6	7	7.61
CE (µs/cm)	1716	2446	2850	2090	2304	2540
MES (mg/l)	100	441	1030	03	14	28
DCO (mg/l)	230	588	1171	38	79	202
DBO5 (mh/l)	120	341	680	01	09	20
Phosphate (mg/l)	2.4	3.38	3.9	2.2	3.18	3.36
Nitrate (mg/l)	0.500	1.912	3.250	3.13	10.33	21.25

	Min	Moy	Max
DCO/DBO5 biodégradabilité	01	2.65	3.2
IM (mg/l)	103.74	126.12	142.32

EB : Effluent brute. EE : Eau épurée.

Tableau N°XXI: Rendements épuratoires des principaux paramètres physico-chimiques (DBO_5, DCO, MES).

	Valeur moyennes		
	DBO_5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)
Eau brute	341	588	441
Eau épurée	09	79	14
Rendement (%)	97 %	86 %	96 %

Annexe-IV



Figure 37 : *Monas globosa* (GX100)



Figure 38 : grand amibe (GX100)



Figure 39: *Coleps hirtus* (GX100)



Figure 40: *Stentor polymorfus* (GX100)

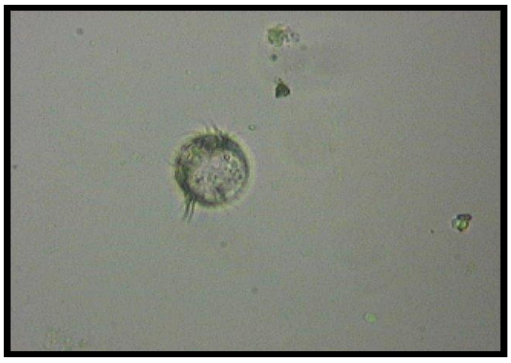


Figure 41 : *Aspidisca costata* (GX100)

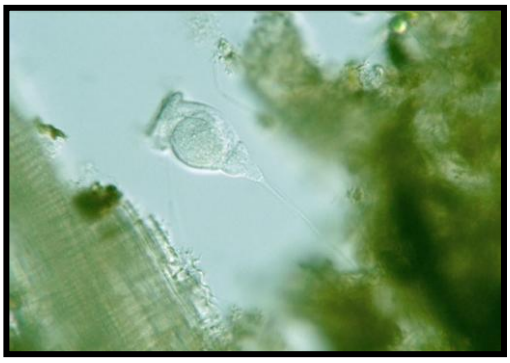


Figure 42: *vorticelle convallaria* (GX100)



Figure 43 : *vorticelle fromenteli* (GX100)



Figure 44 : *Philodina* (GX100)



Figure 45 : *Ascaris* (GX100)

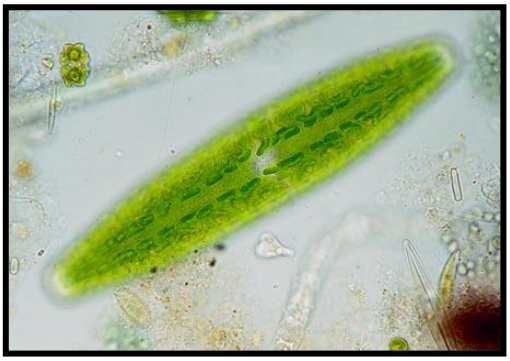


Figure 46 : *Netrium digitus* (GX100)



Figure 47*:Tetraedron minium* (GX100)

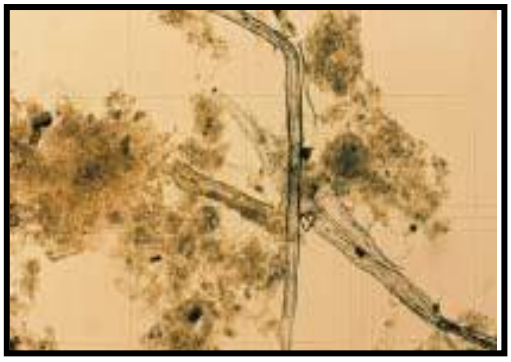


Figure 48*:* débris végétaux (GX100)

Annexe-V

Normes de rejet :

- **Normes physico-chimiques**

Tableau N° XXI: Normes de rejets de l'OMS appliquée en Algérie.

paramètres	Valeur Maximales
Température (C°)	30
Conductivité (µs/cm)	1250
Ph	5.5-8.5
MES (mg/l)	30
DCO (mg/l)	90
DBO5 (mg/l)	30
NTK (mg/l)	50
Nitrate (mg/l)	44
Phosphate (mg/l)	2
Zinc (mg/l)	2
Chrome (mg/l)	0.1
Huiles et graisse (mg/l)	20
Détergents (mg/l)	1

- **Normes microbiologiques**

Tableau N° XXIII: Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées.

Paramètre mesurés	Nombre de germes par 100 ml d'eau traitée
Coliformes totaux	10^3 -10^7
Coliformes thermotolérants	10-10^6
Streptocoque fécaux	10-10^5
Salmonelle	0-10
Vibrian cholérique	0-10

Tableau N° XXV : Les valeurs du débit des eaux.

Débit moyen traité. **m^3/j** (entrée, sortie)	14,77	14,251
Débit max. **m^3/j** (entrée, sortie)	22,590	22,060
Débit min. **m^3/j** (entrée, sortie)	4,390	3,680
Rapport Débit réel/Débit nominal.(**%)**	56.82307692	
Débit journalier. **m^3/j**	26.000	
Equivalent –habitant:	162.500 Eq/H	

Annexe-VII



Spectrophotomètre (HACH) DR 4000



Centrifugeuse HERMEL Z 300



Four NABER THERM 30-000



Dessicateur



Etuve BINDER



Hotte



. DBO mètre numérique



DCO mèt .