

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البليدة

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA



Faculté Des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques

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

Option: Restauration Des Milieux Aquatique Continentaux

THEME

**Evaluation des performances de la station d'épuration des eaux
usées de la commune de BARAKI**

Présenté par :

OSMANI Walid

Devant le jury:

CHAKHMA A

MAA USDB

Présidente

MOHAMED SAID R

MAA USDB

Examinatrice

MOHAMED MAHMOUD F

MAA USDB

Examinatrice

M. MIGATELLS

MCB USDB

Promoteur

Promotion: 2012-2013

REMERCIEMENTS

Avant tout je dois remercier celui qui a créé toute chose, qui a donné la vie sur cette planète, c'est notre dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour en arriver jusqu'au bout et d'achever ce travail.

Je remercie également :

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur **MIGATELI S** pour nous avoir accueilli et nous encadrer, nous le remercions pour son aide, son encouragement à réaliser ce modeste travail et ses orientations fructueuses.

J'exprime mon profonde gratitude à M^{me} **CHAKHMA A** de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie vivement les membres du jury : M^{me} **MOHAMED MAHMOUD** et M^r **MOHAMED SAID** de bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Ce travail a été réalisé au laboratoire de la station d'épuration de Baraki. Je tiens à remercier Madame **Lilia** et **Ikram** de m'avoir accueilli et pour l'intérêt qu'il manifesté envers mon travail.

Je tiens à remercier Madame **HAWA** du laboratoire central de SEAAL.

Je tiens à remercier tout les enseignants et les techniciens de département de biologie sans exception pour leur aide et surtout pour leurs gentillesse.

Enfin, il me serait difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail. Qu'ils trouvent dans ces quelques lignes l'expression de mes sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

- ✚ Aux deux plus chères personnes au monde pour moi ma MERE et mon PÈRE , ils m'ont donné leur amour, leur santé, leur argent et tout ce qu'ils ont pu m'offrir, je suis redevable pour eux de tout ce que j'en suis en ce moment après dieu, je n'arrive et je n'arriverais jamais à les récompenser aux tant qu'ils méritent, mais je leur dis profondément que je vous aime et je vous aimerais très fort jusqu'à mon dernier souffle.
- ✚ A toute ma famille et surtout ma tante Zahia.
- ✚ A mes chères sœurs et frères : Issam, Oussama, Nesrine, Sara.
- ✚ A Madame Lilia et Hawa qui m'ont apporté son grand soutien moral et technique.
- ✚ A tous mes amis du village, surtout Mohamed.
- ✚ A tous mes amis de l'université sans exception, en particulier Mahamed, Rahim, Islam, Abd hak, Mouloud, Ibrahim...etc.
- ✚ A tout mes amis de laboratoire de Kouba en particulier : Hiba, Meriem, Wahida, Hanan, Asma...
- ✚ Je dédie ce mémoire que j'espère d'être à la hauteur de leur espérance à moi.

OSMANI Walid

Résumé

Cette étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité d'une station d'épuration à boue activée des eaux usées de la ville de Baraki. En effet, dans une première étape une caractérisation physicochimiques, microbiologiques et parasitologiques des eaux brutes et épurées a été réalisée. Les résultats de cette première partie ont permis l'évaluation des performances de la station par la détermination des taux d'abattement des différents paramètres. Par ailleurs, le fonctionnement du bassin d'aération a fait l'objet d'une évaluation par mesure de l'Indice de Mohlman.

L'ensemble des résultats obtenus montrent une conformité des eaux épurées aux normes avec une bonne réduction de la DCO, DBO₅ et de la MES. et leur taux d'abattement sont respectivement : 93.8%, 96.66 % et 98.13%.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent une absence de germes pathogènes (taux d'abattement supérieur à 90% pour les coliformes, les entérocoques, *Pseudomona aeruginosa* et les ASR).

Pour ce qui est de la parasitologie, des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires ont été retrouvés, ces derniers présentent des conséquences néfastes, Il faut donc prévoir des traitements primaires et tertiaires afin de les éliminer. Leur taux d'abattement est de 92,33%.

Les résultats de l'indice de Mohlman comprise entre 10,32 et 25,36 montrent une boue qui décante trop rapidement d'où le risque d'avoir des dépôts dans les ouvrages et les canalisations.

Les résultats de l'observation microscopique des boues activées montrent la présence d'une variété d'espèces constituant la microfaune prédatrice à savoir les protozoaires et les métazoaires (nématodes et rotifères).

Mots clés : eaux résiduaire, épuration, boue activée, efficacité.

ABSTRACT

This study focused on evaluating the effectiveness of a treatment plant wastewater from the town of Baraki. Indeed, in a first step a physicochemical, microbiological and parasitological characterization of raw and treated water was performed.

The results of this first part allowed the evaluation of plant performance by determining the reduction rate of the different parameters. Furthermore, the operation of the aeration basin has been assessed by measuring the index MOHLMAN.

The overall results show compliance with clean water standards with a good reduction of COD, BOD₅ and MES. Abatement rates are 93.8%, 96.66% and 98.13% respectively:

The bacteriological results show an absence of pathogens (abatement over 90% for coliforms, enterococci, *Pseudomona aeruginosa* and ASR rate).

In terms of parasitological, helminthes eggs and protozoan cysts were found, they have adverse consequences, it is necessary to provide primary and tertiary treatment to eliminate them. Their turnover rate is 92.33%.

The results of the index MOHLMAN between 10.32 and 25.36 show a sludge which settles too quickly where the risk of deposits in structures and pipelines.

The results of the microscopic observation of activated sludge showed the presence of a variety of predatory species in the microfauna namely protozoa and metazoans (rotifers and nematodes).

Keywords: waste water treatment, activated sludge, efficiency.

المخلص

ترتكز هذه الدراسة علي تقدير مردود إزالة التلوث عن طريق الأوحال المنشطة البيولوجية من اجل تقييم فعالية تنقية مياه الصرف الحضري و ذلك في محطة تصفية المياه الملوثة لمدينة براقى. في خطوة أولى تم تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية, الميكروبيولوجية و علم الحيوانات المفترسة الدقيقة لمياه الصرف الخام والمصفاة, إضافة إلي مراقبة عمل الأوحال المنشطة لمعرفة مدي تطورها و عملها. و علاوة على ذلك, تم تقييم العملية في حوض التهوية عن طريق قياس مؤشر MOHLMAN. أظهرت النتائج المحصل عليها تطابق جميع التحاليل الفيزيوكيميائية مع المعايير حيث تم الحصول علي مردود جيد في إزالة DBO5, DCO, MES والذي يصل علي التوالي إلي: 96,66/ 93,8/98,13. أما فيما يخص التحاليل الميكروبيولوجية فقد أظهرت النتائج توافقا مع المعايير مع عدم وجود مسببات الأمراض وانخفاض معتبر للعناصر المجهرية الأخرى, حيث وصل مردود الإزالة إلي أكثر من 90 % بالنسبة إلي: *Pseudomona aeruginosa*, Entérocoques, ASR, Les coliforme. تحاليل الحيوانات الدقيقة المفترسة كانت النتائج تشير إلي وجود بيض Helminthes و كيس Protozoaires إن ظهور هذه الأخيرة في التحاليل يشكل خطر. مما يستلزم توفير مرحلة التطهير للحد من هذا الخطر. تم تسجيل مردود الإزالة 92,33%. أظهرت نتائج مؤشر Mohlman بين 10,32 و 25,36 تظهر الحمأة التي يستقر بسرعة كبيرة جدا حيث من خطر تراكم الوحل في الهياكل و خطوط الأنابيب. فيما يتعلق بمراقبة الأوحال المنشطة أظهرت نتائج الملاحظة المجهرية وجود مجموعة متنوعة من الحيوانات الدقيقة المفترسة علي غرار métazoaire, protozoaire, مما يعني أن خزان التهوية في حال عمل جيدة مع ظهور مراحل انتقالية

المفاتيح : مياه الصرف الصحي، معالجة, الأوحال المنشطة, فعالية.

Liste des figures	Pages
<p>Figure n° 1 : schématisation du traitement par boue activée.</p> <p>Figure n° 2 : Station d'épuration des eaux usées de Baraki.</p> <p>Figure n° 3 : Poste de relevage (PR1).</p> <p>Figure n° 4 : Poste de relevage (PR2).</p> <p>Figure n°5 : Dégrilleur (photo originale).</p> <p>Figure n°6 : Grille.</p> <p>Figure n°7: Classificateur à sables.</p> <p>Figure N°8 : Bassin dessablage /désuilage.</p> <p>Figure n°9 : Bassins d'aération.</p> <p>Figure n°10 : Décanteur secondaire.</p> <p>Figure n°11 : Vis de recirculation des boues.</p> <p>Figure n°12: Epaisseur.</p> <p>Figure n°13 : filtre à bande.</p> <p>Figure n°14 : Digesteurs.</p> <p>Figure n°15 : Gazomètre.</p> <p>Figure n°16 : Torchère.</p> <p>Figure n° 17 : Ouvrage de rejet.</p> <p>Figure n° 18 : Série de dilutions.</p> <p>Figure n°19 : recherche des coliformes par filtration.</p> <p>Figure n°20 : Recherche des ASR par filtration.</p> <p>Figure n°21 : Recherche des entérocoques intestinaux par filtration.</p> <p>Figure n°22: Recherche de Pseudomonas aeruginosa.</p> <p>Figure n°23 : Recherche des Staphylocoques à coagulase positive par filtration .</p> <p>Figure n°24 : Recherche des salmonelles par filtration.</p> <p>Figure n° 25 : Recherche de Vibriion chlorique par filtration.</p> <p>Figure n°26 : les étapes de la méthode de BAILENGER.</p>	

Figure n° 27 : Rendement de l'élimination des MES.

Figure n°28 : Rendement d'élimination de la DBO5.

Figure n°29 : Rendement d'élimination de la DCO.

Figure n°30 : Absence des vibrions sur le milieu GNAB.

Figure n°31 : Absence des salmonelles sur le milieu Hectoen.

Figure n°32 : Les espèces de parasites identifiées dans les eaux brutes et épurées.

Figure n°33: Décantation de l'eau brute après 30 min.

Figure n°34: Aspidisca.

Figure n° 35 : Vorticelles à court pédoncules.

Figure n°36 : Tête de vorticelle.

Figure n°37 : Nématode .

Figure n°38 : Rotaria.

Figure n°39: Petite amibe.

Figure n°40 : Grande amibe.

Figure n°41 : *Coleps sp.*

Figure n°42: *Aelosoma sp*

Figure n°43 : Grande Paramécie.

Figure n°44: *Oedogonium sp.*

Figure n°45: *Diatomée sp*

Figure n°46 : Algue sp

Figure n°47 : Débris végétale.

Figure n°48 : Spirale de lignine.

Figure n°49 : les grains de pollen

Figure n°50 : implantation des différents ouvrages de la STEP de Baraki

Liste des graphes	Pages
Graphe n°1 : Variation de la température suivant les étapes de traitement.	
Graphe n°2 : Variation du pH suivant les étapes de traitement.	
Graphe n°3 : la conductivité des différents échantillons.	
Graphe n°4 : Teneur des MES des différents échantillons.	
Graphe n°5 : la DBO5 des différents échantillons.	
Graphe n°6 : Résultats de la DCO des différents échantillons.	
Graphe n°7 : Variation de rapport DCO /DBO ₅ suivant les étapes de traitement.	
Graphe n°8 : Concentration en phosphore sous forme de phosphate des différents échantillons.	
Graphe n°9 : Les teneurs en azote total des différents échantillons.	
Graphe n°10 : Les résultats de l'azote ammoniacale des différents échantillons.	
Graphe n°11 : Teneurs en nitrate des différents échantillons.	
Graphe n°12 : Teneurs en nitrites des différents échantillons.	
Graphe n°13 : Le nombre des coliformes totaux avant et après le traitement.	
Graphe n°14 : Le nombre du CF avant et après traitement.	
Graphe n°15 : Le nombre des E. coli avant et après traitement.	
Graphe n°16 : Le nombre des ASR avant et après traitement.	
Graphe n°17 : Le nombre des entérocoques avant et après traitement.	
Graphe n°18 : Le nombre des Pseudomonas avant et après traitement.	
Graphe n°19 : Le nombre de staphylocoques avant et après traitement.	
Graphe n°20 : Réduction des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires.	
Graphe n°21 : Différents espèces de parasites identifiés dans les eaux brutes et épurées et leur concentration moyenne d'apparition après traitement.	

Liste de tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau n° I	Les bactéries pathogènes dans les eaux usées.	
Tableau n° II	les parasites pathogènes dans les eaux usées.	
Tableau n° III	Capacité de traitement et débit moyen de la STEP de Baraki.	
Tableau n° IV	Les résultats de l'indice de MOHLMAN.	
Tableau n° V	Fréquences des espèces de la microfaune dans la boue.	
Tableau n° VI	Gamme de DBO5 estimées (Annexe II).	
Tableaux N°VII	Résultats des analyses physico-chimiques (Annexe IV).	
Tableau N°VIII	Résultats des analyses bactériologiques (Annexe V).	
Tableau N°IX	Résultats des analyses parasitologiques (Annexe V).	
Tableau N°X	Résultats des analyses des espèces parasitaires (Annexe V).	
Tableau N° XI	Rendements épuratoires des principaux paramètres physico-chimiques (Annexe V).	
Tableau N°XII	Rendements épuratoires des principaux paramètres microbiologiques (Annexe V).	
Tableau N°XIII	Normes de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie 2006 (Annexe VI).	
Tableau N°XIV	Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (Annexe VI).	

Tableau des abréviations

ASR	anaérobie sulfito- réducteur.
CE	conductivité électrique.
CF	Coliformes fécaux.
CT	Coliformes Totaux.
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
EB	Eau Brute.
EE/ET	Eau Épuré/Eau Traité
EPA	Eau peptone alcaline.
GNAB	Gélose nutritive alcaline biliée.
H	Gélose Héctoén.
IM	Indice de MOHLMAN.
MES	Matière en Suspension.
MMS	Matière minérale en suspension.
R	Rendement épuratoire.
MVS	Matière volatile en suspension.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées.
RV	Rappaport Vassiliadis.
SF	Streptocoques fécaux.
STEP	Station d'épuration des eaux polluées.

Sommaire

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

I. Etude Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées.

I.1. Définition.....	02
I.2. Origine des eaux entrant en station d'épuration.....	02
I.3. la composition des eaux usées.....	03

Chapitre II : les étapes d'épuration des eaux usées

II.1. Station d'épuration.....	06
II.2. Les différentes étapes d'épuration des eaux usées.....	06
II.2.5.Le traitement des boues.....	10

Chapitre III : Les caractéristiques des eaux usées

III.1. Les paramètres organoleptiques.....	12
III.2. Les paramètres physicochimiques.....	12
III.3. Les paramètres biologiques.....	14

II. Etude Expérimentale

Matériel et Méthodes

I. Présentation de la station d'épuration de Baraki.....	18
I.1. Situation géographiques et la nature de rejet de la station.....	18
I.2. Fonctionnement de la station.....	19
I.3. Filière de traitement et description de ces ouvrages.....	20
I.4. Echantillonnage.....	26
I.5. Les points de prélèvement.....	26
II. Matériel et méthodes	
II.1. Analyses physico-chimiques.....	27
II.2. Analyses bactériologiques.....	33
II.3. Analyses parasitologiques.....	49
II.4. Contrôle de la boue activée.....	51
II.5. Analyse statistiques des donnes.....	52

Résultats et discussion

I. Paramètres physico-chimiques.....	
II. Paramètres microbiologiques	
III. Détermination des rendements épuratoires microbiologiques	

IV. Contrôle de la boue

V. Analyses statistique des données.

Conclusion

Références Bibliographiques

ANNEXES

Introduction

L'eau est l'élément naturel indispensable à la vie et à la satisfaction des différents besoins humains, c'est également un patrimoine culturel et social qui est fortement présent dans la vie quotidienne de l'homme, l'eau est une source de bien-être et de progrès, mais aussi un facteur de production et de richesses, grâce à l'agriculture, l'élevage et l'industrie (**BOUZIANI, 2000**).

Cette ressource est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction. La mobilisation des eaux superficielles a été de tous les temps une préoccupation majeure des pouvoirs publics (**DEVAUX, 1999 ; ECOSSE, 2001**).

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture et l'industrie pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays (**REMINI, 2005**).

Consciente de ces enjeux, l'Algérie a mis le paquet en mobilisant des moyens financiers importants dans la mobilisation des eaux de surface provenant des précipitations annuelles, elles sont estimées à 12,4 milliards de mètres cubes (**KETAB, 2001**).

L'épuration des eaux usées s'est donc imposée pour préserver la qualité des milieux naturels et notamment les eaux de surfaces et souterraines. L'eau épurée est actuellement en majorité rejetée. La généralisation de la réutilisation de ces eaux peut donc contribuer à combler en partie le déficit d'eau de première main. Le recyclage de l'eau dans les industries et l'utilisation de l'eau pour l'arrosage des espaces récréatifs peuvent par conséquent contribuer à diminuer la pression exercée sur les ressources naturelles de bonne qualité (**AMY et al, 1996**).

De nos jours la conception d'ouvrages de collecte et d'épuration des eaux usées domestiques, réseaux d'assainissement et stations d'épuration, est pilotée par les objectifs de qualité du milieu récepteur (**HARREMOES, 1997 ; SOMLYODY et al., 2000**).

La présente étude est une contribution à l'évaluation des performances de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Baraki par les caractérisations physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des eaux brutes et épurées.

I. Les eaux usées

I.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute injection dans les milieux naturels récepteurs ou réutilisation (SALGHI, 2001).

Des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout (RAMADE, 2000).

I.2. Origine et nature des eaux entrant en station d'épuration

Les eaux usées ont principalement trois origines:

- les eaux domestiques.
- les eaux industrielles.
- les eaux de ruissellement.

A. Les rejets domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux de vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout à l'égout » (BAUMONT et al., 2004).

B. Les rejets industriels

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, ...etc.... (EDLINE, 1979).

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Il faut bien distinguer **les eaux résiduaires** et les **liquides résiduaires** de certaines industries.

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, ou qui ont servi à retenir des poussières de fumées ; elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications.

Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux (EDLINE, 1979).

C. Les eaux de ruissellement

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (BONTOUX, 1993).

I.3. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les microorganismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (BAUMONT *et al*, 2005).

I.3.1. Microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. L'ensemble de ces organismes peut être classés en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (BELAID, 2010).

A. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans enveloppe nucléaire noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Le taux moyen de bactéries dans les fèces est d'environ

10^{12} bactéries/g (ASANO, 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes/l. Parmi les plus détectées on citera, les salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (BELAID, 2010).

B. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement (BAUMONT *et al*, 2005). Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux, nous citerons les entérovirus (exemple : polio), les Rotavirus, les Retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (AULICINO *et al*, 1996).

C. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle vital une forme de résistance, appelée kyste qui peut être véhiculé par les eaux résiduaires. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (BAUMONT *et al*, 2005).

D .Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Toute comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux résiduaires. Le nombre d'œufs d'helminthes peut varier entre 10 et 10³ germes/l (FABY *et* BRISSAUD, 1997). En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel (CAMPOS, 2008). Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricade* , *Oxyures vermicularis* , *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* .

I.3.2. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de MES varie selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière (La photosynthèse). Elles peuvent également gêner la respiration des poissons.

Par ailleurs, les MES peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides...) (RODIER *et al* ., 2005).

I.3.3. Les éléments traces

Les micropolluants (inorganiques ou organiques) sont des éléments présents en quantité Infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds

ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées (CAUCHI *et al.*, 1996).

A. Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont très nombreux. Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels » (CAUCHI *et al.*, 1996). Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg) et le nickel (Ni) (VILAGINES, 2003).

B. Les éléments toxiques organiques

Les micropolluants d'origine organique sont aussi nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique, des rejets industriels et des eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier etc.... Parmi ces composés chimiques toxiques, on peut citer les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les alkylphénols, chlorophénols, phtalates, les pesticides et les résidus pharmaceutiques actifs. Certains composés ont un pouvoir de perturber le système endocrinien tel que les hydrocarbures polycycliques aromatiques et les alkylphénols (BELGIORNO *et al.*, 2007). Il s'est avéré que les stations d'épuration sont des sources potentielles de ces produits toxiques (BELGIORNO *et al.*, 2007 ; ANDREOZZI *et al.*, 2003). Cependant, en raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouve concentrés dans les boues plutôt que dans les eaux résiduaires (FAO, 2003).

I.3.4. Les substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages (HAMODA, 2004). Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. En outre, la présence de matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (FAO, 2003).

II.1. Station d'épuration

La préservation de nos écosystèmes impose des traitements de tous types d'effluents (urbains ou industriels). Ces effluents caractérisés peuvent constituer un risque de pollution lorsqu'ils sont déversés, sans traitement, dans l'environnement induisant des contaminations des eaux superficielles ou souterraines. En effet, Lorsqu'ils sont déversés dans le milieu naturel, Ils provoquent souvent un développement d'algues et des bactéries qui consomment l'oxygène de l'eau et finissent par asphyxier des rivières, ce qui conduit à la disparition progressive des êtres vivants de ce système aquatique. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration (Figure n°1) ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs (PAULSRUD et HARALDSEN, 1993).

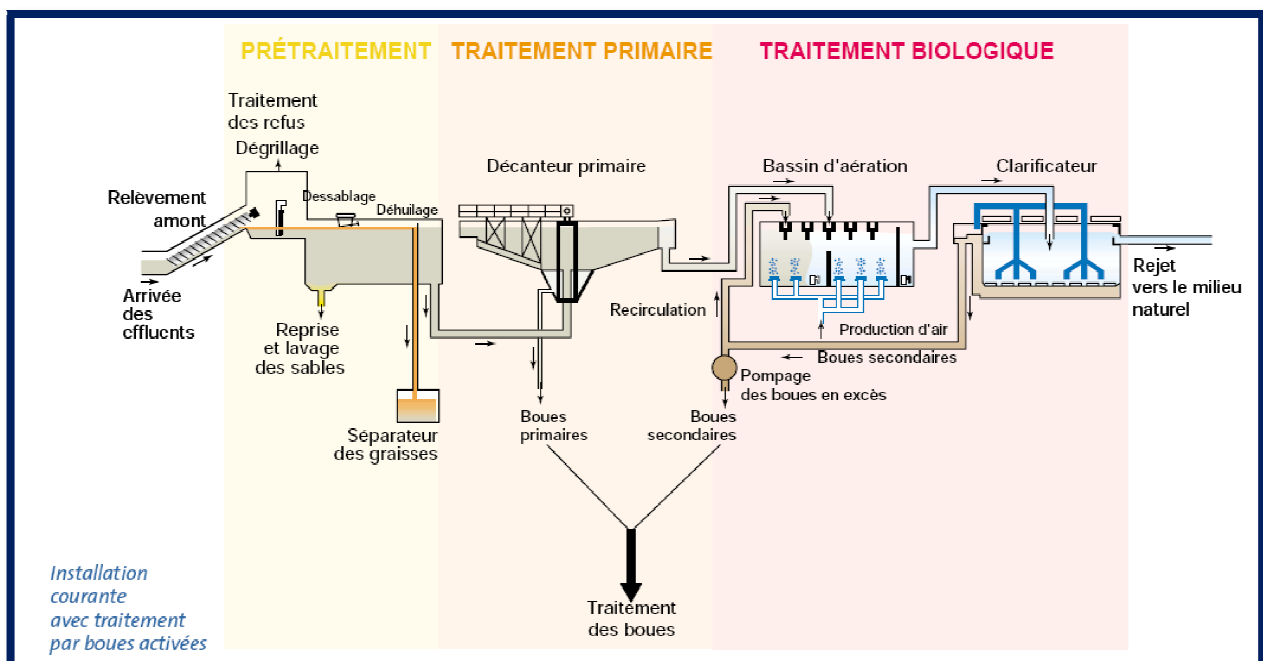


Figure n° 1. Schématisation du traitement par boues activées (AUSSEL et al., 2004).

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

Nous venons de voir que la composition d'une eau usée est très diversifiée suivant son origine, chaque installation est par conséquent conçue pour répondre à un besoin spécifique. Les technologies utilisées se développent et se perfectionnent constamment par la recherche de technologies ou de procédés nouveaux et par la mise en place de nombreux automatismes pouvant diminuer efficacement la dégradation environnementale de ressources précieuses en eau et détruire les agents pathogènes humains potentiels (PRESCOTT et al 2007).

II.2.1. Prétraitement

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux usées dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes ou à des vis d'Archimède (AUSSEL et al., 2004).

II.2.1.1. Dégrillage

Les eaux usées passent par les barreaux métalliques qui forment des grilles qui retiennent les plus grands déchets qui sont compactés et stockés dans des bennes avant d'être envoyées en incinération avec les ordures ménagères (AUSSEL et al., 2004).

II.2.1.2. Tamisage

Il s'apparente au dégrillage mais avec des débits bien inférieurs car les grilles sont remplacées par les toiles métalliques ou des tissus (CRINI et BADOT, 2007).

II.2.1.3. Dessablage et déshuilage

Les eaux débarrassées des déchets transitent par deux ouvrages parallèles (le dessablage et le déshuilage). Les sables et graviers susceptibles d'endommager les installations en aval se déposent au fond de bassins conçus à cet effet. Ils sont récupérés de différentes façons : raclage vers une fosse de collecte, pompes suceuses et sont évacués vers des bennes en décharge. L'injection de bulles d'air dans un bassin permet de faire remonter les huiles et les graisses ou elles sont raclées selon le principe de l'écumage. Les eaux sont finement tamisées ((3mm)) avant d'être envoyées au traitement primaire (BAUMONT, 2005).

II.2.2. Traitement primaire

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation.

A. la décantation physique naturelle

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (FABY, 1997).

B. les traitements de décantation physico-chimiques

Pour éliminer les particules colloïdales qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, on a recourus aux procédés de coagulation et de floculation.

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. Ce procédé est caractérisé par l'injection de produits chimiques (sel de fer ou d'aluminium) (LAZAROVA, 2003).

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (LAZAROVA, 2003).

C. la filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide, qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, ainsi retenus par le milieu poreux, s'y accumulent, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente (LAZAROVA, 2003).

II.2.3. Traitement secondaire

En épuration des eaux usées urbaines ou industrielles, le traitement secondaire ou biologique sert à éliminer en premier lieu la pollution carbonée mais également azotée et phosphorée (BOEGLIN, 2002).

Il permet la biodégradation des matières organiques des eaux usées grâce à des bactéries aérobies ou anaérobies comme suit :

Procédés à systèmes intensif : soit à culture fixes telles que les lits bactériens ou le disque biologique ou bien à cultures libres telles que les boues activées.

Procédés à système extensif : le plus répandus et le plus classique est le lagunage surtout dans les pays à climat chauds et où le terrain est disponible à coût raisonnable (AMIR, 2005).

II.2.4. Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires (FRANCK, 2002). Il regroupe toutes les techniques physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (OUALI, 2001).

II. 2.4.1. Elimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent

l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque, mais ces traitement ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût (FRANCK, 2002).

II.2.4.2. Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphoration", peut être réalisée par des voies Physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues (PRESCOTT *et al*, 2007).

II.2.4.3. La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des Zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) (FRANCK, 2002) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection.

✓ Chimique par:

-**Le chlore:** est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes (BAUMONT *et al*, 2005). Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément "eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), le chlore de chaux ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2) (OUALI, 2001).

-**L'ozone (O_3):** est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus (LAZAROVA, 2003). Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité (CAUCHI, 1996).

✓ Ou physique par:

- **Les rayons ultraviolets:** qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées (BAUMONT *et al*, 2005).

- **La filtration:** est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (CHPF,1995).

-**Lagunes de finition :** le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des microorganismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé. Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit. (CORSIN *et* LE STRAT, 2007).

Les eaux usées bénéficiant d'un traitement tertiaire contiennent si peu de nutriments qu'elles ne peuvent permettre une forte croissance microbienne. Le traitement tertiaire est la méthode la plus complète pour traiter les eaux d'égouts, mais elle n'a été généralisée en raison de son coût (MADIGAN *et* MARTINKO, 2007).

II.2 .5. Le traitement des boues

Les boues se présentent avant le traitement sous forme liquide avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes quelle que soit la destination des boues et imposent la mise en place d'une filière de traitement.

A. Définition des boues

Les éléments polluants qu'ils soient d'origine domestique ou industrielle ainsi que les produits de leur transformation au cours des traitements d'épuration se trouvent finalement rassemblés dans la grande majorité des cas sous formes de suspension plus ou moins concentrées dénommées (boue) (GROSCLAUDE ,1999).

B. Différentes filières de traitement des boues

1. Epaissement

Il vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue, un épaissement permet de réduire de 3 à 6 fois le volume de la boue. Cet épaissement peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques : égouttage, flottation ou centrifugation. La siccité des boues épaissies ne dépasse pas usuellement 7 % en moyenne et se situe plutôt vers 5 à 6 % (CARDOT, 1999).

2. La stabilisation

La stabilisation biologique réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. Elle se fait soit par voie aérobie (en présence d'oxygène) dans les bassins d'aération ou dans des bassins de stabilisation aérobie, soit par voie anaérobie (absence d'oxygène) dans des digesteurs avec production d'un biogaz riche en méthane (CARDOT, 1999).

3. La déshydratation

Elle correspond en fait à une augmentation forte de siccité ; en modifiant l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses en raison de performances de déshydratation qui plafonnent à 18-20 % de siccité pour la première famille de matériels, et 20-25 % de siccité pour la seconde. Conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées, les filtres presses produisent par contre des boues de structure solide (30 à 35 % de siccité). Étant plus coûteux et contraignants d'emploi que les filtres à bande et les centrifugeuses, ces matériels sont réservés aux installations les plus importantes. Des perfectionnements technologiques sont régulièrement enregistrés (CARDOT, 1999).

4. Conditionnement

Les boues résiduaires se présentent sous la forme d'une suspension plus ou moins homogène, caractérisée par la présence de particules à l'état colloïdal. La destruction plus ou moins complète de la structure colloïdale et la modification des forces de cohésion inerte de la boue plus communément appelé conditionnement (BECHAC et al., 1984).

C. Valorisation des boues

Les boues traitées sont valorisées par épandage agricole, ou par élaboration de compost. Elles peuvent être ainsi éliminées par incinération ou par enfouissement (BRANGER et al., 2009).

III.1. Les paramètres organoleptiques

III.1.1. La couleur

La couleur apparente due aux matières en suspension et en solution, est en fonction des composés chimiques solubles colorés **(DJERMAKOY ,2005)**.

III.1.2. Goût et odeur

L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche **(RODIER, 2005)**.

III.1.3. La turbidité

La turbidité est une caractéristique qui exprime le degré de transparence d'un liquide **(HADE, 2003)**.

III.2. Les paramètres physicochimiques

III.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une solution est la mesure de la quantité d'ions d'hydrogène donc il est un indicateur d'équilibre entre OH^- et H^+ en solution **(VALLEE et al ., 1989)**.

III.2.2. Conductivité électrique

La conductivité d'une eau indique son aptitude à conduire le courant électrique .Cette aptitude dépend de la teneur de l'eau en sel dissous, donc elle permet une bonne appréciation des matières dissoutes et peut faciliter la localisation d'une source de pollution **(LE PIMPEC et al ., 2002)**.

III.2.3. Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique).elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5 °C **(RODIER et al., 2005)**.

III.2.4. Matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organique(MVS) ou minéral (MMS).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, une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (BAUMONT *et al*, 2005). Les particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires (BELAID, 2010).

III.2.5. Matière volatil en suspension (MVS)

C'est la quantité de matières organiques contenues dans les matières en suspension (BRANGER *et al.*, 2007). La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la perte au feu et correspond à la teneur en MVS d'une eau (SATIN *et SELMI*, 1999).

III.2.6. Matières minérales en suspension (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son ((*extrait sec*)), constituées à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (phosphates, chlorure...) (SATIN *et SELMI*, 1999).

III.2.7. Oxygène dissous (OD)

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).

III.2.8. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée.

La demande biochimique en oxygène est une mesure indirecte de la matière organique. Plus la DBO₅ est élevée, plus la quantité de matières organique présentes dans l'échantillon est élevée (DJERMAKOYE, 2005). C'est la quantité d'oxygène dissous exigée pour l'oxydation microbienne de la matière organique biodégradable (PRESCOTT *et al.*, 2007).

III.2.9. Demande chimique en oxygène (DCO)

La quantité d'oxygène (en mg) consommé dans un litre d'eau par les matières oxydable, sous l'action d'une oxydante chimique énergétique (PEUPORTIER, 2008).

La valeur de la DCO est une indication importante, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables, présentes dans l'eau quelle que soit leur origine, organique ou minérale, biodégradable ou non (BLIEFERT *et PERRAUD*, 2001). La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le, dichromate de potassium, K₂Cr₂O₇ dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag⁺ comme

catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures (Norme NF T 90-10, équivalente ISO 6060) (**BLIEFERT et PERRAUD, 2001**).

III.2.10. La biodégradabilité

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance, ou son aptitude, à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...).

Le rapport (DCO/DBO₅) exprime le degré de biodégradabilité de l'eau usée et nous renseigne donc sur le type de traitement à adopter (**RODIER et al., 2005**).

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient **K** donné par la relation suivante :

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

III.3. Les paramètres biologiques

III. 3.1 .les agents pathogènes

III.3.1.1. Les virus

Les virus sont les plus préoccupants en matière de transmission par l'eau des maladies infectieuses. Ce sont essentiellement des entérovirus qui se trouvent dans l'eau par les effluents des égouts ou la contamination directe par les matières fécales.

Les entérovirus peuvent produire un large éventail de syndromes, notamment les éruptions cutanées, La fièvre, Les gastro-entérites, la méningite, les affections respiratoires et les hépatites (**VALIRON, 1983**).

III.3.1.2. Les bactéries

Le tableau I résume les principaux germes pathogènes retrouvés dans les eaux usées.

Tableau n° I. Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

Agent pathogène	Maladies	Principales voies de contamination
Salmonella	Typhoid, paratyphoïde,	Ingestion
shigella	salmonellose	Ingestion
E .coli	Dysenterie bacillaire	Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite	Ingestion
Campylobacter	Gastro-entérite	Ingestion
Vibrio sp	Gastro-entérite	Ingestion
Leptospira sp	choléra	Cutanée /inhalation /ingestion
Legionella	leptospirose	Inhalation
mycobacterium	légionellose	inhalation
	tuberculose	

Source :(ASANO, 1998)

A. Coliformes totaux

Les coliformes correspondent à des micro-organismes en bâtonnets, non sporogènes, à coloration gram négative, oxydase négative, aérobies anaérobies facultatifs, et capables de fermenter le lactose au moins de 48 heures à 35°C (HADE, 2003).

B. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures à 44,5°C. Ces micro-organismes appelés aussi («coliformes d'origine fécales») (LEBERS et al., 2002).

Caractérisés par une croissance rapide à 41°C. Ils sont incapables de se multiplier à 4°C (DELLARAAS, 2003).

-Escherichia coli est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produit l'indole à partir de tryptophane (BONNOFOY et al., 2002).

C. Streptocoques fécaux

Le terme streptocoques fécaux désigne les streptocoques généralement présents dans les fèces de l'homme et des animaux. Il se présente sous forme de cocci, Gram⁺, formant des chaînettes dépourvus de catalase (OMS 1994).

D. Anaérobies sulfito-réducteurs

Ce sont des bacilles à gram positive, anaérobie, sporogènes, se rencontrent normalement dans les matières fécales humaines et animales. Ces spores peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois et ne seraient pas toujours inactiver par le chlore et par les rayons ultraviolets (**LEBRES et al., 2002**).

E. Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des entérobactéries. Ce sont des bacilles Gram négative de 1 à 3 microns, mobiles, aérobie-anaérobies, non sporulés, poussant facilement sur les milieux de culture ordinaire en 24 à 48 heures (**BOURRILLON et al., 2008**).

F. Vibrions

Ce sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droites, mobiles et aérophiles, Gram- et oxydase.

Les vibrions concernant la santé de l'homme comprennent principalement :

-les vibrions chloriques des eaux : Ce sont des halotolérants et peuvent se développer en présence de chlorure de sodium ; ils engendrent le choléra chez les sujets qui consomment des eaux de boissons non traitées et contaminés.

-Les vibrions halophiles provoquant les TIAC (**DELARRAS, 2003**).

III.3.1.3. Plancton

A. Zooplancton

Le zooplancton regroupe l'ensemble des organismes animaux vivant en pleine eau, aptes à se déplacé activement, mais dans l'impossibilité de s'opposer aux divers courants qui se développent dans la masse d'eau. Le zooplancton est représenté principalement par trois types d'organismes : les protozoaires et les métazoaires (**BALVAY et DRUART, 2007**).

B. Phytoplancton

Elles comprennent principalement : les algues qui diffèrent à d'autres micro-organismes par la présence d'un pigment vert (la chlorophylle), elles sont autotrophes (**BALVAY et DRUART, 2007**)

Parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissible par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes (**ASANO, 1998**).

Les espèces incriminées en santé humaine sont citées dans le **tableau II**.

Tableau n° II. Les parasites pathogènes dans les eaux usées

Organisme	Symptômes, maladies	Nombre pour un litre d'eau	Voies de contamination principales
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 10000	Ingestion
Balantidium coli	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
Cryptosporidium	Diarrhée	0,3 à 122	Ingestion
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, fièvre		Inhalation / ingestion
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
microsporidium	Diarrhée		Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase: diarrhée, troubles nerveux		Ingestion
Ancylostoma	Anémie	5 à 111	Ingestion / cutanée
Necator	Anémie	6 à 188	Cutanée
Toenia	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale		Ingestion
Toxocora	Fièvre, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion
Strongyloides	Diarrhée, douleur abdominale, nausée		Cutanée
Hymenolepis	Nervosité, trouble digestifs, anorexie		Ingestion

(Source : ASANO, 1998)

III .3.1.5. Champignons

Organismes hétérotrophes, dépourvues de chlorophylle, pouvant se développer au niveau des effluents résiduels ou dans les systèmes à forte charge organique (GENIN et al., 2003). Les champignons sont naturellement présent dans l'environnement et prolifèrent dans les déchets, en particulier les déchets organiques, les eaux usées des stations d'épuration sont très chargées par *Candida albicans*.

Introduction

Notre travail a été réalisé au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Baraki (W d'Alger) pendant la période allant du mois de février 2013 à Mai 2013.

Durant cette période un suivi, des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques des eaux usées arrivant à la station et les eaux usées épurées, a été réalisé.

Toutes les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration, tandis que les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de SEAAL (Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger) de Kouba et le laboratoire des PFE de l'université de Blida pour les analyses parasitologiques. Nous tenons à préciser que cette station reçoit à la fois des eaux usées urbaines et industrielles.

I. Présentation de la station d'épuration de Baraki

I.1. Situation géographique et la nature de rejet de la STEP

La localisation de la STEP au niveau de la commune de Baraki. Représenter par la fig.2.

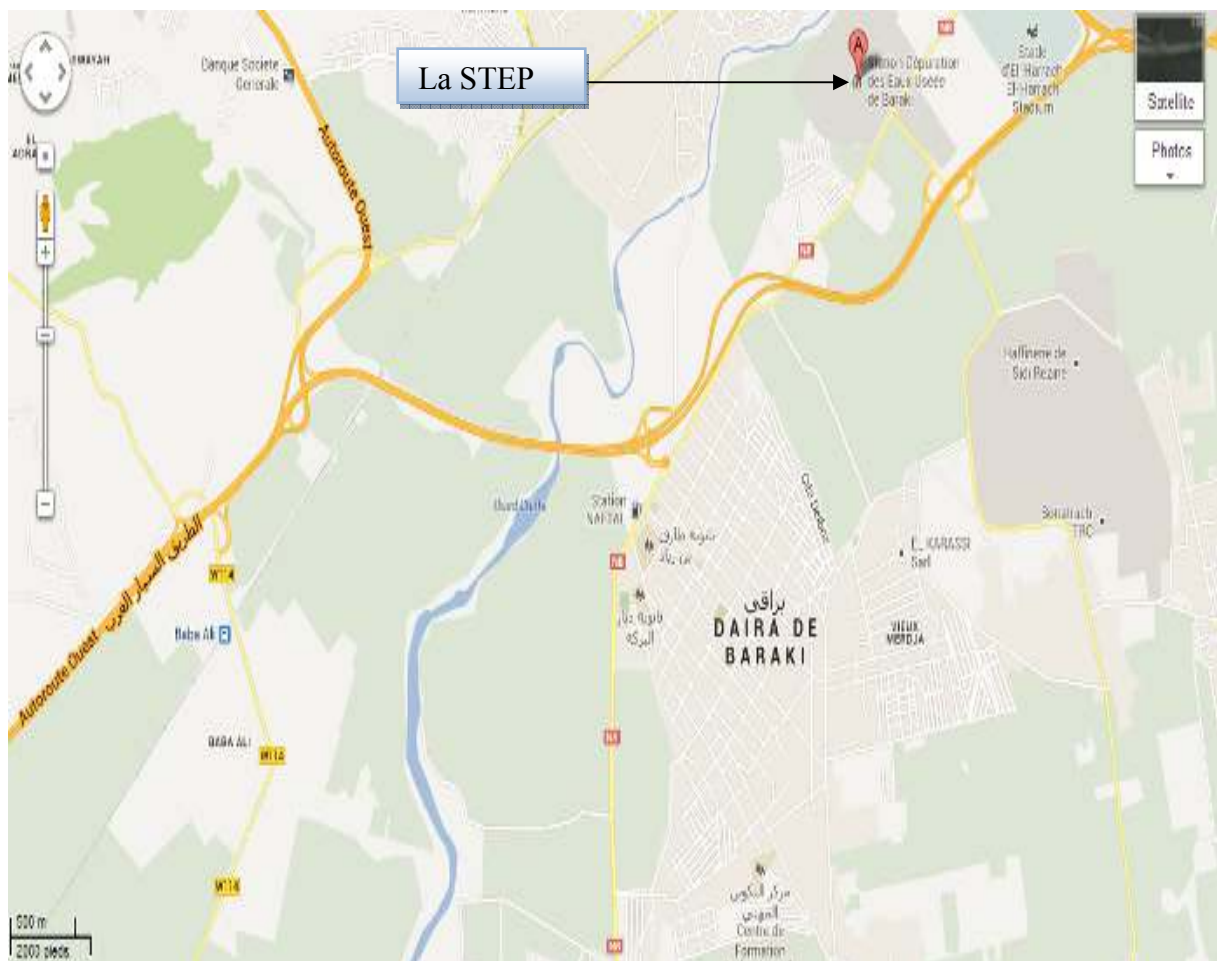


Figure n° 2. Situation géographique de la Station d'épuration des eaux usées de Baraki

(Source : GOOGLE MAP)

Le site d’implantation de la station d’épuration de Baraki est localisé sur le territoire de la commune de Baraki, dépendant de la wilaya d’Alger.

La station d’épuration de Baraki utilise l’aération à moyenne charge de type boues activées conçue pour une capacité nominale de 900000 EH. Elle s’étend actuellement sur une superficie de 10Km². Elle est dimensionnée pour recevoir une quantité d’eau usée estimée à 150 000 m³/j (Tableau III). Le bassin de traitement reçoit 70% des eaux domestiques évacuées de la station de pompage d’El Harrach, et 30% qui arrivent gravitairement d’un collecteur de Baba Ali.

Tableau n° III. Capacité de traitement et débit moyen de la STEP de Baraki

Paramètre	Unité	Valeur
Equivalent Habitant	E.H	900 000
Débit moyen journalier	m³/j	150 000
Débit moyen horaire temps sec	m³/h	6210
Débit moyen horaire diurne	m³/h	7200
Débit moyen horaire nocturne	m³/h	5580
Débit de point horaire-temps sec	m³/h	7920

(DAGHAR et SI-SALAH, 2009)

➤ **La nature de rejet**

Au total ,300 unités industrielles déversent dans l’un des affluents de l’Oued El-Harrach sans aucun traitement préalable et qui représentent au total 52 points de rejets identifiés. Les eaux brutes d’Oued El-Harrach et celles de Baba Ali arrivent par deux collecteurs (un gravitaire et l’autre de refoulement) qui se rejoignent dans un regard placé à l’entrée de la station avant de passer au poste de relevage. La station reçoit donc les 2/3 d’eau usées urbain et 1/3 d’eaux usées industrielles, qui une fois traitées, seront déversées dans l’Oued El Harrach et par la suite dans la mer.

I.2. Fonctionnement de la station

La station est conçue pour procéder à la décantation (5 à 6 h), au traitement physique suivi d’un traitement biologique achevé par une clarification. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d’eau (prétraitement mécanique, et traitement biologique) et une ligne de boue (épaisseurs, digesteurs et conditionnement) (Voir annexe I).

Le temps de séjour global est de 12-15 h, l’objectif de la station est de réduire de 90-95% la DBO₅, 75-80 % la DCO et 90-95% MES.

I.3. La filière du traitement et description de ses différents ouvrages

La station d'épuration de Baraki se compose de la ligne de traitement biologique suivante :

- ✓ Arrivée des eaux brutes ;
- ✓ Deux postes de relevage par vis d'Archimède ;
- ✓ Dégrillage des eaux brutes ;
- ✓ Dessablage- déshuilage ;
- ✓ Deux bassins d'aération des eaux et formation des boues activées ;
- ✓ Quatre clarificateur circulaires avec recirculation des boues par vis d'Archimède ;
- ✓ Désinfection des eaux traitées ;
- ✓ Deux épaisseurs raclés recueillant les boues primaires et les boues en excès du traitement biologique ;
- ✓ Deux digesteurs primaires et un digesteur secondaire, brassés et chauffés ;
- ✓ Un gazomètre pour stockage des gaz de digestion ;
- ✓ une déshydratation mécanique des boues par filtre –presse avec conditionnement.
- ✓ Deux sécheurs rotatifs.

I.3.1. Postes de relevage (PR1 et PR2)

Les eaux brutes relevées depuis la station SRG2, ainsi que les eaux usées internes à la station (eau pluviales et eaux de drainage) sont reprises par les pompes à vis vers le poste de relevage PR1 (Fig3) (DAGHAR et SI-SALAH, 2009). Les eaux brutes relevées depuis le poste de relevage PR1 arrivent dans la fosse de PR2 ou elles sont mélangées avec les eaux provenant de l'émissaire Baba Ali, d'où elles sont pompées par les pompes à vis vers le poste de dégrillage (Fig4) (DAGHAR et SI-SALAH, 2009). Dans les deux postes de relevages (PR1, PR2), chaque poste de relevage contient trois vis d'Archimède pour tirer l'eau vers le Dégrilleur.



Figure n° 3.PR1 (Photo originale).

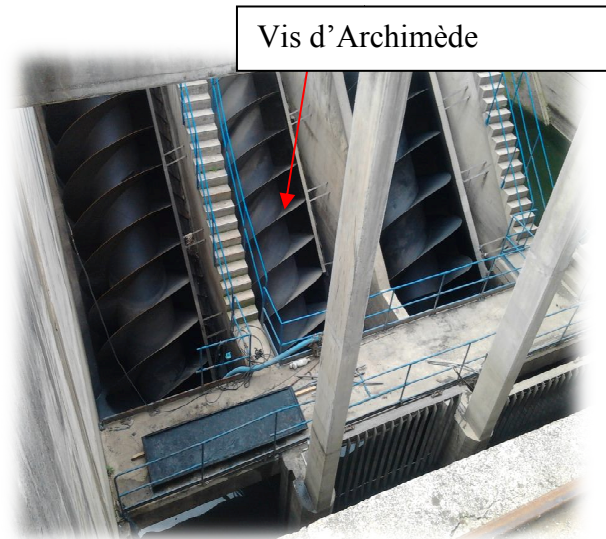


Figure n° 4. PR2 (Photo originale)

I.3.2. Traitement des eaux

La figure 50 présentée en Annexe I représente une vue de l'ensemble de l'implantation des différents ouvrages de la station d'épuration de Baraki . La filière de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

A) Prétraitement

Le prétraitement a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (Brindilles, feuilles, tissus, ...) et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieure du traitement (BASSOMPIERRE, 2007). Il comprend :

❖ Dégrillage

Dégrillage automatique vertical en deux fils parallèles équipés chacun d'une grille grossière et d'une grille fine (Fig.5) et (Fig6) (DAGHAR et SI-SALAH ,2009).



Figure n°5 : Dégrilleur (photo originale). Figure n°6 .Grille (photo originale).

❖ Classificateur à sable

Le classificateur à sable extrait les sables de l'eau résiduelle pompée par les pompes à sables et les décharge sur la bande transporteuse commune aux refus des dégrilleurs et sables (fig.7) (DAGHAR et SI-SALAH, 2009).



Figure n°7. Classificateur à sables (photo originale)

❖ Dessablage-déshuilage

Le sable et la graisse sont éliminés des eaux usées dans un canal aéré à écoulement en spirale et à double compartiments, les deux moitiés du canal fonctionnent ensemble et en parallèle (Fig.8).



Figure n°8. Bassin dessablage / déshuilage (photo originale).

B) le traitement biologique

La chaîne de traitement est composée d'un bassin d'aération, d'un clarificateur et d'une boucle de recyclage des boues. Le traitement biologique est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

❖ Bassin d'aération

Le réacteur biologique ou bassin d'aération (Fig.9) constitue le cœur du procédé, dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine du phénomène aboutissant à l'épuration (DAGHAR et SI-SALAH ,2009).



Figure n°9.Bassins d'aération (photos originales).

❖ Clarificateur

La liqueur mélangée s'écoule dans l'un des 4 bassins de décantation secondaire disposés parallèlement les uns aux autres, où les boues activées tombent au fond du bassin et sont enlevées. Le rôle de la décantation secondaire est d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées (KETAB, 2001) (Fig.10).



Figure n°10.Décanteur secondaire (photo originale).

I.3.3. Traitement des boues

A. Recirculation et extraction des boues

Le but de la circulation des boues du décanteur secondaire vers le réacteur biologique est d'y maintenir une concentration constante et correcte de la liqueur mixte (Fig.11).



Figure n°11. Vis de recirculation des boues (Photo originale)

B) Epaissement

L'épaississement des boues a pour but de les concentrer au maximum avant de les envoyer sur les lits de séchage (Fig.12).



Figure n°12. Epaisseur (photo originale)

C) Déshydratation

La déshydratation des boues en excès est assurée par un filtre à bande (Fig.13). Les boues à traiter après avoir été mélangées avec une solution de polymères sont déversées sur un tapis roulant perméable qui assure l'élimination de l'eau de ces boues au fur et à mesure de leur passage sur le tapis, obtenant à la fin une boue beaucoup plus sèche (**DAGHAR et SI-SALAH, 2009**).



Figure n°13. Filtre à bande.

D) La digestion anaérobie des boues

La digestion anaérobie est un procédé naturel de transformation de la matière organique, que contiennent les boues (Fig.14), par des bactéries en absence d'oxygène. Ce type de traitement conduit à la formation d'un carbone (CO_2) formant ainsi le biogaz. Ce dernier est traité et stocké dans un gazomètre (Fig.15) ayant pour capacité $3\ 000\ \text{m}^3$. La quantité du biogaz produit par cette station est de $2\ 200\ \text{m}^3/\text{j}$. l'excès de ce biogaz est brûlé dans une torchère (Fig.16).



Figure n° 14. Digesteurs.



Figure n° 15. Gazomètre.



Figure n°16. Torchère.

I.3.4. Evacuation de l'eau épurée

Les eaux épurées au niveau de la station d'épuration de Baraki seront évacuées au niveau de l'Oued El Harrach (Fig.17).



Figure n°17.Ouvrage de rejet (Photo originale).

I.4. Echantillonnage

Deux types d'échantillonnages ont été utilisés :

- Echantillonnage par prélèvement automatique. Ce mode est réservé la mesure de certains paramètres qui ne peuvent être représentatifs que lorsqu'ils sont mesurés plusieurs fois par jour tels que : la température, pH et la conductivité.
- Echantillonnage manuel.

I.5. Points de prélèvements

Trois points de prélèvements ont été choisis :

- 1-Un prélèvement de l'eau brute avant la filière de traitement.
- 2-Un prélèvement de l'eau épurée à la sortie de clarificateur.
- 3-Un prélèvement du bassin d'aération contenant les boues activées.

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

❖ Matériel biologique

Eau usée.

Eau épurée.

Boue activée

❖ Matériel non biologique

Le matériel non biologique représenté par les appareillages, les réactifs, les solutions et les milieux de culture sont mentionnés en annexes II et III.

II.2. Méthodes

II.2.1. Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques ont porté sur les paramètres suivants :

- Température ;
- Potentiel hydrique (pH) ;
- Conductivité électrique ;
- Matière en suspension (MES) ;
- Demande chimique en oxygène (DCO) ;
- Demande biochimique en oxygène (DBO₅) ;
- Phosphate total ;
- Azote total ;
- Azote ammoniacal ;
- Nitrite ;
- Nitrate ;
- Indice MOHLMAN.

II.2.1.1. pH et température

➤ Principe

Le principe consiste à mesurer la différence de potentiel existant entre une électrode en verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution **NORME NF T 90 -008 (Février 2001)**.

➤ **Mode opératoire**

1. Allumer le pH mètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
2. Etalonner l'appareil au moyen de deux solutions tampon de pH connu et de préférence situées de part et d'autre du pH à mesurer. L'étalonnage doit se faire sur place juste avant la mesure ;
3. Prendre environ 100 ml d'eau à analyser et faire la correction de température ;
4. Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher ;
5. Laisser stabiliser un moment, puis noter le pH.

➤ **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur de la température exprimé en (°C) ainsi que la valeur du pH correspondant.

II.2.1.2. La conductivité électrique

➤ **Principe**

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau .Elle dépend de la concentration des ions, de leur nature, de la température et viscosité de la solution. Détermination directe à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique de solution aqueuse **NF EN 27888 / ISO 7888 Janvier 1994 (NF T90-031)**.

➤ **Mode opératoire**

1. Allumer le conductimètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
2. Prendre dans un petit bécher, la solution standard de KCl ;
3. Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la constante de cellule ;
4. Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
5. Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher ;
6. Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.2.1.3. Matière en suspension (MES)

➤ **Mode opératoire**

• **Les eaux brutes**

1. 40ml de l'échantillon est centrifugée à 4500 tr/min pendant 30 min ;
2. Le culot sera récupéré dans un creuset en porcelaine et mis à sécher à 105 °C pendant deux heures;
3. Retirer le creuset de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur ;

4. le creuset est ensuite pesé.

- **Les eaux épurées**

1. placer le filtre sur le support de filtration ensuite connecter l'appareille d'aspiration sous vide ;
2. Verser progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé ;
3. Retirer avec précaution le filtre, placer le filtre sur le support de séchage ensuite sécher. ;
4. Retirer le filtre de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur ;
5. Peser le filtre.

- **Expression des résultats**

La teneur en MES est calculé à partir de la formule suivant :

$$[\text{MES}] = (M_1 - M_0) \times 1000 / V \quad (\text{mg / l})$$

M0 : la masse en milligrammes du filtre avant séchage (cas des eaux traité) ou bien du creuset en porcelaine vide (cas des eaux brutes).

M1 : la masse en milligrammes du filtre après séchage (cas des eaux traitées) ou bien du creuset et de son contenu après séchage à 105 °C (cas des eaux brutes).

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

II.2.1.4. Détermination de la pollution organique

A. demande chimique en oxygène (DCO)

- **Principe**

On évalue la quantité d'oxygène utilisé par les réactions d'oxydation, à partir de la mesure du résidu de réactifs au bout de 2h. L'oxydation s'effectuée à chaud, en milieu acide, en présence d'un excès d'oxydant (**NORME NFT 90-101**).

- **Mode opératoire**

1. Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène et pipeter 2 ml d'échantillon avec précaution ;
2. Fermer la cuve, nettoyer l'extérieur de celle-ci et mélanger ;
3. Chauffer dans le thermostat : 2 Heures à 148°C ;
4. Sortir la cuve chaude et fait la retourner 2 fois avec précaution ;
5. Laisser refroidir à température ambiante : dans le support de cuve, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer par un spectrophotomètre à 448 nm pour les eaux traitées et à 605 nm pour les eaux brutes.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre.

B. Demande biologique en oxygène

➤ **Principe de la méthode manométrique**

Le principe de la méthode manométrique consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon ; l'évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation. En effet, les microorganismes lors de la biodégradation des molécules organique consomment l'oxygène dissous dans l'eau de l'échantillon et l'oxygène de l'air pour remplacer l'oxygène consommé. Ceci crée un déficit en gaz dans l'air du flacon qui n'est pas renouvelé, à condition que le CO₂ formé lors de la biodégradation soit absorbé par la soude présente dans le flacon (**NORME NFT 90-103**).

➤ **Mode opératoire**

1. Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate (Tableau N°4 des volumes et des facteurs).
2. Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO.
3. Ajouté de la soude pour absorber le CO₂ formé.
4. Ajouté un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO.
5. Après cinq jours, lire la valeur.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène.

II.1.2.5. Détermination de phosphate total

➤ **Principe**

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phospho-molybdène (**NF EN 1189 JANVIER 1997 T90-023**).

➤ **Mode opératoire**

1. Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable et le dévisser ;
2. Pipeter 0,5 ml d'échantillon et visser la cuve ; dirigeant le cannelage vers le haut ;
3. Secouer énergiquement et chauffer dans le thermostat pendant 60 min à 100°C ;
4. Pipeter dans la cuve une fois refroidie : 0,2 ml de réactif B ;
5. Visser une cuve C gris sur la cuve puis mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite ;

6. Attendre 10 minutes, mélanger à nouveau, bien nettoyer à l'extérieur et mesurer ;
7. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 890 nm.

➤ **Expression des résultats**

La concentration de phosphate est exprimée en milligrammes par litre.

II.2.1.6. Détermination de l'Azote total

➤ **Principe**

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrate. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique avec du diméthyl-phénol-2.6 en formant du nitrophénol (NORME NFT 90-11).

➤ **Mode opératoire**

• **Les eaux brutes**

1. Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réactif sèche ;
2. Préparer 0,2ml d'échantillon, 2,3 ml de solution A, une tablette B. Fermer immédiatement ne pas mélanger ;
3. Chauffer directement : pendant 60 minute à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro Cap C ;
4. Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat soit complètement dissous du micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante ;
5. Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé, et 0,2 ml de solution D. fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable ;
6. Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer ;
7. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

• **Les eaux épurées**

1. Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réactif sèche ;
2. 0, 5 ml d'échantillon, 2,0 ml de solution A, 1 tablette B .Fermer immédiatement. Ne pas mélanger ;
3. Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro Cap C ;
4. Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante ;
6. Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé, et 0,2 ml de

solution D. Fermer immédiat la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable ;

7. Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer ;

8. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

➤ **Expression des résultats**

La concentration en azote total est exprimée en milligrammes par litre.

II.2.1.7. Détermination de l'azote ammoniacal

Principe

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12,6, les ions ammonium réagissant avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol (**NORME NF T90-015**).

➤ **Mode opératoire**

1. Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable ;

2. Dévisser la cuve, et pipeter 0,2 ml d'échantillon ;

3. Visser immédiatement la cuve ; dirigeant le cannelage vers le haut ;

4. Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer ;

5. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 690 nm.

➤ **Expression des résultats**

La concentration en ammonium est exprimée en milligrammes par litre.

II.2.1.8. Détermination de nitrate

➤ **Principe**

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2,6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2,6-diméthyl-phénol (**NORME NF T90-012**).

➤ **Mode opératoire**

1. Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.

2. Dévisser la cuve, et pipeter 0,2 ml d'échantillon.

3. Visser immédiatement la cuve ; dirigeant le cannelage vers le haut.

4. Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

5. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 345 nm.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en milligrammes par litre de nitrate.

II.2.1.9. Détermination de nitrite

➤ Principe

Les nitrites réagissent dans une prise d'essai à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorohydrate de N-naphtyl -1 Diamino -1 ,2 éthane (NF EN 26777 /MAI 1993 NF T90-013).

➤ Mode opératoire

1. Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
2. Dévisser la cuve, et pipeter 2,0 ml d'échantillon.
3. Visser immédiatement la cuve ; dirigeant le cannelage vers le haut.
4. Secouer énergiquement, attendre 10 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
5. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

➤ Expression des résultats

La concentration en nitrite est exprimée en milligrammes par litre.

II.2.2. Analyses microbiologiques

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux est basée sur le concept de germes dits "indicateurs". Ces indicateurs n'ont pas nécessairement par eux-mêmes un caractère pathogène, mais leur présence indique l'existence d'une contamination par des matières fécales et leur abondance est une indication du niveau de risque de présence de micro-organismes pathogènes. Le principal objectif des études qualitatives et quantitatives sur la flore microbiologique des effluents urbains est de dénombrer les marqueurs de pollution fécale des eaux « les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les spores des bactéries sulfitoréductrices» (ROSE *et al*, 2004).

II.2.2.1. Choix de la dilution

Le choix du nombre de dilution est basé essentiellement sur la charge microbienne de l'eau à analyser, ainsi pour une eau usée urbaine brute dont la charge microbienne est normalement plus élevée que celle d'une eau usée traitée; la dilution sera donc plus importante afin d'obtenir des résultats interprétable.

II.2.2.2. Préparation des dilutions

- Prendre une série de tubes stériles contenant 10 ml d'eau distillée stérile.
- Ajouter dans le premier tube 1 ml de l'échantillon à analyser, fermer et agiter le tube ; la suspension alors obtenue est de 10^{-1} .

- De la même façon prélever 1ml de la dilution 10^{-1} et transférer dans le deuxième tube afin d'obtenir la dilution 10^{-2} .
- Répéter la même procédure jusqu'à atteindre la dilution idéale. La figure 18 représente une série de dilutions faites au cours de notre expérimentation.



Figure n°18.Série de dilutions (Photo originale).

Dans notre cas, cette dilution est estimée entre 10^{-3} à 10^{-6} pour les eaux brutes et 10^{-2} à 10^{-4} pour les eaux épurées. La dilution est choisie selon la saison et la charge polluante (MES) de l'eau à analyser.

II.2.2.3. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d'Escherichia coli par méthode de filtration sur membrane

A. Mode opératoire

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse.
- Laisser refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée. (10 ml).
- Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactose au tergitol et au T.T.C) (Annexe VII) en prêtant attention à ne piéger de bulles d'air.
- Incubation à 36°C pendant 24h, le couvercle vers le bas.

B. Dénombrement et confirmation :

- Après la période d'incubation, on dénombre (nombre C) les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune quelle que soit leur diamètre.
- Repiquer 5 à 10 colonies (nombre A) bien déterminées respectivement sur :
 - ✓ Le milieu T.S.A : Déposer la colonie en stries sur toute la surface du milieu. Incubation à 36°C pendant 24h.
 - ✓ Un bouillon au tryptophane : Incuber à 44°C pendant 24h.
- Après la période d'incubation effectuer le double test de confirmation suivant :
 - ✓ Sur le milieu T.S.A., un des deux essais à l'oxydase suivants :
 - Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.
 - Essai avec réactif : verser sur un papier 2 à 3 gouttes de réactif à l'oxydase puis étaler dessus à l'aide d'une pipette stérile la colonie.
- **Dans les deux cas, considérer la réaction positive s'il y a apparition d'une couleur violette dans les 30 secondes qui suivent.**
- Sur le bouillon au tryptophane, une recherche d'indole comme suit :

Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs : L'apparition d'une coloration rouge brique à la surface du bouillon confirme la présence d'indole.

C. Interprétation du test de confirmation :

- Toutes les colonies ayant une réaction **négative à l'oxydase** sont des **Bactéries Coliformes**.
- Toutes les colonies ayant une réaction **négative à l'oxydase**, mais **positive à l'indole**, sont des **Escherichia coli**.

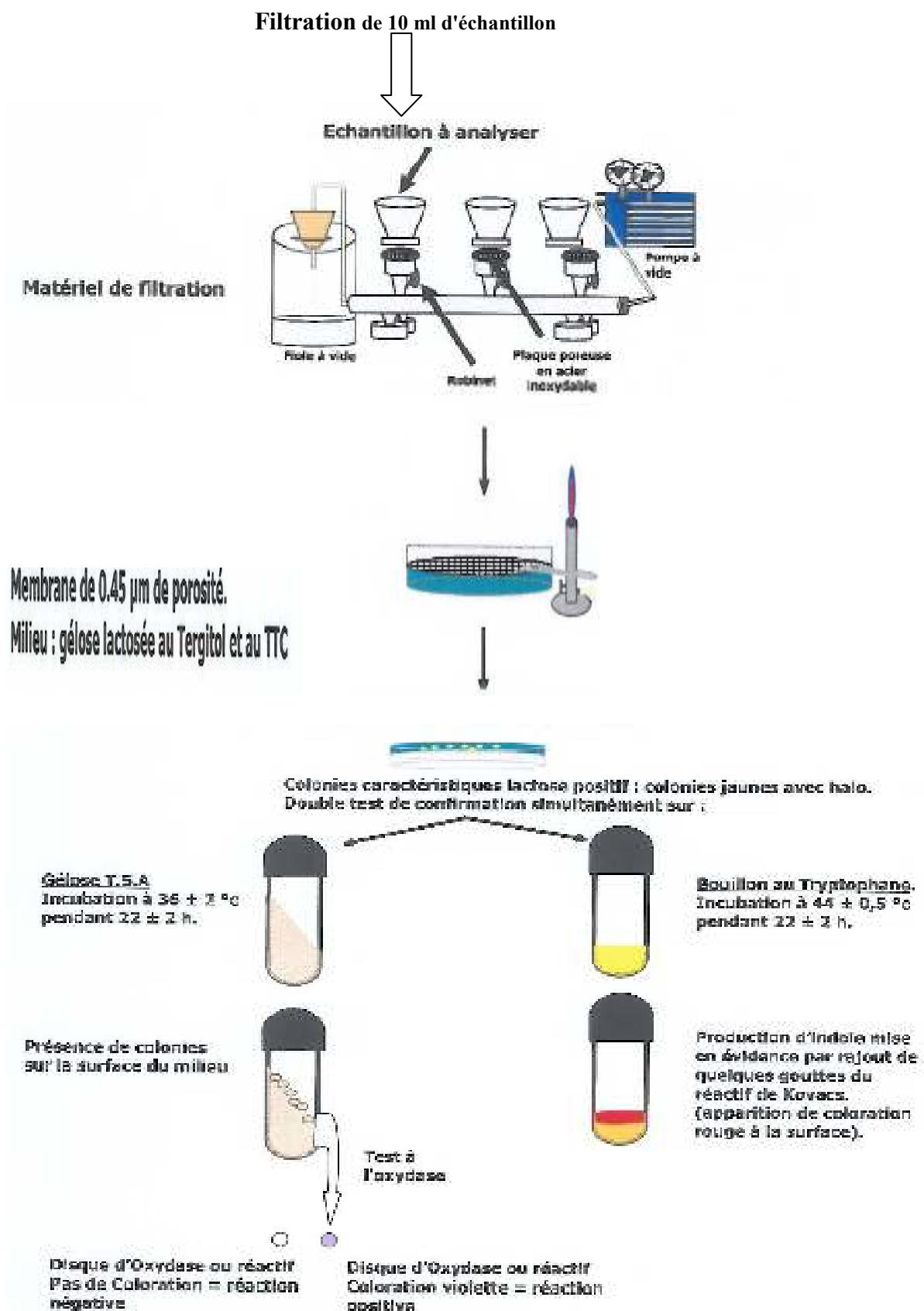


Figure n°19. Recherche des coliformes par filtration

(Source : laboratoire SEAL).

II.2.2.4. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par Méthode de filtration sur membrane

A. Mode opératoire

- Avant de procéder à l'essai, l'échantillon à analyser doit être chauffé dans un bain marie à $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 15 mn.
- Refroidir immédiatement sous l'eau du robinet jusqu'à température ambiante.
- filtration de 10 ml sur une membrane de $0,22 \mu\text{m}$.
- Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer, face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de Pétri contenant la gélose viande foie (Annexe VII) en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air sous la membrane.
- Ensuite verser soigneusement le milieu de culture liquéfié avec additifs, jusqu'au rebord de la boîte de Pétri.
- Incuber à $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant $22 \pm 2\text{h}$ (1^{ère} lecture) et $44 \pm 4\text{h}$ (2^{ème} lecture).

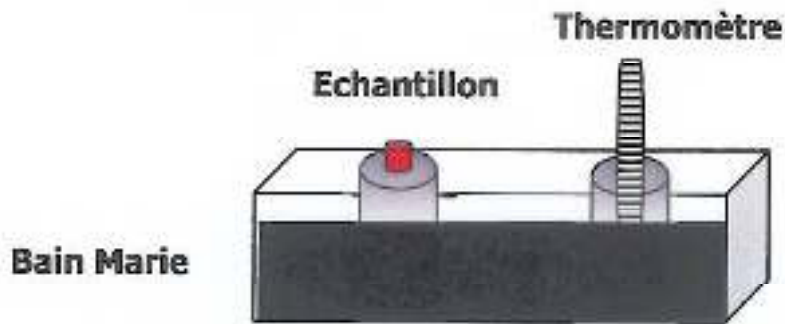
B. Dénombrement et expression des résultats

Une première lecture (dénombrement des colonies) après $22 \pm 2\text{h}$ d'incubation doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries.

En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h.

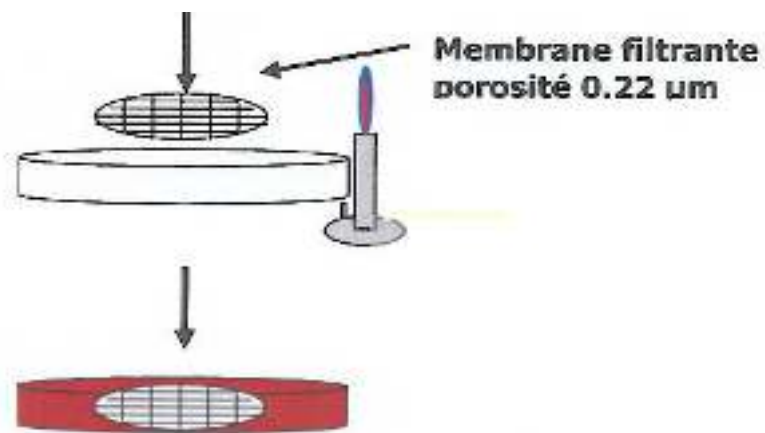
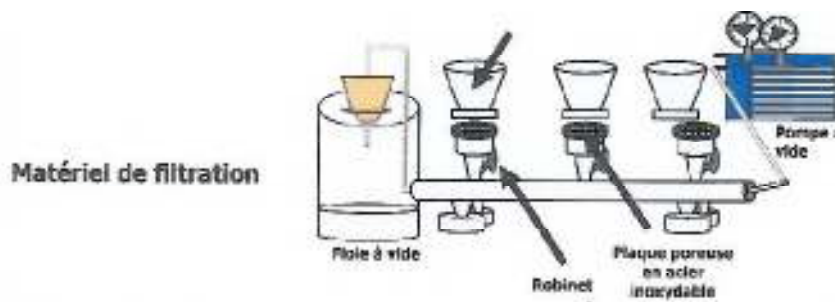
Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

Logigramme



75° C ± 5°C pendant 15mn

Filtration de 10 ml d'échantillon



Incuber à 37 ± 1°C pendant 22 ± 2 h et 44 ± 4 h.



Figure n°20. Recherche des ASR par filtration

(Source : laboratoire SEAAL).

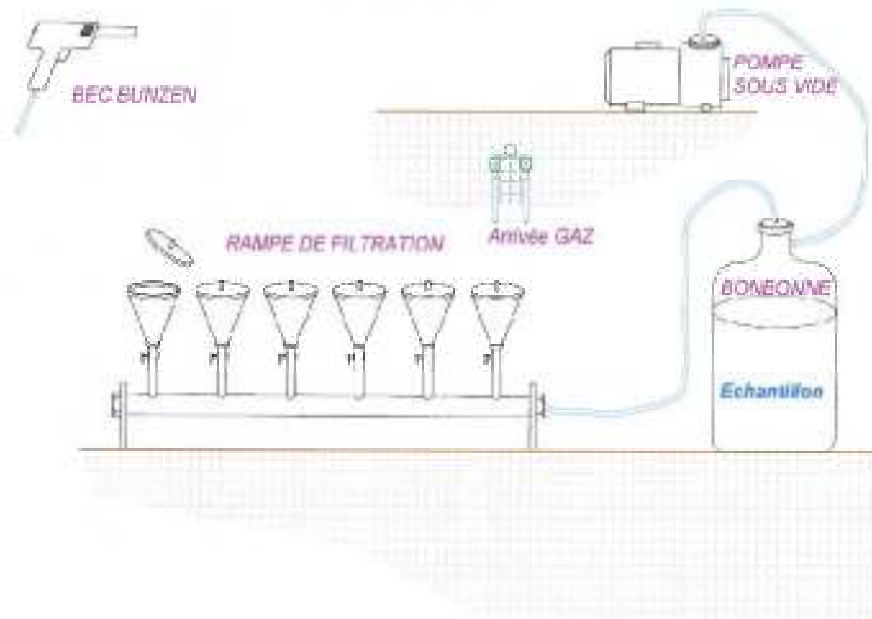
II.2.2.5. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux**Méthode par filtration sur membrane.****A.Mode opératoire**

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bensen.
- Prendre le filtre stérile à l'aide d'une pince stérilisé à l'alcool (flambée).
- Placer le filtre au centre de la membrane poreuse de la rampe.
- fermer l'entonnoir et verser l'échantillon à analyser (10ml).
- Attendre que la totalité de l'échantillon soit filtré pour retiré le filtre.
- Placer le filtre dans la boîte de Pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley avec TTC(Annexe VII).
- S'assurer que le filtre adhère bien sur la surface de la gélose (absence de bulles d'air).
- Mettre la boîte de Pétri dans l'incubateur à $44 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 48h.

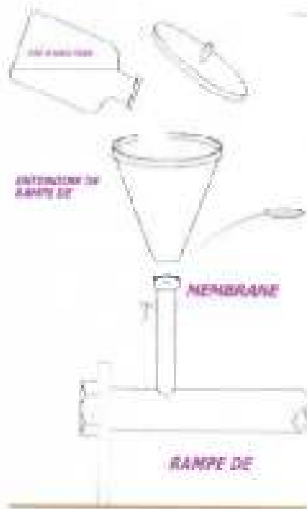
B.Dénombrement et confirmation

- Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.
- Si des colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre au moyen d'une pince stérile sans retournement sue la boîte de Pétri contenant la gélose BEA qui a été préchauffée au préalable à 44°C .
- Faire incuber à 44°C pendant 2h .Retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

PRESENTATION DU MATERIEL



APPLICATION



Milieu Slanetz et Bartley



Placer le filtre dans la boîte pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley

Mettre la boîte de pétri dans l'incubateur à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h.



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

Milieu B. E. A



Transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement sur la boîte de pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffé au préalable à 44°C .

Faire incuber à $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ pendant 2h



Compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

Figure n°21. Recherche des entérocoques intestinaux par filtration

(Source : laboratoire SEAAL).

II.2.2.6. Recherche et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* par filtration sur membrane

Les *Pseudomonas aeruginosa* sont des micro-organismes se développant sur des milieux sélectifs contenant du cétrimide et produisant de la pyocyanine, oxydase positive donnant lieu à fluorescence sous rayonnement ultraviolet 360 ± 20 nm et également capables de produire de la pyocyanine et de la fluorescéine (Fig.22).

A.Mode opératoire

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse.
- Laisser refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (10 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever l'entonnoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (cétrimide) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Incubation à 36 ± 2 °C Pendant 44 ± 4 h les boîtes de pétri, le couvercle vers le bas.

B.Dénombrement et confirmation :

Après la période d'incubation dénombrer et considérer toutes les colonies produisant une pigmentation bleu-vert (pyocyanine) ou oxydase positive, donnant lieu à fluorescence sous rayonnement ultraviolet comme *Pseudomonas aeruginosa*.

NB : les colonies qui représentent une fluorescence sur la première membrane sont oxydase positive et il n'est donc pas nécessaire de les examiner pour l'essai à l'oxydase.

Filtration de 10ml d'échantillon

Membrane de 0.45 µm de porosité.
Milieu : gélose Cétrimide

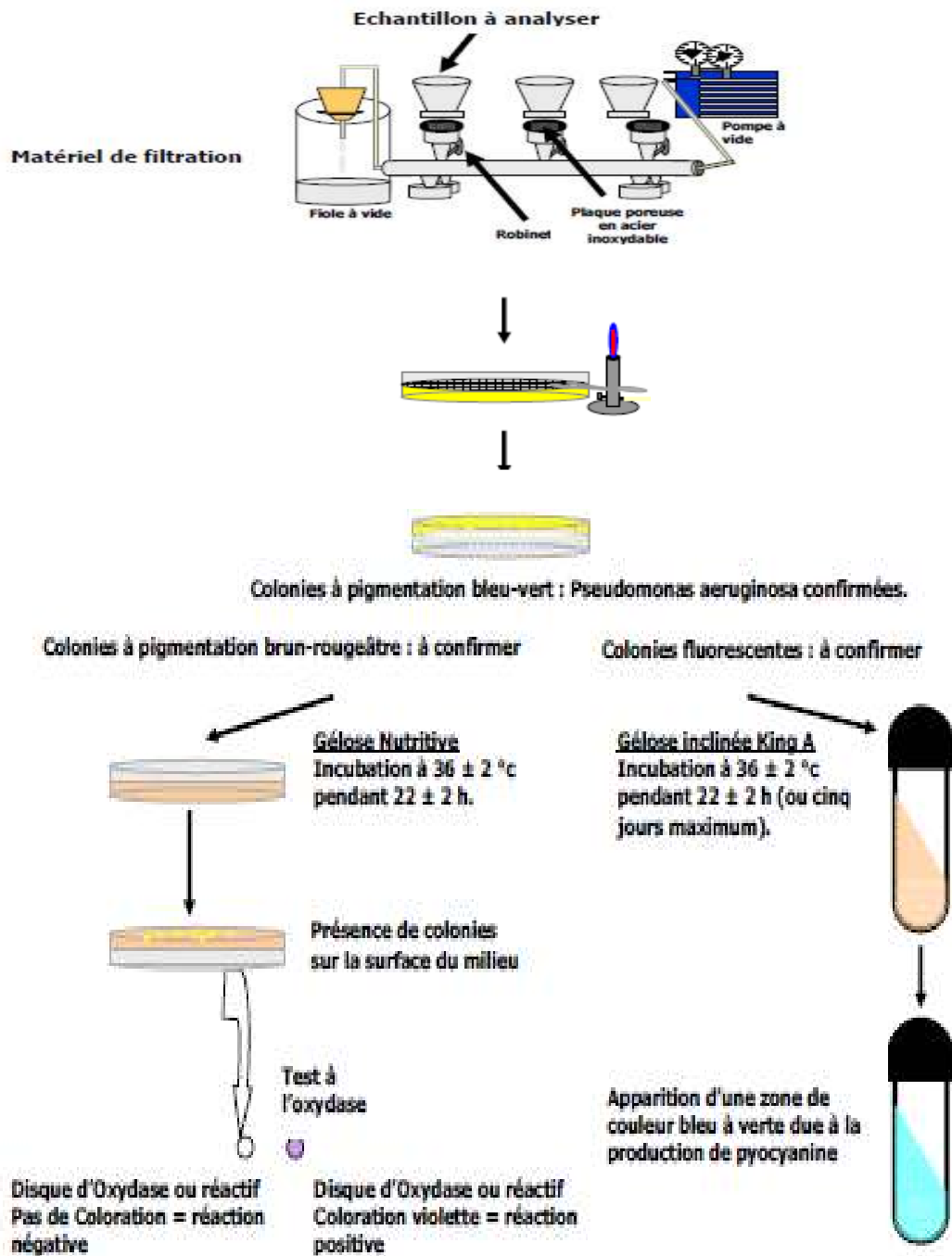


Figure n°22. Recherche de *Pseudomonas aeruginosa* sur par filtration sur membrane (Source : Laboratoire SEAAL).

II.2.2.7. Recherche et dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive Méthode par filtration sur membrane

Il s'agit de bactérie qui se présentent sous forme de Cocci à Gram positive (CGB), sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à $36 \pm 2^\circ \text{C}$ sur milieu sélectif chapman au mannitol. L'espèce type du genre est Staphylocoques aureus, elle est pathogène et la plus redoutée (Fig.23).

A. Mode opératoire

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- Laissez refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide de pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (10 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever l'entonnoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose au Chapman) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Incubation à $36 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant $44 \pm 4 \text{ h}$ les boîtes de Pétri, le couvercle vers le bas.
- Après la période d'incubation procéder aux tests de confirmation.

B. Dénombrement et confirmation :

Après la période d'incubation spécifiée, on dénombre les colonies caractéristiques (Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement staphylococcus aureus), qui apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées soit en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc.

- Prendre 3 à 5 colonies au hasard, pour confirmation.
- Une demi colonie servira au test à la catalase l'autre demi sera triturer dans un tube contenant du bouillon BHIB et incubation (37°C pendant 24 h) pour test coagulase.

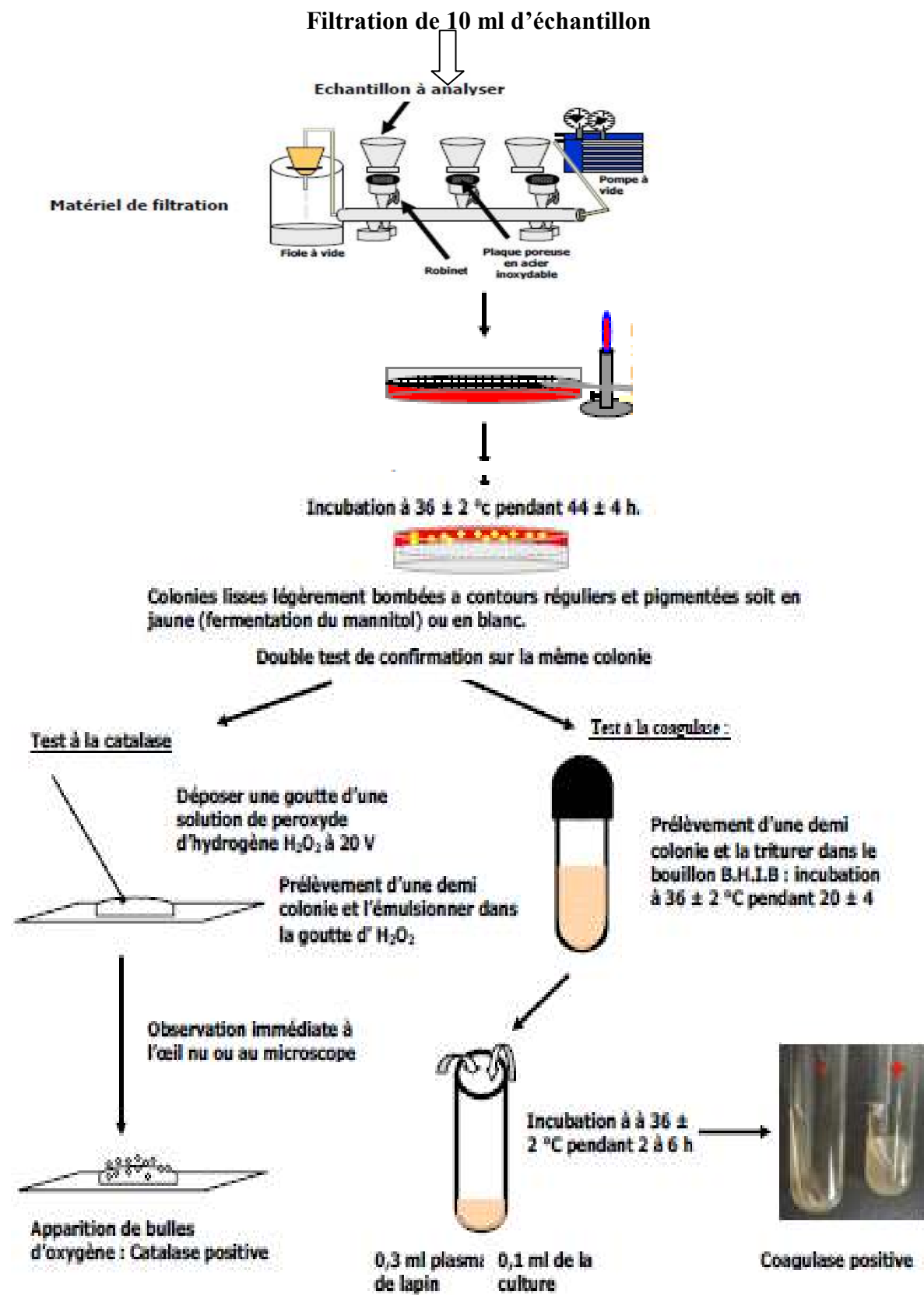


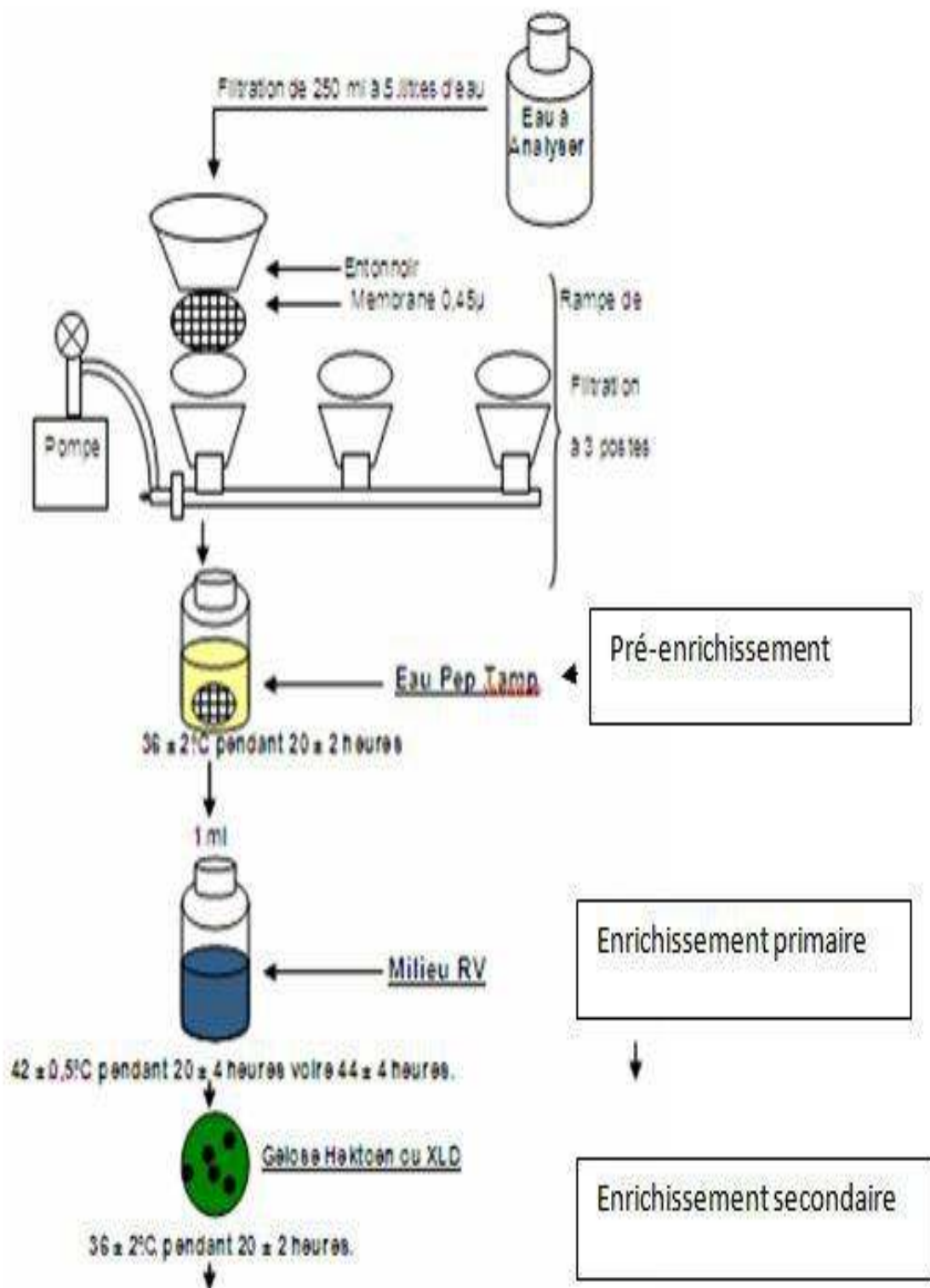
Figure n°23. Recherche des Staphylocoques à coagulase positive par filtration
(Source : laboratoire SAAL).

II.2.2.8. Recherche et dénombrement des Salmonelles**Méthode par filtration sur membrane.**

La recherche de Salmonella par filtration est une méthode rapide, simple mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration.

Mode opératoire et identification

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- Laissez refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (250 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever l'entonnoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane et placer dans un flacon contenant l'eau peptone tamponné.
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 22 ± 4 h les boîtes de pétri, le couvercle vers le bas.
- Après la période d'incubation, verser 1 ml dans un tube de (rapport vassiliadis).
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 22 ± 4 h
- Le lendemain, procéder à un isolement sur gélose Hectoen qui sera incubé à 37 °C pendant 24 h.
- Repérer 24 h après les colonies caractéristiques puis procéder à une identification biochimique classique puis à une identification antigénique.



Lecture et interprétation

Figure n°24. Recherche des salmonelles par filtration sur membrane
(Source : laboratoire SEAAL).

II.2.2.8. Recherche de Vibrion chlorique**Méthode par filtration**

Les Vibrionaceae sont : Bacille Gram négatif droits ou incurvés, très mobiles, Oxydase (+), Aéro -Anaérobie Facultatifs(AAF), Fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H₂S, hautement pathogènes.

A. Mode opératoire et identification

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).
- Laissez refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (450 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever l'entonnoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.

B.Première Enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu, Eau Peptone Alcaline 10 fois concentrée, réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser. Ce dernier sera par la suite incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures.

B.Deuxième enrichissement et isolement

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1ml.
- d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB 1.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 18 à 24 heures.

C.Lecteur des boîtes et Identification

Le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2.

La boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques (LEBRES et al .,2002).

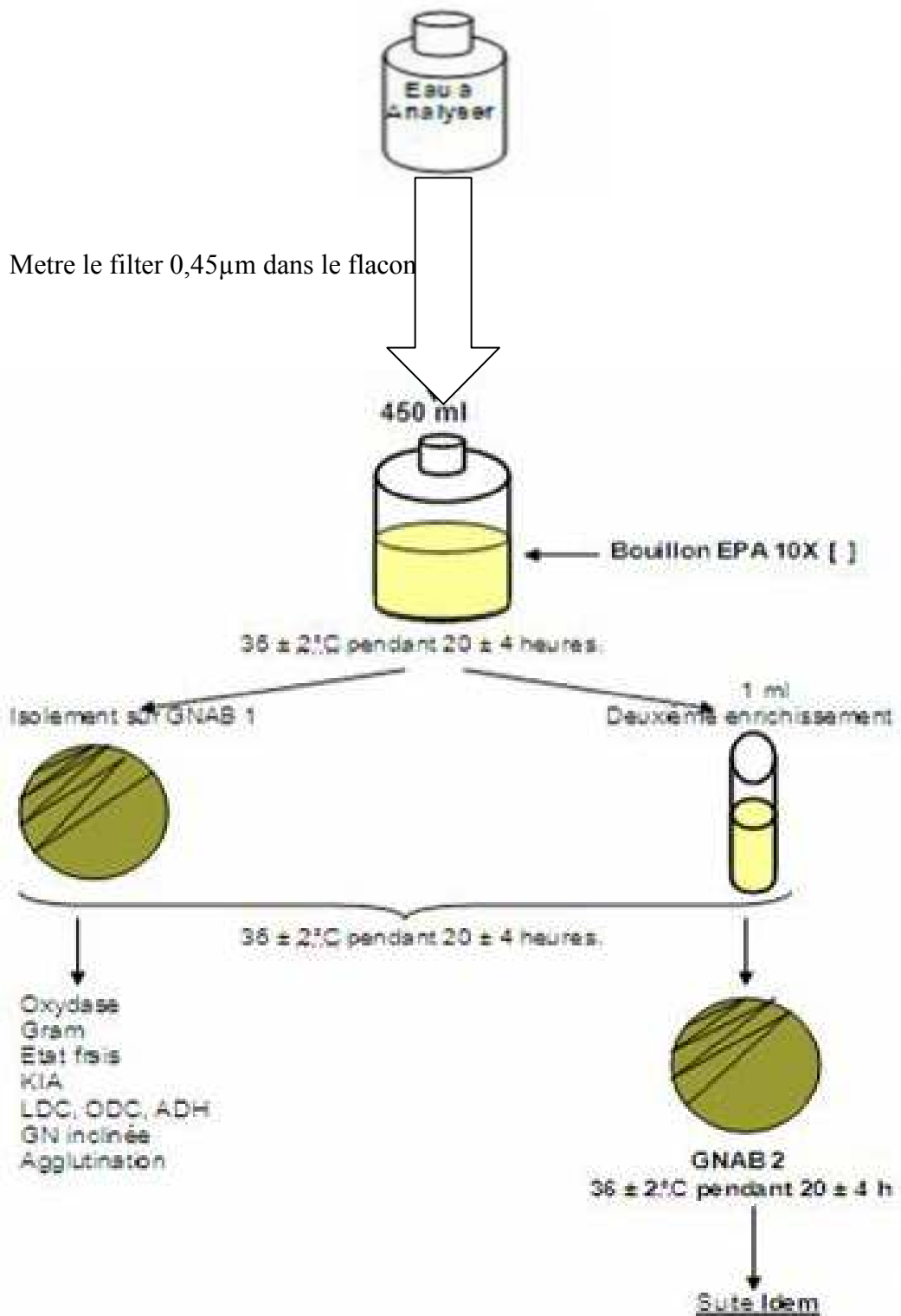


Figure n° 25. Recherche de Vibron chlorique par filtration

(Source : laboratoire SEAAL)

II.2.5 Analyses des parasites Méthode de Bailenger

➤ Principe

Méthode de concentration dite diphasique ou la présence de deux phases non miscibles permet de concentrer les éléments parasitaires dans le culot (OMS, 1997).

➤ Mode opératoire

- ✓ Recueillir des échantillons d'eau usées (EB, EE) de volume (V) et laisser décanter pendant 1-2 heures. Eliminer 90 % du surnageant (Fig.26 :1 et 2).
- ✓ Transvaser le sédiment dans un ou plusieurs tubes à centrifuger à 1000 g pendant 15 min dans une centrifugeuse (Fig.26 :3 et 4).
- ✓ Eliminer le surnageant. Si l'on a utilisé plusieurs tubes à centrifuger, réunir tous les culots dans un seul et recentrifuger à 1000 g pendant 15min.
- ✓ Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acétoacétique à pH 4,5. Si le culot a un volume inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon (Fig.26 : 5).
- ✓ Ajouter deux volumes d'éther et mélanger la solution au moyen d'un agitateur vibrant type Vortex (Fig.26 :6).
- ✓ Centrifuger à 1000 g pendant 15 min, L'échantillon comporte alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasseuse sont rassemblés dans la couche inférieure. Au dessus se trouve le tampon, qui doit être claire. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais au sommet de l'échantillon (Fig.26 :7,8).
- ✓ Noter le volume de culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube.
- ✓ Remettre le culot en suspension dans 5 fois son volume de solution de sulfate de zinc. Noter le volume du produit final (X ml). Mélanger de préférence à l'aide d'un agitateur vibrant type Vortex. A noter qu'il faut 1,5 ml à répartir sur trois lames soit 0,5 ml par lame (Fig.26 :9).
- ✓ Prélever rapidement une fraction avec une pipette et la déposer sur la lame. Laisser reposé la lame sur une surface plane pendant 5 min avant de l'examiner. Cela laisse le temps à tous les œufs de venir flotter a la surface (Fig.26 :10).

- ✓ Placer la lame sous le microscope et l'examiner au grossissement 10x ou 40x. Compter tous les œufs visibles. Pour plus de précision, répéter la numération, et noter le nombre moyen trouvé (Fig.26 :11). Puis calculer le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule :

$$N = AX / PV$$

Ou :

- N=nombre d'œufs par litre d'échantillon.
- A=nombre d'œufs comptés sur la lame ou moyenne de plusieurs lames.
- P=Contenance de la lame (0,5ml).
- V=volume de l'échantillon initial (litre).
- X=volume du produit final (ml).



Figure n°26. Les étapes de la méthode de BAILLENGER (Photos originales).

II.2 .6. Contrôle de la boue activée

Le contrôle de la qualité des boues, par examen macroscopique et microscopique, a été réalisé au niveau du laboratoire de la STEP de Baraki. Ce contrôle fournit des informations le fonctionnement des bassins d'aération ainsi que la qualité de traitement.

Mode opératoire➤ **Observation macroscopique**

L'examen macroscopique a porté sur la détermination de ses caractéristiques organo-leptiques (odeur et couleur) de la boue avant et après décantation.

➤ **Observation microscope**

L'observation est effectuée sous loupe binoculaire (HUND WETZLAR) pour la détermination des espèces. Des photos ont été prises grâce à un appareil photo numérique.

II.1.2.10. Indice de MOHLMAN➤ **Principe**

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

➤ **Mode opératoire**

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

➤ **Expression des résultats**

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$IM = \frac{\text{quantité de boue décantée en 30 mn (ml/l)}}{\text{masse de la matière sèche (mg/l)}}$$

- AMIR S.2005.**Contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de doctorat. Toulouse: Institute National Polytechnique, sciences agronomiques.313p.
- AMY G., DEBROUX J-F., ARNOLD R. et WILSON L-G. 1996.** Preozonation for enhancing the biodegradability of wastewater effluent in a potable-recovery soil aquifer treatment (SAT) system. Rev. Sci. Eau, 9:365-380p.
- ANDREOZZI R., RAFFELE M, and NICKLAS P. 2003.**Pharmaceuticals in STP effluents and solar photodegradation in aquatic environment, Chemosphere, 1319–1330p.
- ARCHIBALD F. 2000.** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? Water Qual Res J. Canada, 35p.
- ASANO T. 1998.**Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475 p.
- AULICINO E-A., MASTRANTONIO A., ORSINI E., BELLUCCI C., MUSCILLO M. and LAROSA G. 1996.** Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. Water, Air, and Soil Pollution 91:327-334p.
- AUSSEL H ., LE BACLE I-C., DOMIER G.2004.**Le point de connaissances sur : le traitement des eaux usées .Revue : travail et sécurité, INRS (Institut national de recherche et de sécurité).4p.
- BALVAY G et DRUART J-C. 2007.** Le Léman et sa vie microscopique. Paris : QUAE. 230p.
- BASSOMPIERRE C. 2007.** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique de Grenoble.25-42p.
- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A. 2004.** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS. 220p.
- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A. 2005.**Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.222p.
- BAUDISOVA D. 1997.**Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of faecal pollution. Water Science and Technology 35, 333-336p.
- BECHAC J-C., BOUTIN P., MERCIER B.et NUER P.1984.**Traitement des eaux usées. Paris : Eyrolles.281p.

- BELAID N. 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax. 1-39p.
- BELGIORNO V., LUIGI R., DESPO F., CLAUDIO D-R., GIUSY L., NIKOLAOU A., VINCENZO N.and SUREYYA M. 2007.** Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. *Desalination*, 215p.
- BIXIO D., THOEYE C., WINTGENS T., RAVAZZINI A., MISKA V., MUSTON M., CHIKUREL H., AHARONI A., JOKSIMOVIC D.and MELIN T. 2008.** Water reclamation and reuse: implementation and management issues. *Desalination* ,218p.
- BLIEFERT C ., PERRAUD R. 2001.** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets : Edition de Boeck .317-477p.
- BOEGLIN J-C. 2002.** Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble technique d'ingénieur, Environnement G.Paris. 270p.
- BONNARD R. 2001.** le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque .Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, rapport final.70 p.
- BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAL G.et VERNE-BOURDAIS.2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires .Paris : Collection : Biosciences et techniques, Série : Science des aliments .248p.
- BONTOUX. 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson : Edition Technique et Documentation Lavoisier. 166p.
- BOUHOUM K. 1996.** Etude épidémiologique des helminthiases intestinales chez les enfants de la zone d'épandage des eaux usées de Marrakech/Devenir des kystes de protozoaires et des œufs d'helminthes dans les différents systèmes extensifs de traitement des eaux usées .Thèse de Doctorat d'état .Fac. Science de Marrakech.227p.
- BOUZIANI M.2000.** L'eau dans tous ses états : Edition dar el Gharb.260p.
- BOURRILLON A .et BENOIST G.2008.** Pédiatrie.4^{ème} édition : Edition Elsevier, Masson.416p.
- BRANGER A., RICHARD M-M et ROUSTEL S.2007.** Micro- biochimie et Alimentation : EDUCAGRI.343p.
- BRANGER A., RICHARD M-M et ROUSTEL S.2009.** Alimentation processus technologiques et contrôles : Ed. EDUCAGRI.199p.

CAMPOS C. 2008.New perspectives on microbiological water control for Wastewater reuse. Désaliénation, 218p.

CANLER J-P.1999. Aide au diagnostic des stations d'épuration par observation microscopique des boues activées .Paris :Cemagraf.155p.

CARDOT C. 1999.Génie de l'environnement les traitements de l'eau. Paris : Ellipses.247p.

CAUCHI., HYVRARD., NAKACHE., SCHWARTZBROD., ZAGURY., BARON., CARRE., COURTOIS., DENIS., DERNAT., LARBAIGT., DERANGERE.,

MARTIGNE. et SEGURET. 1996.Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes. 81-118p.

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale de Québec. 2000, Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec.25 p.

CEAEQ : Centre D'Expertise en Analyse Environnementale de Québec. 2006. Recherche et dénombrement des entérocoques : méthode par filtration sur membrane, ministère de développement durable de l'environnement et des parcs du Québec.23p.

CHOCAT B.1997.Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris.1124p.

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

CLAUSEN E-M., GREEN B-L.et LITSKY W.1977.Fecal streptococci: indicators of pollution: Edition Hoa, AW et BJ Dutka, Bacterial indicators/Health hazards associated with water. American Society for Testing and Materials, ASTM STP, 635p.

CORSIN P et LE STRAT P. 2007.Réutilisation des eaux usées, Les effluents des stations d'épuration : comment les rendre aptes à une seconde vie. L'eau, l'industrie, les nuisances. 299p.

CRINI G et BARDOT PM. 2007. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : procédés membranaire, bioadsorption et oxydation chimique : Edition presses universitaires de Franche Comité. 356p.

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. 1995. Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux. 22 pages.

DAGHAR M et SISALAH A. 2009. Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration (ligne d'eau) ; Réhabilitation de la station d'épuration de Baraki et de la

station de relevage SRG2. Direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau .102p.

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

DELLARASS C. 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Lavoisier : 29p.

DEVAUX I. 1999. Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse Doctorat « Sciences de la Vie et de la Santé », université. Joseph Fourier, Grenoble. 257 p.

DE ZUTTER L., VAN HOOFF J. 1995. Bacteriological Contamination in Wastewaters from Slaughterhouses. *Zbl. Bakt. Hyg. [B]*, 1980, **171** : 269-279p.

DJERMAKOYE M-M. 2005. Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physicochimiques, bactériologique, et impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Thèse de doctorat .Université de Bamako. Mali.119p.

DUCHENNE P. et COTEUX E. 1993. Les éléments les plus significatifs de la microfaune des boues activées. Paris : CAMEGRAF-DIVISION qualité des eaux .471-477p.

DUPRAY E et DERRIEN A. 1995. Influence du passage de Salmonella sp. Escherichia coli en eaux usées sur leur survie en eau de mer. *Wat. Res.* 29(4), 1005-1011p.

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

EDBERG S., EW Rice., RJ Karlin et MJ Allen 2000. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88p.

EDLINE F. 1979. L'épuration biologique des eaux résiduaires: Ed. CEBEDOC, Paris. 306p.

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

FAO. 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. 73p.

FRANCK.R. 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux.165-239p.

GARCIA-ARMISEN T. 2006. Etude de la dynamique des Escherichia coli dans les rivières du bassin de la Seine. Thèse Doctorat, Université Libre de Bruxelles. 15-16p.

GAUJOUS D. 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier. 220p.

GAUTHIER M et PIETRI C. 1998. Devenir des bactéries et virus entériques en mer, Microorganismes dans les écosystèmes océaniques : Edition Masson. 447p.

- GAUTHIER F and ARCHIBALD F. 2001.** The Ecology of "fecal indicator" bacteria commonly found in pulp and paper mill water systems. *Water Research* 35 (9) : 2207-2218p.
- GENIN B., CHAUVINC, et MENARD F.2003.**Cours d'eau et indices biologiques : pollutions-méthodes-IBGN.2^{ème} édition. Dijon : EDUCAGRI.328p.
- GROSCLAUDE J-F.1999.**L'eau : usage et polluant .Volume I. Tome II : Paris : INRA.210p.
- HADDE A.2003.**Nos lacs : les connaitre pour mieux les protéger. Canada: FIDES.359p.
- HAMODA M.F. 2004.** Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. *Desalination*,165p.
- HARREMOES, P. 1997.** Integrated water and waste management. *Water Science and Technology*, 35(9):11-20p.
- HARTANI T. 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Alger, Algérie.3p.
- JARDE E, 2002.**Comparaison organique des boues résiduares de station d'épuration de lorraines et effets de la biodégradation .Nancy : France .Thèse de doctorat : l'université d'HENRI POINCARÉ .271 p.
- JONES P.W., BEW J., BURROWS M.R., MATTHEWS P.R.J.1976.** The occurrence of Salmonellas, mycobacteria and pathogenic strains of *Escherichia coli* in slurry. *J.Hyg. (London.)*, 77p.
- JORA, JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE 1993.** Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles, n°46, pp 7. Édition DUNOD technique, Paris. 968- 1046p.
- KENNOU M-F.1983.**Les parasitoses d'origine alimentaire en Tunisie : Arch. Institut pasteur.407p.
- KETAB A. 2001.**Les ressources en Algérie : Stratégies, enjeux et vision : Edition Désaliénation.136p.
- KOLLER E. 2004.**Traitement des pollutions industrielles. Eau – air – déchets – sols boues. Paris : Dunod.424p.
- LADJEL F.2001.**Exploitation d'une station d'épuration à boues activées. Edition .ONA.74p.
- LAZAROVA V., GAID A., RODRIGUEZ-GONZALES J., ALDAY ANSOLA J 2003.**L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. *Techniques, Sciences et Méthodes* 9 : 64-85p.
- LEBRES E., AZIZI D., HAMZA A., TALEB F.et TAOUCHICHT B.2002.**Manuel des travaux pratiques .Institut Pasteur d'Algérie.20p.

- LE PIMPEC P., LIENARD A., BOUNARD R., LAFONT M.,CAZIN B., BOSSARD P., HUBERT B .et BRAY M.2002.**Guide pratique de l'argent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques .Ed .MAURICEMERLIN .160p.
- MADIGAN Michael et MARTINKO John. 2007.** Biologie des microorganismes. 11ème édition, Pearson/éducation, Paris. 918-932p.
- MC LELLAN, S.L., DANIELS, A.D., and SALMORE, A.K. 2001.**Clonal populations of thermotolerant Enterobacteriaceae in recreational water and their potential interference with fecal Escherichia coli counts. Applied and Environmental Microbiology 67 : 4934-4938p.
- MRE. 2003.** Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, Alger, Algérie. 11p.
- NISBET M., VERNEAUX J. 1970.**Composants chimiques des eaux courantes. Annales de limnologie, 6 fasc. 161-190p.
- OMLYODY L., HENZE M., KONCSOS L., RAUCH W., REICHERT P., SHANAHAN P. and VANROLLEGHEM P. 2000.** River water quality modeling: III. The future of the art. Proceedings of the 1st WA Conference held in Paris.255p.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé).1989.**Technical Report Série N°778.Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture, Rapport d'un Groupe Scientifique de l'OMS, Genève: OMS.74p.
- OMS. 1994.** Directives de qualité de l'eau de boisson, 2ème édition, Vol. Recommandations , OMS, Genève. 8-30p.
- OUALI M S. 2001.**Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, Alger.12-31p.
- PAINUSSTEIN, NEUHOS, FRESEINUS F et SCHNEIDER W .1991.**Technologie des eaux résiduaires : production, collecte, traitement et analyse des eaux résiduaires. Paris: Sorschungsin.1220p.
- PAULSRUD B et HARALDSEN S.1993.**Experiences with the Norwegian approval system for small wastewater.Agric.Water Manag,77p.
- PEUPOORTIER B. 2008.**Eco-conception des bâtiments et des quartiers .Paris : Ecoles des Mines .101p.
- PRESCOTT, HARLEY et KLEIN. 2007.**Microbiologie. 2^{ème} Edition de Boeck, Paris. 837-855p.
- RAMADE F. 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Edition science international, Paris. 689p.

- REJSEC F. 2002.** Les analyses des eaux .Tome II. France : Aspects réglementaires et technique.30p.
- RICHARD C. 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux : Edition Elsevier, Paris.32-54p.
- ROSE J-B., FARRAH S-R., HARWOOD V-J., LEVINE A-D., LUKASIK J., MENENDEZ P. and SCOTT T. 2004.** Reduction of Pathogens, Indicators Bacteria and Alternative Indicators by Wastewater Treatment and Reclamation Processes. WERF final report. IWA publishing. London, UK.
- REMINI B.2005.** La problématique de l'eau en Algérie : collection hydraulique et transport solide : Edition 2005.182p.
- Rodier J. 1984.** Analyse de l'eau: Eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. Ed. Dunod Bordas. Paris : 7^{ème} édition.1365p.
- RODIER J. 1996.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer.8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris. 1383p.
- RODIER J. 2005.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer.8^{ème} Edition DUNOD technique, Paris. 1383p.
- SANZ J-P., FREUND M. and HOTHER. S. 1996.** Nitrification and denitrification in continuous upflow filters process modelling and optimization. Wate Science and Technology, 34 : 441-448p.
- SALGHI R.2001.** Différentes filière de traitement de traitement des eaux : Edition Université IZ Rabat .22p.
- SATIN M et SELMI B ,1999.** Guide technique de l'assainissement : 2^{ème} édition Paris.Le moniteur. 680 p.
- SHUVAL H-I. 1991.** Parasitic disease and wastewater irrigation.In: sanitation in developing countries .Edition Oxfoam and the Ross Institute of Tropicale Hygiene,Chichester,John Wiley,Dacey A.215p.
- SEVRIN-REYSSAC J., DE LA NOÛE J., PROULX D. 1995.** Le recyclage du Lisier de porc par lagunage : Edition Technique et Documentation Lavoisier. 118p.
- SOMLYODY L., HENZE M., KONCSOS L., RAUCH W., REICHERT P., SHANAHAN P. and VANROLLEGHEM P. 2000.** River water quality modelling : III. The future of the art. Proceedings of the 1st Conference, held in Paris, 2000p.
- VALIRON F .1983.** La réutilisation des eaux usées .Paris : BRGM et Lavoisier technique et documentation .208p.

Références bibliographiques

VALLEE C., BILODEAU G et LANAUDIÈRE C-J. 1989. Les techniques de culture en multicellules .Canada : Institut Québécois du développement de l'horticulture ornementale. 394p.

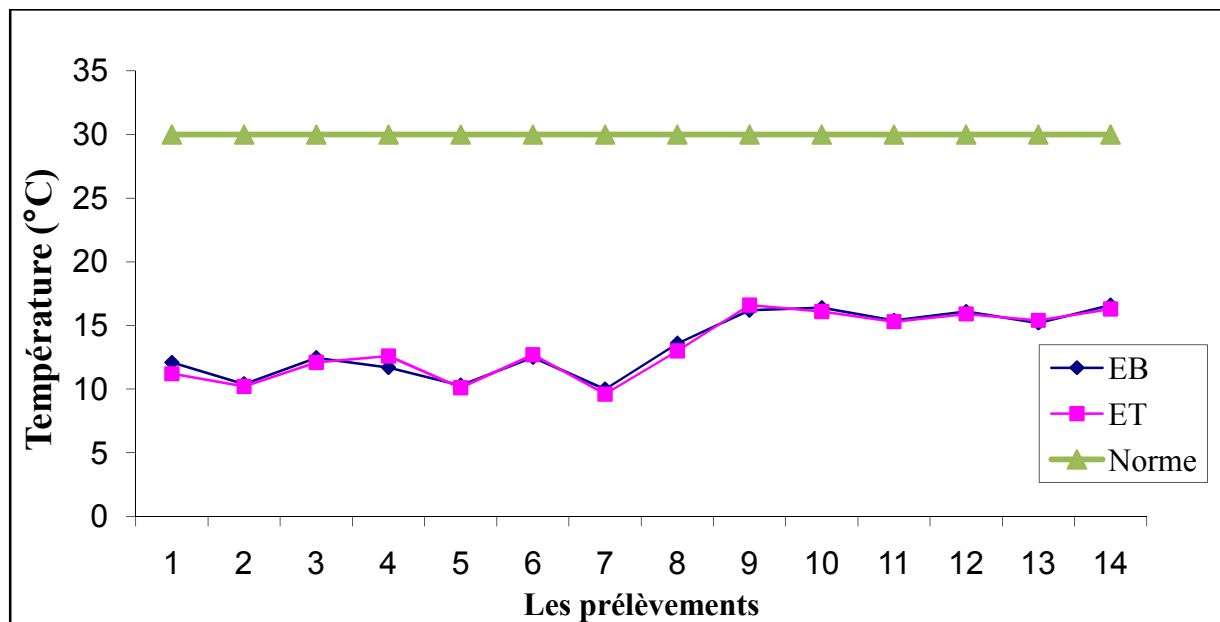
VILAGINES R. 2003. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition : Editions Tec&Doc.198p.

I. Paramètres physico-chimiques

Les différents paramètres physicochimiques sont présentés dans le tableau n° VI (annexe IV). Les normes des graphes pour les analyses physicochimiques par rapport les eaux épurées.

I.1 La température

Les températures des échantillons prélevés durant notre expérimentation sont représentées par le graphe n° 01.



Graphe n°1. Variation de la température suivant les étapes de traitement.

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique (**Rodier et al ,2005**).

D'après les résultats obtenus (Graphe n° 1), les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Les températures optimales pour l'eau brute sont respectivement de 10°C et de 16,6°. A la sortie de la STEP les mêmes températures ont été enregistrés à savoir 9,6°C et 16,6 °C. Ces températures avoisinent les températures ambiantes. Les températures de l'effluent traité restent toujours inférieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes, Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques. L'élévation de la température au cours du temps est influencée par la température atmosphérique. Elle s'accompagne d'une modification de la densité qui décroît lorsque la température croît, d'une réduction de la viscosité, Certains de ces effets peuvent avoir une action bénéfique, c'est ainsi que l'augmentation de la température

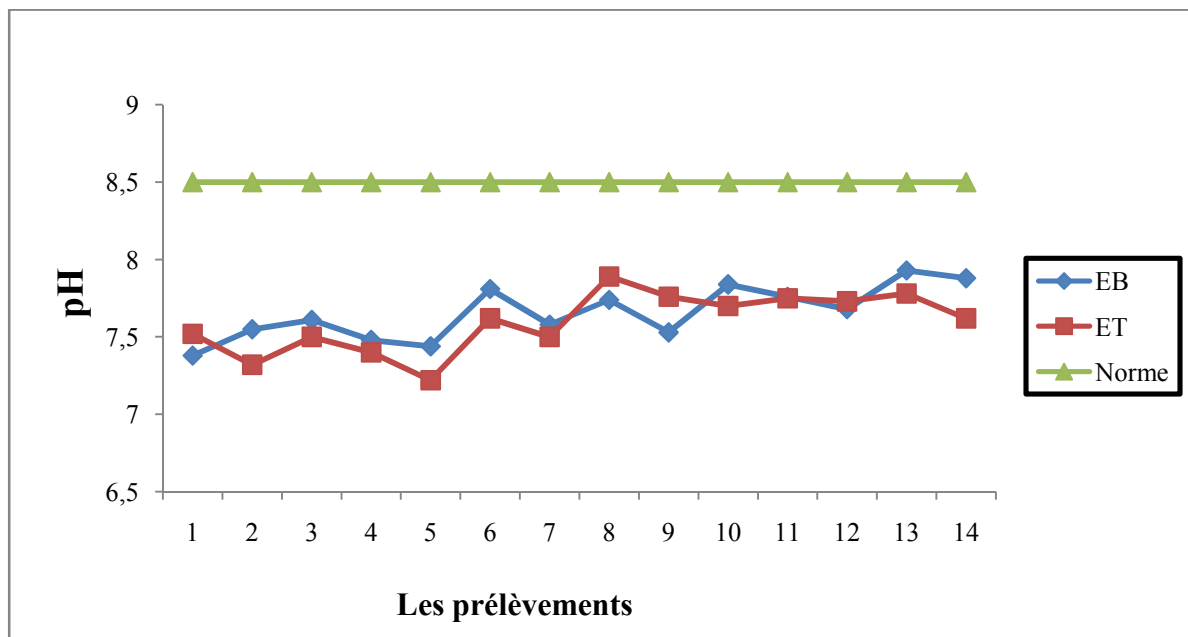
favorise l’auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui présente un intérêt dans les stations d’épuration.

Par ailleurs, les réactions chimiques et biochimiques s’accélèrent. Toutes ces réactions consomment de l’oxygène ; si leur fréquence augmente la teneur en oxygène dissous diminue, et il peut alors apparaître de l’hydrogène sulfuré, du méthane des chaînes partiellement oxydées, avec comme conséquence des odeurs désagréables ainsi que l’accroissement du développement des algues (RODIER. J., 1996).

La réglementation est très diversifiée à travers le monde, en Algérie, les normes de rejets des eaux usées en matière de température exigent une température de l’ordre de 30°C. Les valeurs de la température pour les différents échantillons sont inférieures aux normes (JORA.1993).

I.2. pH

Les valeurs du pH des différents échantillons analysés sont regroupées dans le graphe suivant :



Graph n°2 . Variation du pH suivant les étapes de traitement.

Selon Rodier *et al* (2005), le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d’une eau. Il intervient dans des phénomènes complexes avec d’autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l’alcalinité et la température.

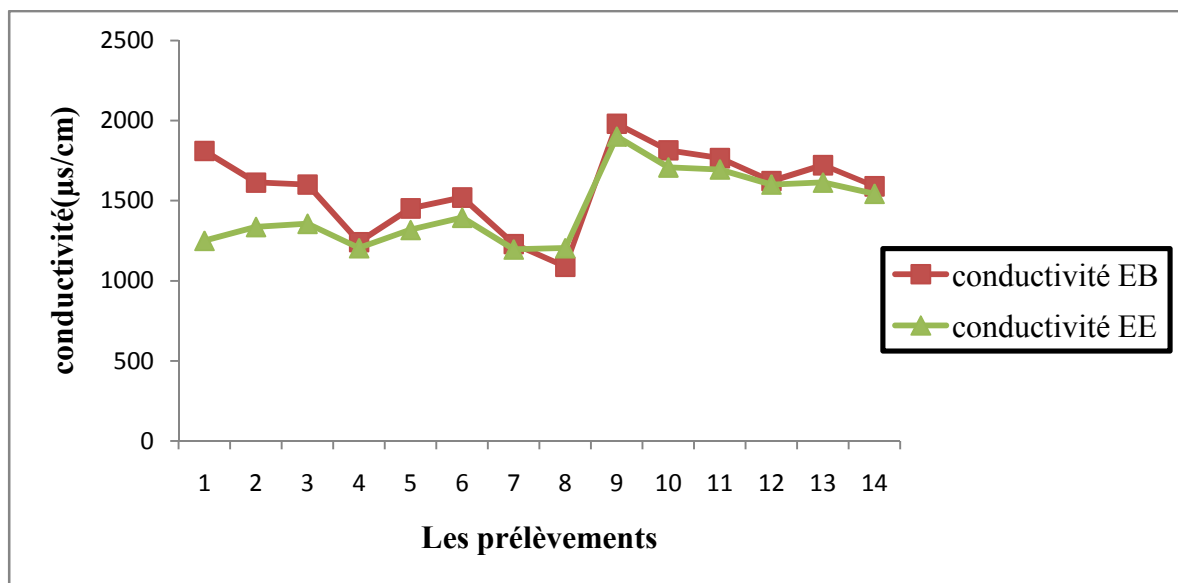
Une eau usée urbaine possède un pouvoir tampon élevé. Les valeurs de pH (graphe n°2) des eaux usées de la STEP avant traitement sont comprises entre 7,38 et 7,93 avec une moyenne de 7,65 qui est une caractéristique des eaux résiduaires, dont le pH est souvent de l’ordre de 7.5 à 8,5 le plus favorable à l’action bactérienne, pour les processus d’épuration aérobie et anaérobie. (FRANCK, 2002).

D'après SEVRIN REYSSAC *et al* (1995), le pH alcalin et la température modérée constituent des conditions de milieu idéales pour la prolifération des microorganismes qui établissent un parfait équilibre biologique, permettant la dégradation de la matière organique ce qui conduit à la décontamination de l'eau.

En ce qui concerne les eaux traitées, le pH est toujours inférieur à celui enregistré à l'entrée. Les valeurs gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers des valeurs basiques, elles varient entre 7,22 et 7,89 avec une moyenne de 7,59 (graphe n°2), respectant la norme de rejet délimitée entre 6,5 et 8,5 (JORA, 1993).

I.3 Conductivité électrique

Le graphe n°03 regroupe l'ensemble des résultats trouvés pour la conductivité électrique.



Graphe n°3. La conductivité des différents échantillons.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Les valeurs de la conductivité électrique, se situent dans un intervalle de 1088 à 1980 µs/cm (Graphe n°3) à l'entrée et de 1196 à 1900 µs/cm, enregistrées à la sortie. Ces valeurs sont en fonction de la minéralisation naturelle de l'eau et celle à usage domestique, utilisées au niveau de la STEP.

Ces valeurs de conductivité électrique élevées traduisent selon (GAUJOUS, 1995) une minéralisation importante et indiquent ainsi une certaine richesse en sels.

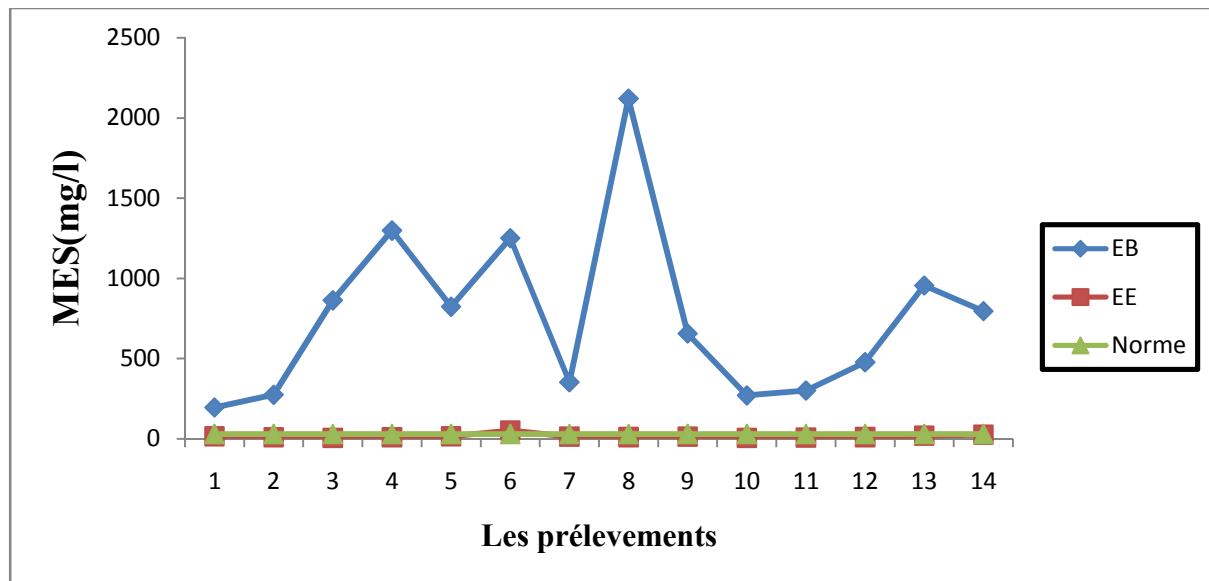
La diminution des valeurs moyennes de l'entrée vers la sortie au niveau de la station d'épuration est due principalement au traitement non biologique effectué sur l'eau usée.

Il faut noter également que les traitements physiques ou biologiques n'ont qu'une faible incidence sur ce paramètre et que sa valeur varie peu entre l'eau brute et l'eau traitée.

(FRANCK, 2002).

I.4. Matières en suspension (MES)

La teneur en matière en suspension des différents échantillons est représentée par le graphe n°04 :



Graphique N°4. Teneur en MES des différents échantillons

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable (FAO, 2003). Selon RODIER (2005), les matières interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. Les argiles et les particules organiques ont une large surface d'adsorption qui constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et épurées. Elles se situent entre 195 mg/l et 2120 mg/l avec une moyenne de 759,07 mg/l (graphe n° 4) pour les eaux brutes, ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet.

En ce qui concerne les eaux épurées, le taux des MES varie entre 4,5 mg/l et 50,5 mg/l (graphe n°4) correspondant à un taux d'abattement de 98% (figure n°27), ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables, avec une moyenne de 14,18 mg/l. Cette valeur reste inférieure à la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle du journal officiel algérien limitée à 40 mg/l (JORA.1993).

La présence de matière en suspension dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Cependant, l'expérience montre que le maintien d'une concentration importante en matière en suspension dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes (FAO, 2003).

Enfin, une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que l'obturation des systèmes d'irrigation (BELAID, 2010).

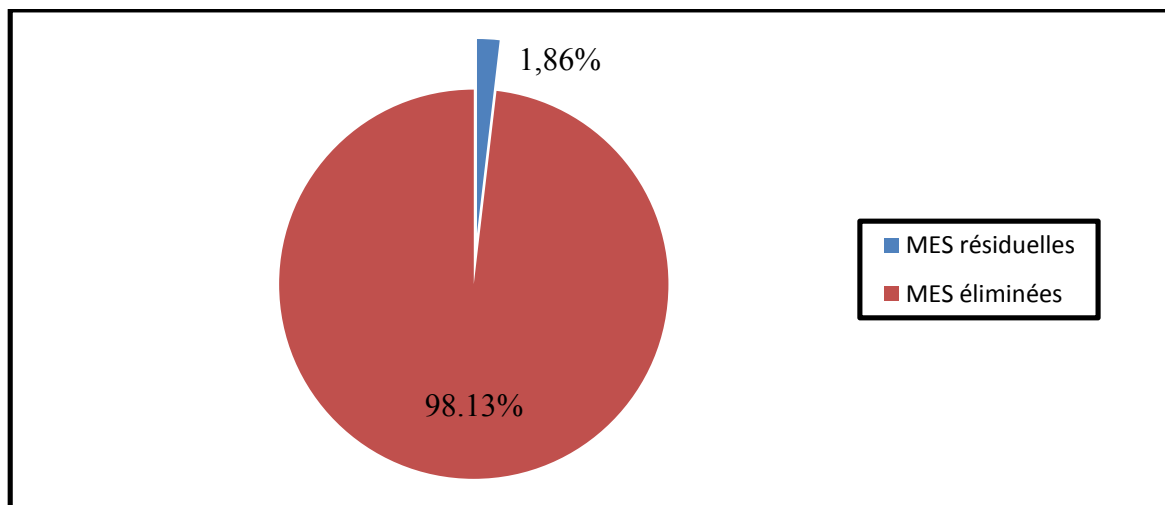
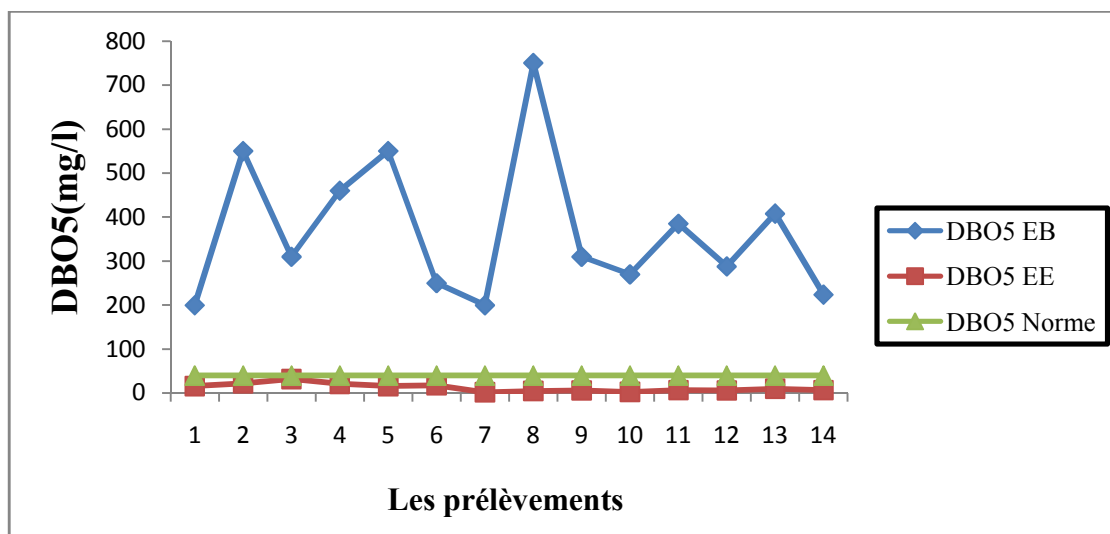


Figure n° 27. Rendement de l'élimination des MES

I.5 Paramètres de la pollution organique

I.5.1. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de DBO₅ pour l'ensemble des échantillons analysés sont représentées par le graphe 5.



Graphe n°5. La DBO₅ des différents échantillons.

Les valeurs de la DBO_5 se situent entre 198 et 800 mg/l pour les eaux brutes et entre 2 et 32 mg/l pour les eaux épurées (Graphe n° 5).

Les variations de DBO_5 enregistrées s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la STEP (urbaine ou industrielle). Cependant, les teneurs en matière organique exprimées par la DBO_5 des eaux épurées enregistrent des chutes très importantes pour atteindre une valeur moyenne de 12,21 mg/l. Ces diminutions représentent des taux d'abattements très satisfaisants 97% (figure n° 28). L'augmentation des concentrations de la DBO_5 de l'eau brute et traitée est en relation avec la charge en matières organiques biodégradable, d'après **BLIEFERT et PERRAUD (2001)**, elle est associée au développement et l'abondance bactérienne et une diminution de la teneur en oxygène suite à la consommation de ce dernier par les microorganismes. Ces valeurs sont en conformité avec les normes algériennes ($< 40 \text{ mg O}_2/\text{l}$), et celles de la communauté européenne ($< 30 \text{ mg O}_2/\text{l}$).

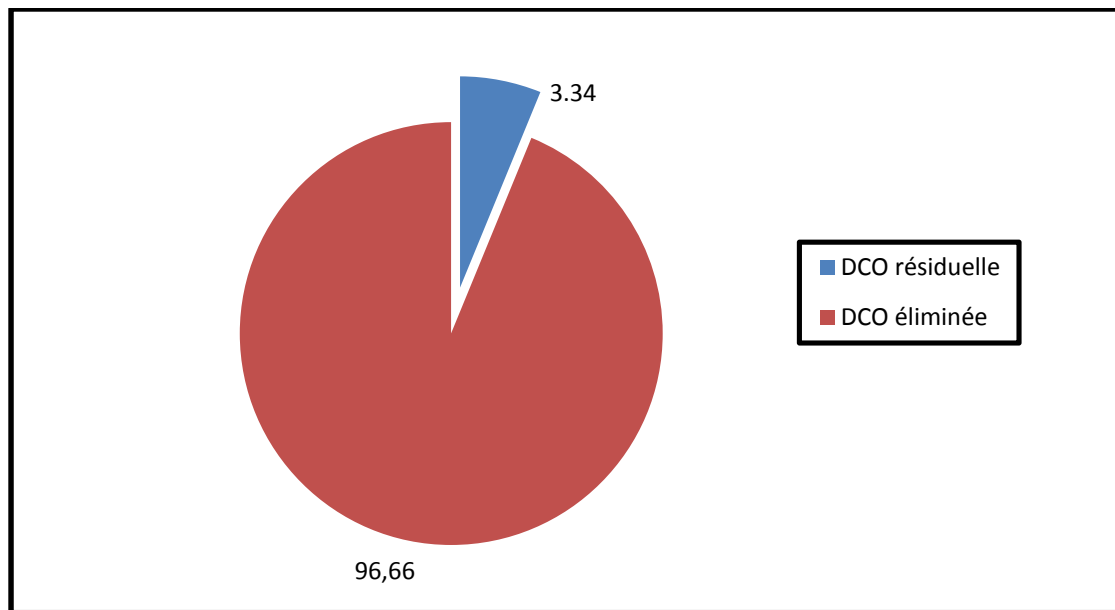
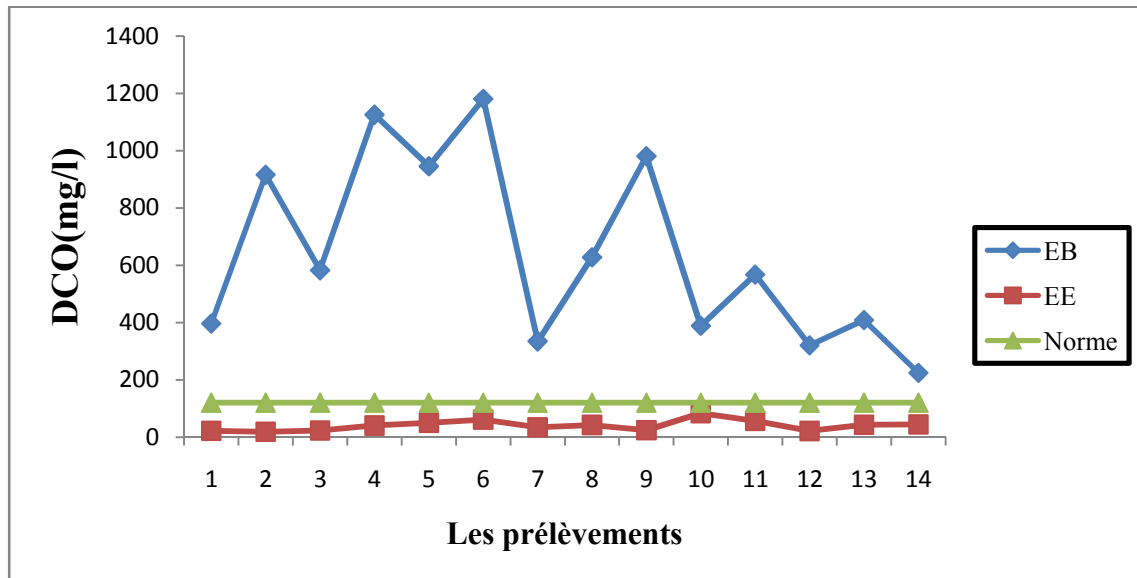


Figure n°28. Rendement d'élimination de la DBO_5 .

I.5.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Le graphe ci-joint représente les résultats de la demande chimique en oxygène pour les différents échantillons analysés.



Graphique n°6. Résultats de la DCO des différents échantillons.

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute varient entre 224 mg O₂/l et 1180 mg O₂/l avec une moyenne de 642,21 mg O₂/l.

Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute. Elles varient entre 18,2 mg O₂/l et 83 mgO₂/l soit un taux d'abattement moyen de 94 % (figure n°29). Par ailleurs, une DCO moyenne de 39,86 mg O₂/l, obtenue à la sortie, répond aux normes algériennes de rejets (<120 mg O₂/l) et à celles de la communauté européenne (<125 mg O₂/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<90 mg O₂/l) et même des eaux destinées à l'irrigation (< 40 mg O₂/l). Le rendement épuratoire de la DCO est supérieurs à ceux déterminés comme des rendements minimaux par **REJESK (2002)**, avec des taux de **93,8%** pour la DCO (Figure n° 29) (Annexe V).

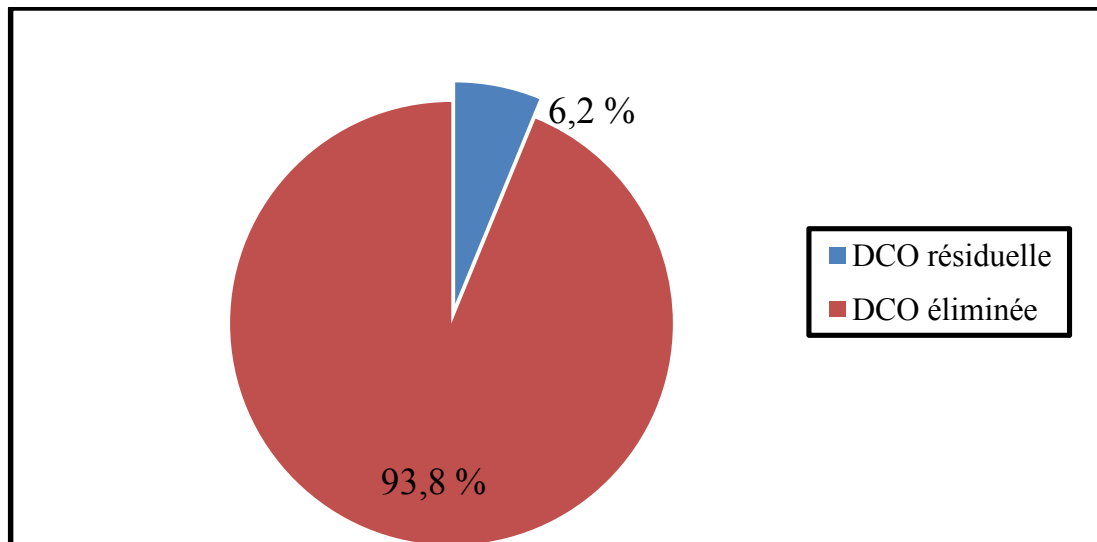
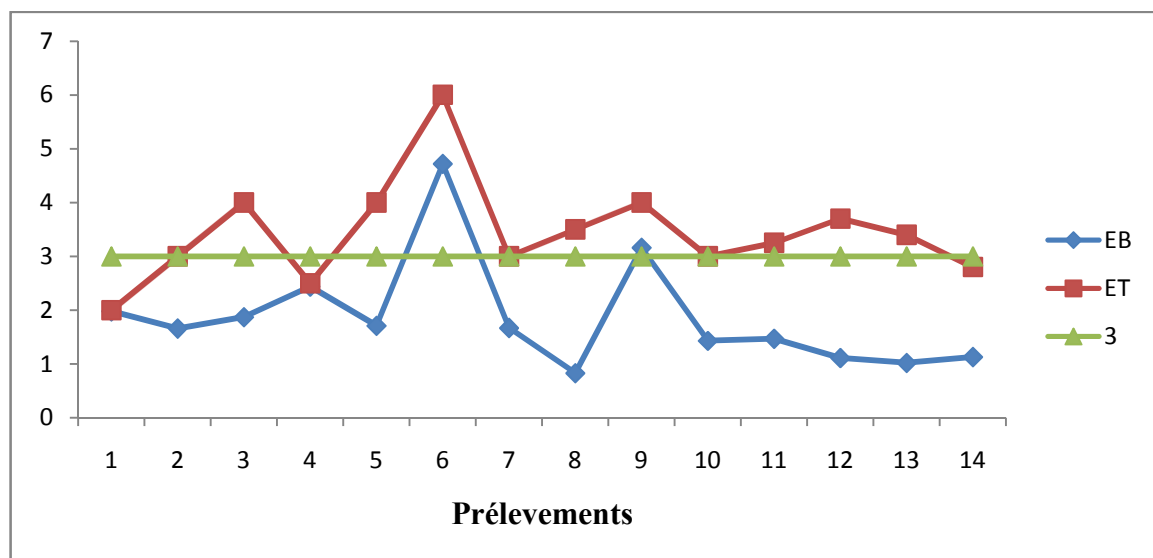


Figure n °29. Rendement d'élimination de la DCO.

I.5.3. Rapport de biodégradabilité (DCO /DBO₅)

Le graphe ci-joint représente les résultats de rapport DCO/DBO₅ pour les différents échantillons analysés.



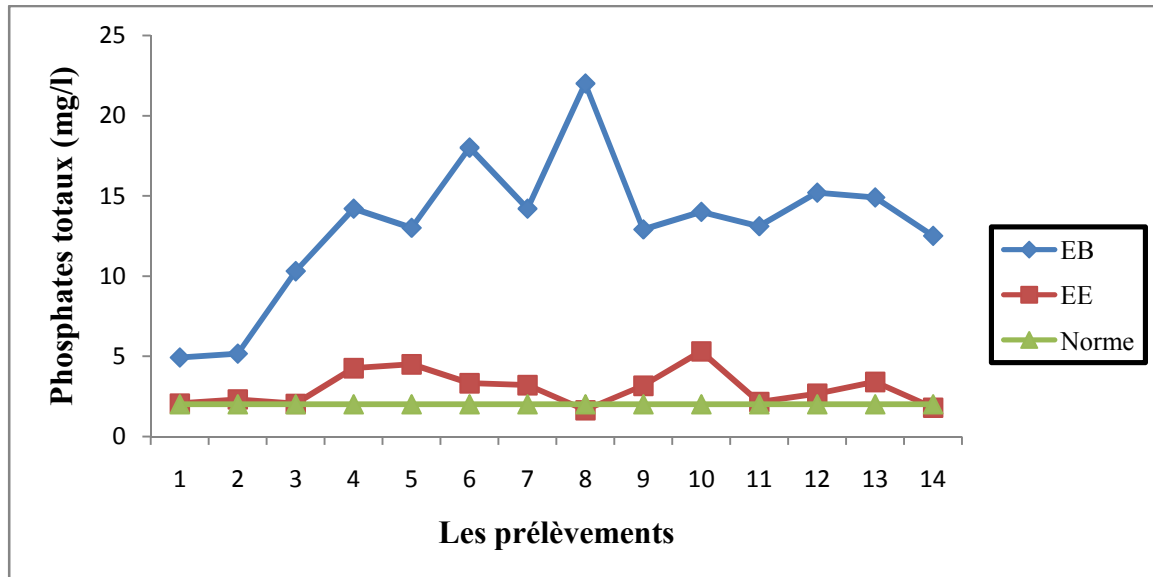
Graphe n°7. Variation de rapport DCO/DBO₅

Les résultats relatifs au rapport de biodégradabilité (graphe n° 7) montrent :

Que la moyenne des rapports de biodégradabilité de l'eau brute, dont la valeur est de 1,87, est inférieure à 3 indiquant selon **CARDOT (1999)** que l'effluent a une bonne biodégradabilité.

I.6. phosphate total

Les résultats relatifs au teneur de phosphore dans les différents échantillons analysés sont regroupés dans le graphe suivant :



Graph N °8. Concentration en phosphore sous forme de phosphates des différents échantillons.

Les phosphates favorisent la prolifération algale et pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs (**DEGREMONT ,2005 ; MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE.H, 2005**).

Les résultats trouvés montrent que la teneur en phosphate est plus importante dans l'eau brute. Un maximum de 22 mg/l a été enregistrée pour le 8^{ème} échantillon. Ces teneurs décroît à la sortie de la STEP pour atteindre une valeur moyenne de 1,64 mg/l (graphe n°8). Les phosphates font partie des anions fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Rodier.1984**).

On remarque que les résultats obtenus ne sont pas totalement conformes aux normes (<2mg /l) sauf pour les prélèvements (8) et (14) dont les valeurs sont de 1,64 mg/l et de 1,8 mg /l respectivement.

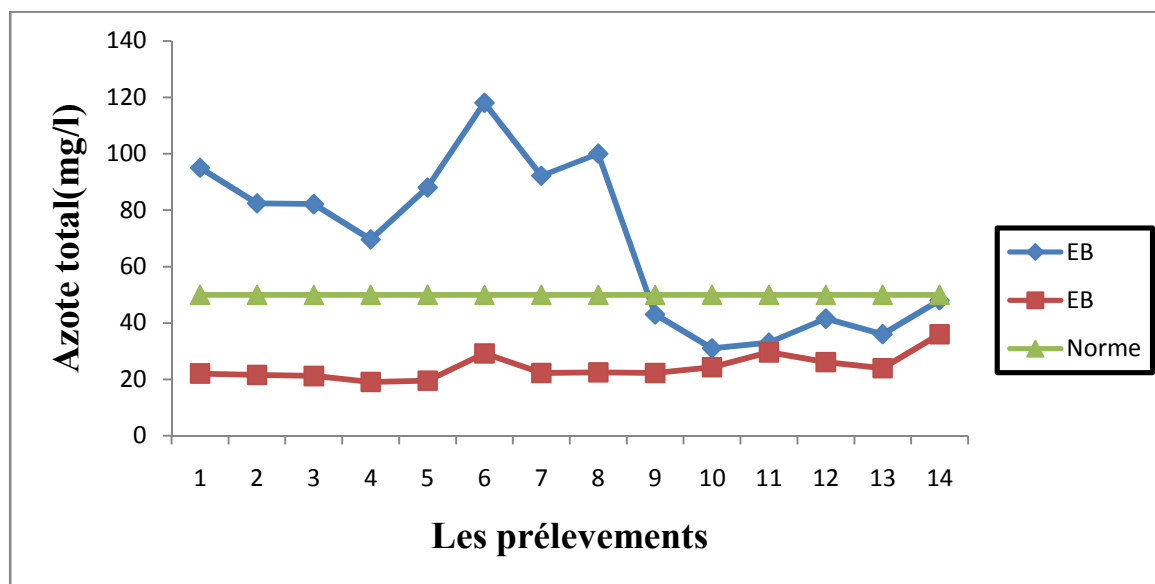
Ces résultats indiquent que le traitement biologique par boues activées n'a pas un effet significatif sur l'élimination des phosphates. Selon **REJESK (2002)**, il devra mis en place un traitement physicochimique qui permet la précipitation des phosphates ou bien un traitement biologique par l'ajout d'une zone d'anaérobie en tête de la STEP afin de limiter ce phénomène et garder l'équilibre de l'écosystème.

I.7. Paramètres de la pollution azotée

L'azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique (Norg), azote ammoniacal (ammoniac NH_3 , ion ammonium NH_4^+), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) (KOLLER, 2004).

I.7.1. Azote total

Les teneurs en azote total des différents échantillons sont représentés par le graphe 9.



Graphe n°9. Les teneurs en azote total.

D'après le graphe n° 9, les valeurs de l'azote total à l'entrée sont comprises entre 31 mg/l et 118 mg/l, alors qu'à la sortie, les valeurs sont comprises entre 19,1 et 36 mg/l.

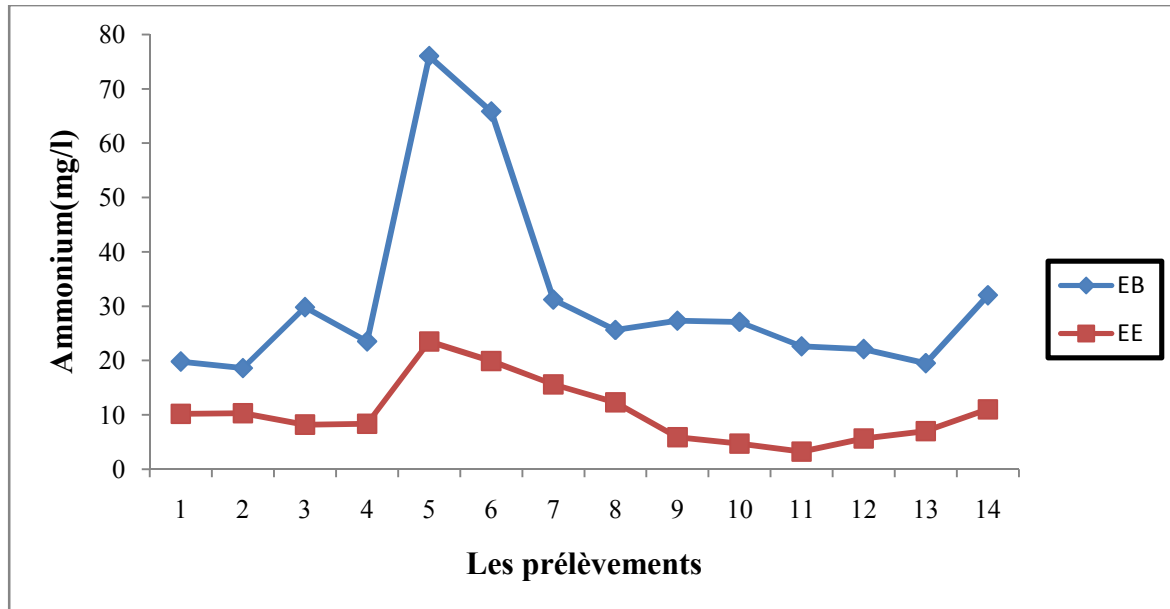
Les valeurs de l'eau traitée sont inférieures à 50 mg/l et par conséquent ils répondent aux normes.

L'élimination biologique de l'azote se réalise en deux phases successives qui sont la nitrification et la dénitrification, antagonistes du point de vue de l'oxygène.

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

I.7.2. Azote ammoniacal

Au niveau de la station d'épuration on note que les teneurs en azote ammoniacal diminuent de l'entrée (18,6-76) mg/l vers la sortie (3,25-23,5) mg/l (graphe n° 10).



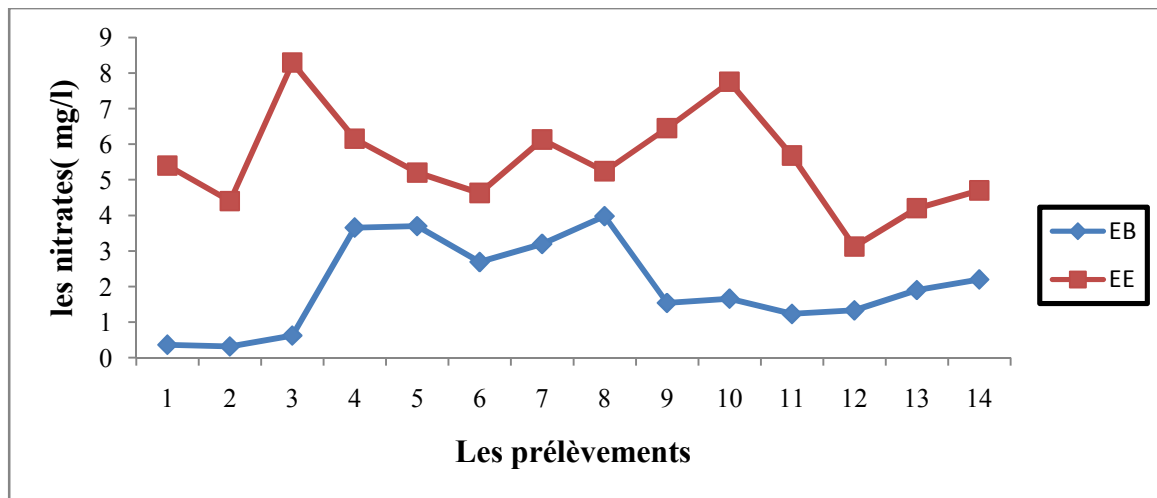
Graphique n°10. Résultats de l'azote ammoniacal.

D'après **NISBET et VERNAUX (1970)**, l'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau usée avant le traitement.

La baisse des teneurs en azote ammoniacal au niveau de la station d'épuration de l'entrée vers la sortie est due au processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en NH_4^+ . Cette baisse est mise en œuvre par une réaction chimique dite nitrification autotrophique qui fait appel à des bactéries nitrifiantes (ex : *Nitrosomonas europaea*; *Nitrobacter*), et cette nitrification présente un grand intérêt en raison de la moindre toxicité de la forme nitrique par rapport aux formes ammoniacales et nitreuses. Les normes exigent des teneurs < 3 mg/l.

I.7.3. Nitrates

Les valeurs des nitrates obtenues après analyses, varient entre 0,316 mg/l et 3,98 mg/l à l'entrée et de 3,125mg/l à 8,29 mg/l à la sortie au rejet, avec une valeur moyenne de 5,52 (graphe n° 11).

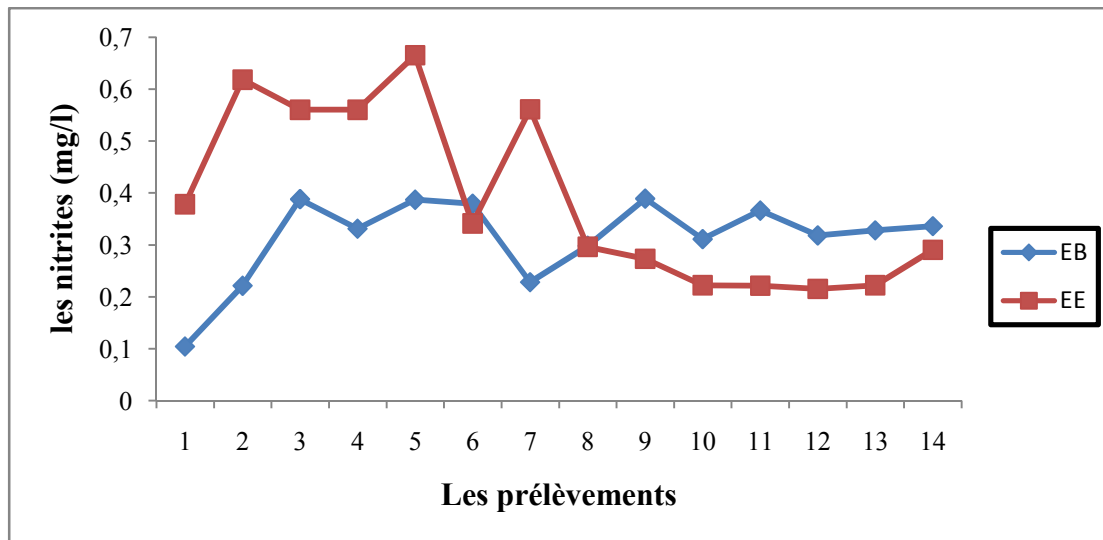


Graphe n°11. Teneurs en nitrate des différents échantillons.

On constate que les taux de nitrates ont augmenté considérablement au niveau des eaux épurées par rapport aux eaux brutes (Graphe n°11). Les faibles teneurs en nitrates au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine humaine. On estime environ 13g/jour d'azote rejeté par un être humain adulte, sous forme essentiellement organique, présent dans l'urine (CHOCAT ; 1997). C'est donc sous les formes organiques et ammoniacales que l'azote est présent dans les eaux usées que devront traiter les stations d'épuration. Ainsi, le transfert dans l'égout, véritable réacteur biologique, entraîne la réduction de ces nitrates, essentiellement en azote gazeux (CHOUBERT, 2002).

I.7.4. Nitrites

Les résultats des teneurs en nitrites sont représentés par le graphe suivant :



Graphe n°12. Teneur en nitrites.

On remarque que la teneur en nitrites des eaux (brutes et traitées) est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0,104 mg/l et 0,389 mg/l au niveau des eaux brutes (Graphe n°12). Ceci est fonction de la qualité d'eau usée. Les valeurs après traitement varient de 0,215 mg/l à 0,665 mg/l. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque où la nitrification n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante à des températures élevées, cette dernière joue un rôle important pour le fonctionnement du système de traitement (**CHUBERT, 2002**). Une valeur de 0,290 mg/l a été enregistrée pour le dernier prélèvement (graphe n° 12) ceci est probablement liée à la température relativement élevée au mois de Mai. Les travaux de **SANZ et al, (1996)** montrent qu'il existe des changements de l'activité de la biomasse autotrophe nitrifiante sous l'effet des variations de la température, ce qui influence le taux de nitrification.

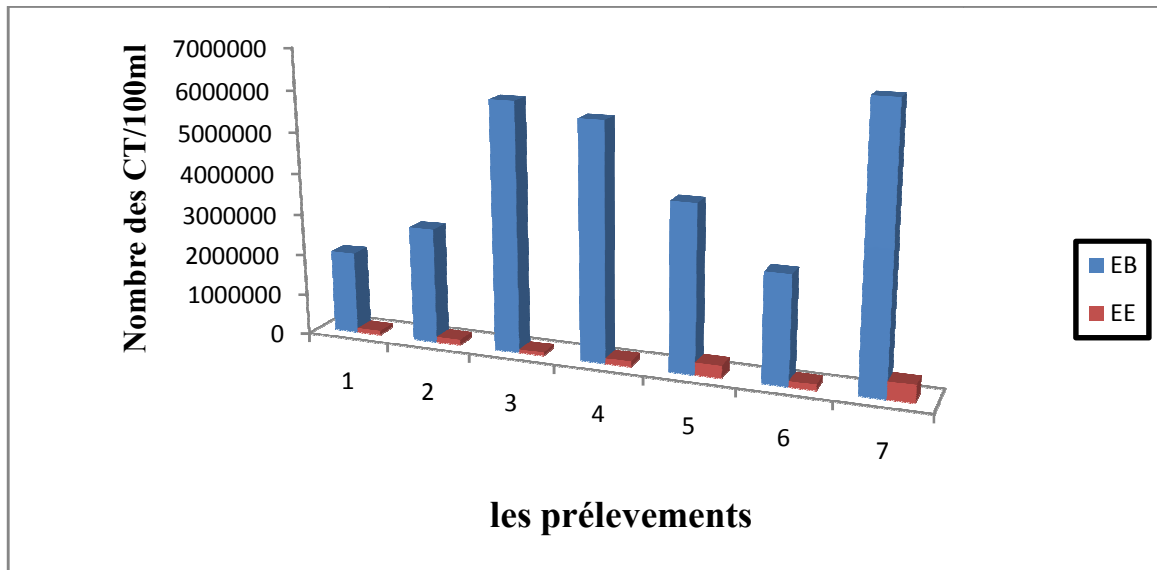
II. Paramètres microbiologiques.

II.1 Paramètres bactériologiques

La nature de la population microbienne est très variée dans les eaux usées (**RODIER, 2005**). Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale (**GAUJOUS, 1995**). Les résultats des analyses bactériologiques sont représentés dans le tableau VII (voir annexe V).

II.1.1. Coliformes totaux

Les résultats des coliformes avant et après le traitement est représenté par le graphe n°13.



Graphe n°13. Nombre des coliformes totaux avant et après épuration.

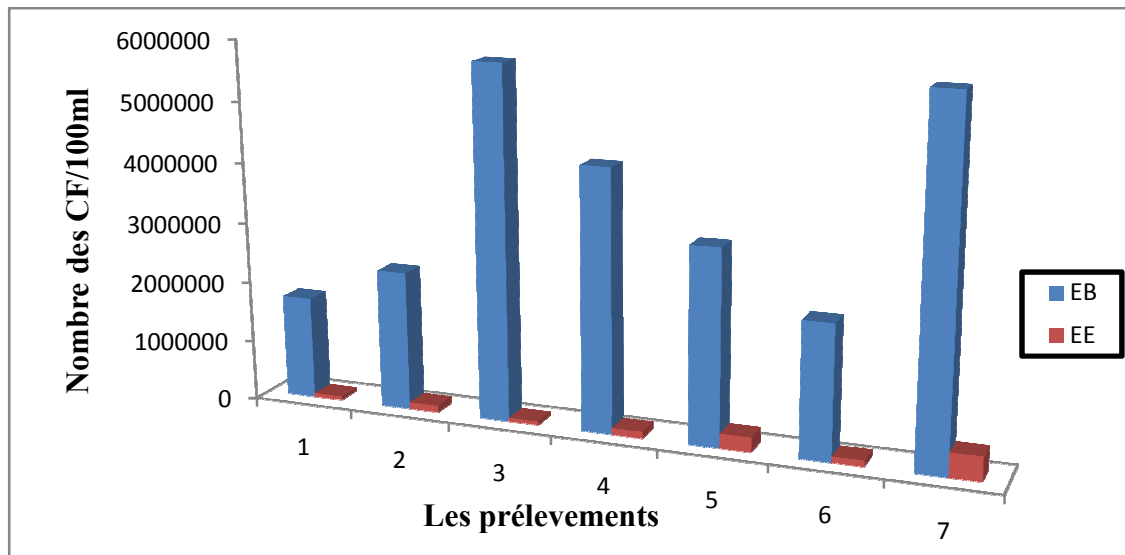
Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. (ARCHIBALD, 2000; CEAEQ, 2000; EDBERG *et al.*, 2000).

D'après le graphe n° 13, les valeurs enregistrées varient entre 20×10^5 et 66×10^5 germes par 100 ml à l'entrée de la STEP. A la sortie on remarque une réduction du nombre de coliformes totaux jusqu'à une valeur qui ne dépasse pas 42×10^4 germes par 100 ml.

Les valeurs trouvés sont proches à celles obtenues par SATIN et SELMI (1999), qui on déduit que le nombre des coliformes totaux dans les usées varie entre 770×10^3 à 200×10^6 /100 ml.

II.1.2. Coliformes fécaux

D'après le graphe n° 14 le nombre de CF ne dépassent pas 17×10^5 germes par 100 ml pour les eaux brutes et 6×10^4 germes par 100 ml à la sortie de la STEP.

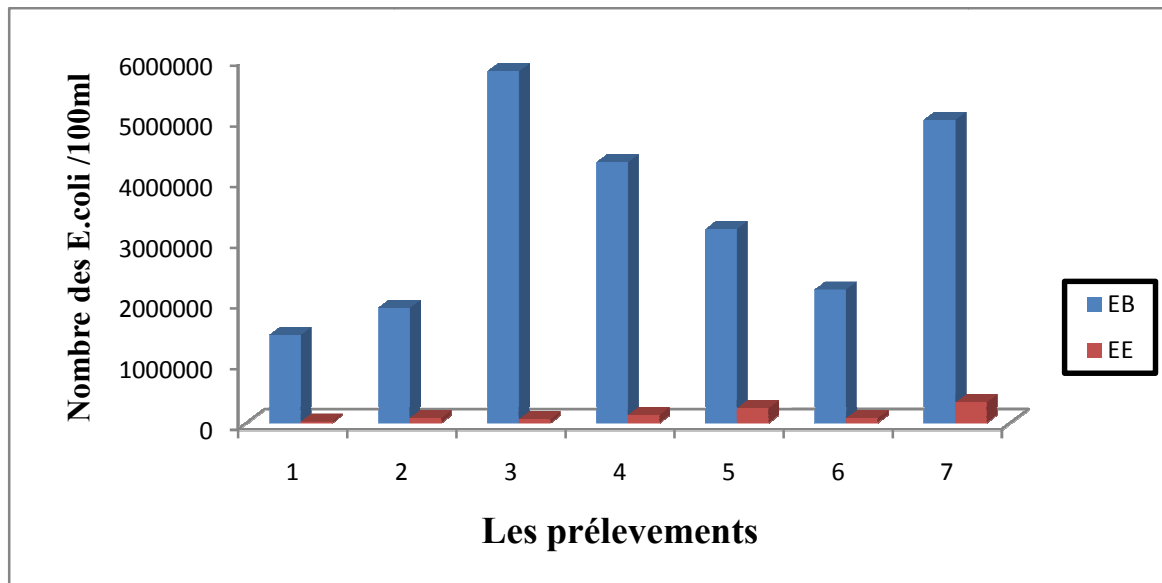


Graphe n° 14. Nombre du CF avant et après épuration.

Les CF constituent un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Les CF sont les plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiella*, des *Enterobacter* et des *Citrobacter*. Certains auteurs ont rapporté la présence de ces espèces dans des eaux sans qu'aucune contamination fécale ne soit suspectée (BAUDIZSOVA, 1997; MC LELLAN *et al*, 2001; GAUTHIER et ARCHIBALD, 2001). La présence de coliformes, résulte de leur abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et constituent des Indicateurs fécaux de première importance (DUPRAY DERRIEN, 1995).

- **Escherichia coli**

D'après le graphe n° 15, le nombre d'E. Coli varie entre $14,5 \times 10^5$ et 58×10^5 germes par 100 ml dans les eaux brutes. Les valeurs à la sortie ne dépassent pas 34×10^4 germes par 100ml. Ces valeurs conformes aux normes de rejet dont le nombre se situe entre 10^3 et 10^6 germes par 100ml.



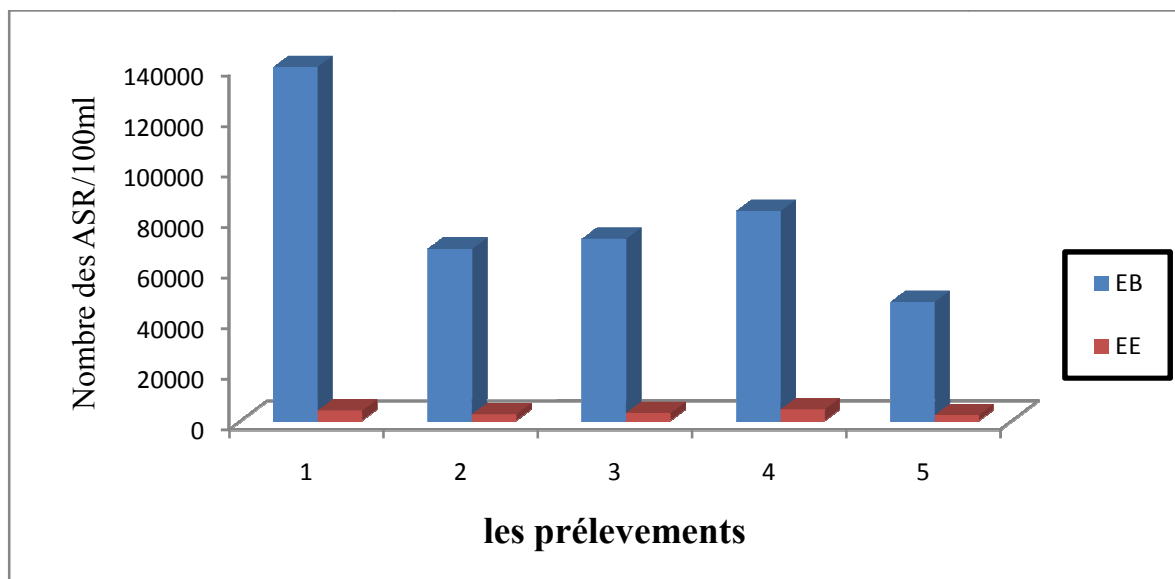
Graphe n° 15. Nombre des E. coli avant et après épuration.

Ces valeurs sont comparables à celles obtenues par **DEGREMENT (2005)**, qui estime que dans 100 ml d'eau résiduaire urbaine le dénombrement d'*E. coli* est le plus souvent supérieur à 10^6 germes par 100 ml.

De nombreuses études ont montré que *Escherichia coli* été généralement associé à une source fécale (BEJ et al, 1991 ; EDBERG et al., 2000). Aujourd'hui, *Escherichia coli* est considéré comme le meilleur indicateur d'une contamination récente du milieu aquatique par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud (EDBERG et al, 2000).

II.1.3. Clostridium sulfito- réducteurs (ASR)

Les variations du nombre des ASR avant et après traitement représentés par le graphe 16.



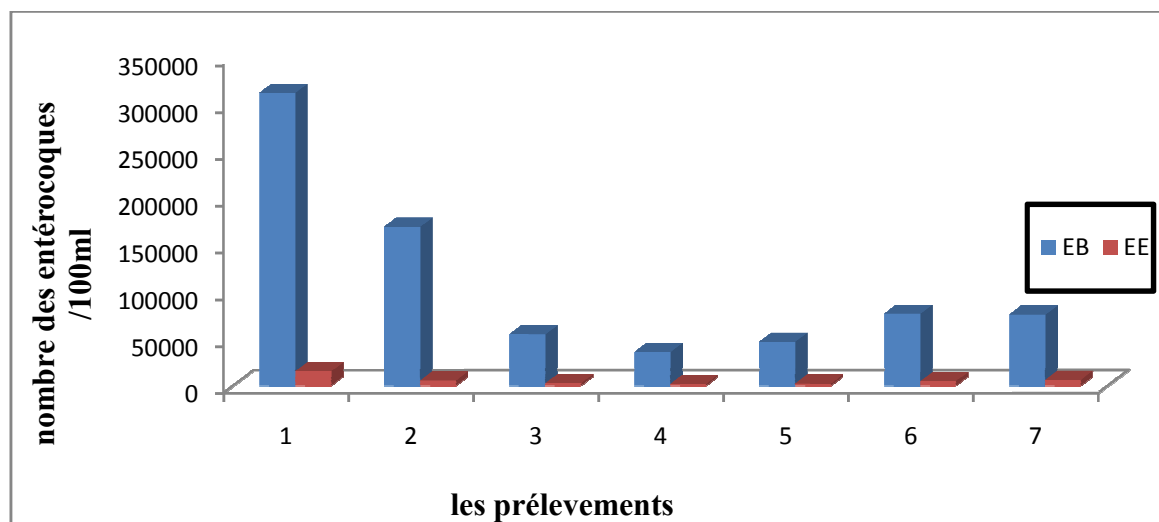
Graphe n° 16. Nombre des ASR avant et après épuration

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude (graphe n° 16) révèlent une réduction importante des ASR entre les eaux brutes et traitées et une absence des ASR dans les trois derniers prélèvements. Elles se situent entre 68×10^4 et 140×10^4 germes par 100 ml (graphe n° 16) pour les eaux brutes. Dans l'eau épurée les résultats varient entre 25×10^3 et 44×10^3 germes par 100/ml.

Il faut noter que les spores de clostridies contiennent des bacilles à Gram positif, anaérobie, sporogène, se rencontre normalement dans les matières fécales humaines et animales ; ses spores peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois, elles ne seraient pas toujours inactivées par le chlore et par les rayons ultraviolets (RICHARD, 1996).

II.1.4. Entérocoques (Streptocoques fécaux)

D'après le graphe n° 17, les valeurs enregistrées varient entre 63×10^3 et 313×10^3 germes par 100 ml à l'entrée de la STEP. A la sortie on remarque une réduction du nombre des entérocoques et qui varie entre 20×10^2 et 156×10^2 germes par 100 ml.

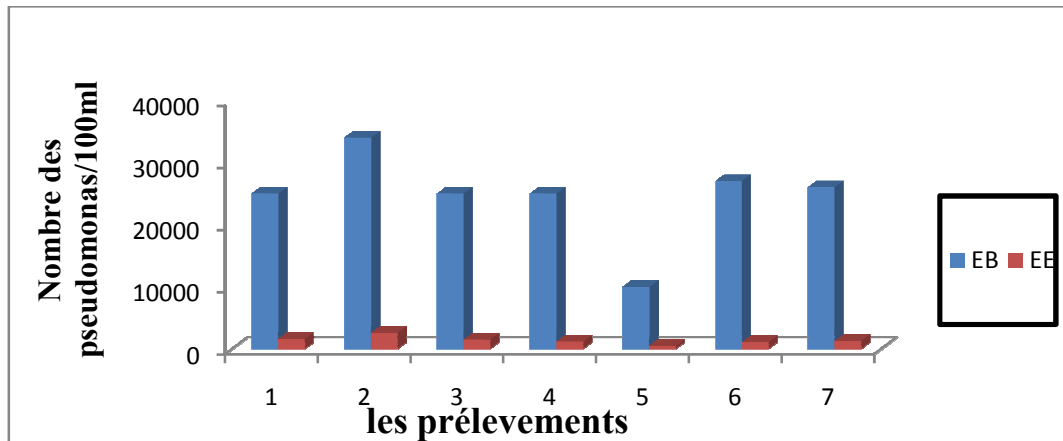


Graphe n°17. Nombre des entérocoques avant et après épuration.

Les valeurs trouvées sont conformes aux normes recommandées par l'OMS 2006. Les coliformes totaux et fécaux ont été pour longtemps les principaux indicateurs de contamination fécale mais aujourd'hui, *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux sont reconnus comme plus appropriés et proposés pour remplacer les coliformes dans certaines normes de qualité microbiologique des eaux. Il est cependant important de comprendre les potentialités et les limites de ces différents indicateurs (EDBERG et al, 2000). On remarque que le nombre de entérocoques est supérieur à celles des autres bactéries donc la persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (CLAUSEN, 1977).

II.1.5. *Pseudomonas aeruginosa*

D'après le graphe n° 18, les valeurs enregistrées varient entre 10×10^3 et 34×10^3 germes par 100 ml à l'entrée de la STEP. A la sortie on remarque une réduction du nombre des entérocoques qui varient entre 5×10^2 et 26×10^2 germes par 100 ml.

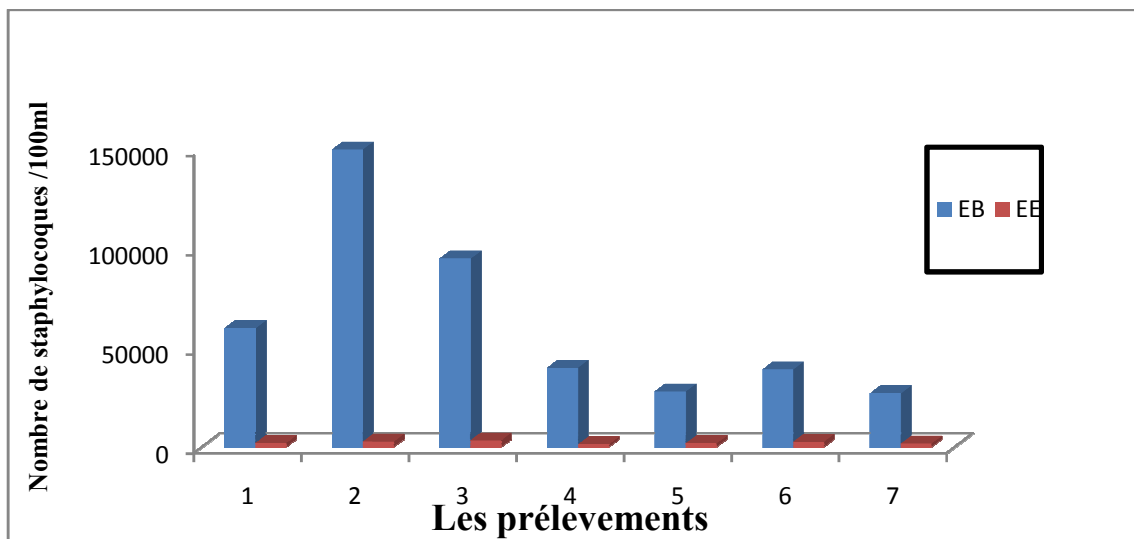


Graph 18. Nombre des Pseudomonas avant et après le traitement.

II.1.6. Les germes pathogènes

A. Staphylocoque à coagulase positive

D'après le graphe n° 19, les valeurs enregistrées varient entre 28×10^3 et 150×10^3 germes par 100 ml à l'entrée de la STEP. A la sortie on remarque une réduction du nombre des staphylocoques qui varient entre 14×10^2 et 33×10^2 germes par 100 ml.



Graph 19. Nombre de staphylocoques.

Cette présence de staphylocoques a été mentionnée par (EDBERG et al, 2000). Ils ont répertorié la présence de nombreuses bactéries : Pseudomonas Staphylocoques, Mycobacterium...etc...

B. Salmonelles et Vibrions cholériques

Durant la période d'étude, ils n'ont pas été détectés les salmonelles et les vibrions dans la STEP, malgré la présence des eaux usées d'origine industrielle.

De nombreux organismes pathogènes comme les salmonelles et vibrions, tant pour l'homme que pour les animaux, sont excrétés dans les matières fécales des individus infectés ou porteurs sains (JONES *et al.*, 1976). Ces germes peuvent dès lors être rencontrés dans les eaux usées municipales et industrielles et finalement se retrouver dans les boues de stations d'épuration (De ZUTTER et VAN HOOFF, 1980).

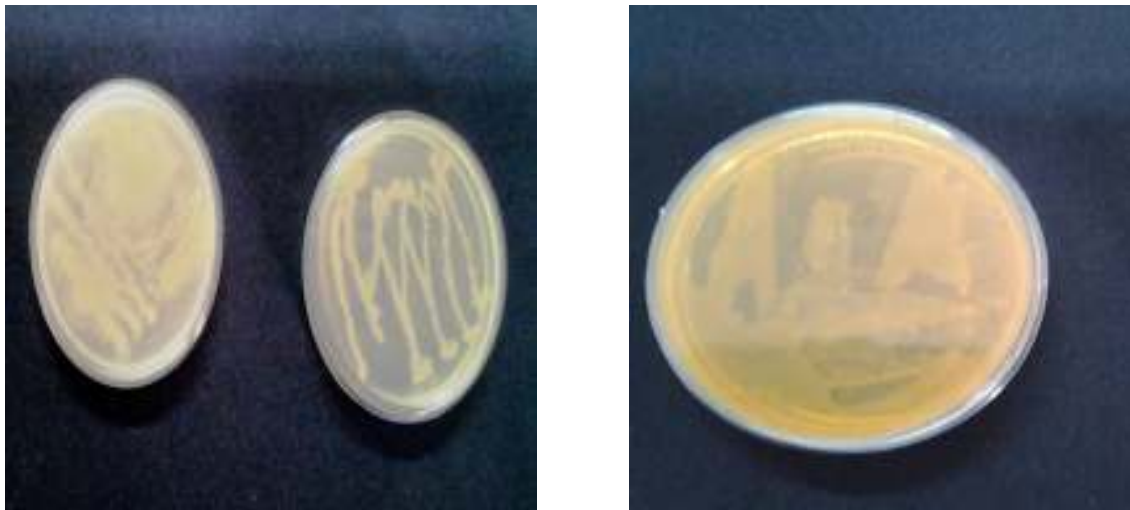


Fig. n° 30. Absence de vibrions sur GNAB. **Fig.31 :** Absence de salmonelles sur Hectoen.

(Photos originales)

II.1.7. Rendement des paramètres microbiologique

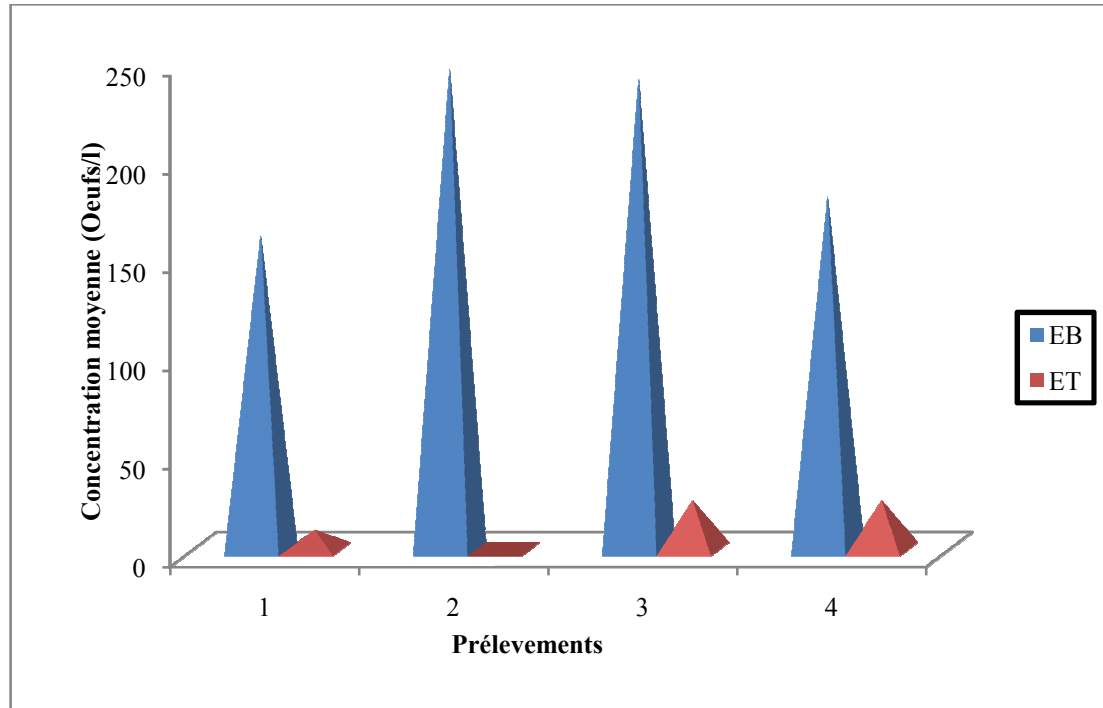
Les résultats des rendements épuratoires sont portés dans le tableau n°XIII (annexe V).

Le système le plus efficace pour le traitement des eaux de la STEP est l'utilisation des boues activées entraînant une réduction de 90% à 99% protozoaires et helminthes et de 90 à 99% des bactéries. (SHUVAL, 1991)

Les rendements épuratoires des paramètres microbiologiques de la STEP ont montré un taux d'abattement très significatif supérieur à 90%.

II.2. Parasitologie

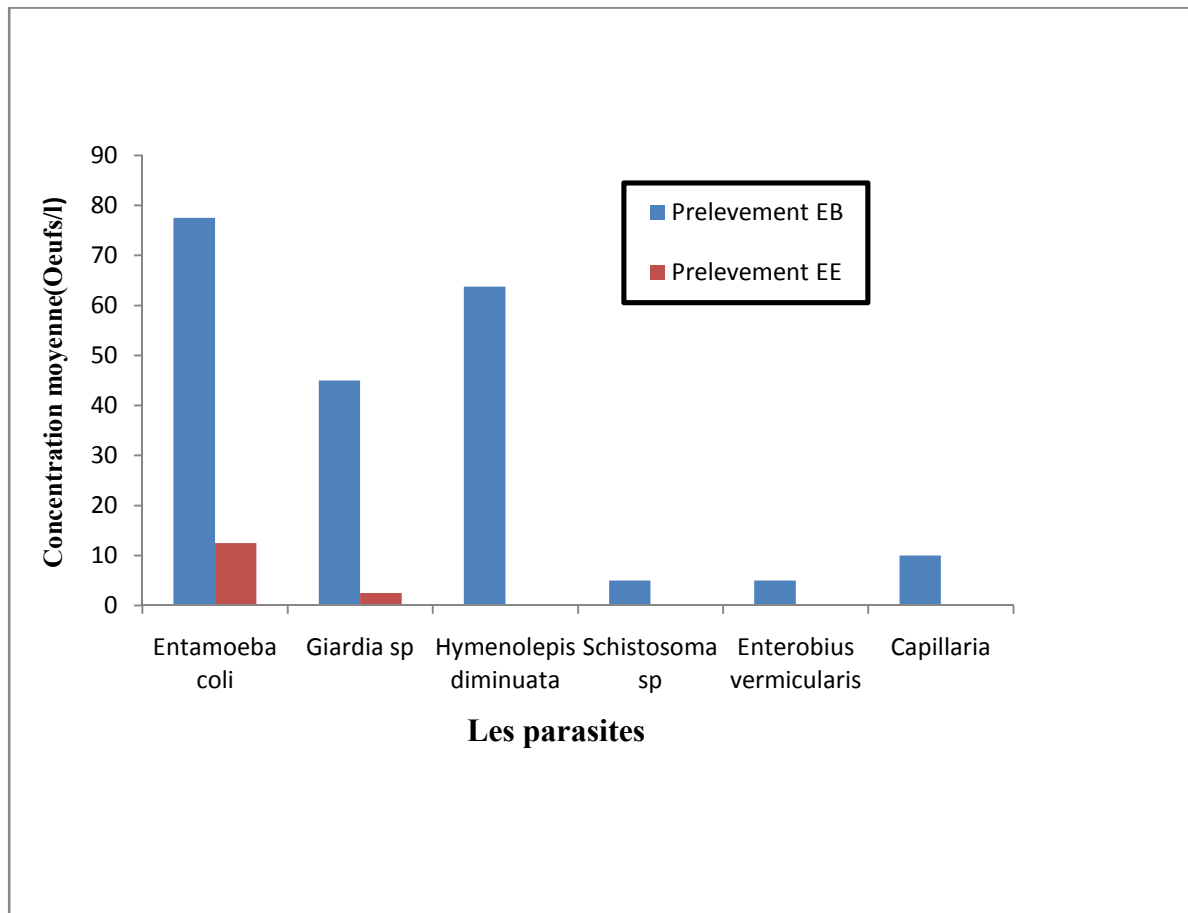
Le graphe n° 20 représente les concentrations des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires avant et après traitement :



Graphe n° 20. Concentrations des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires.

D'après le graphe n° 20, le nombre d'œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans les eaux brutes est compris entre 160 et 245 par litre représentant une moyenne de 266,25. Cette forte concentration est liée au facteur démographique, donc la taille de la population raccordée au réseau d'assainissement est en relation avec les concentrations élevées rencontrées dans les eaux usées (BOUHOUM, 1996). La maturation de ces parasites étant fonction des conditions climatiques, ainsi leur abondance est plus importante durant la période printemps comme le précise l'OMS (1989). Notre expérimentation s'est coïncidée avec une période à faible pluviométrie ce qui explique ces faibles valeurs. Comparativement aux normes de l'OMS en matière de teneurs en parasites (0 à 10 œufs/l), et malgré la réduction importante de la charge parasitaire dans l'eau épurée (15 œufs et kystes /l), nos valeurs restent élevées.

L'analyse qualitative de ces parasites dans l'eau brute et épurée a donné les résultats représentés par le graphe n°21



Grphe n°21. Concentrations des différentes espèces de parasites identifiées dans les eaux brutes et épurées.

Il est à constaté :

- Une forte concentration en kystes de protozoaires : 80 Œufs /l *Entamoeba coli* (les amibes), 45 œufs/l *Giardia sp* (les flagellés).
- Œufs d'helminthes : *Capillaria sp*, *Enterobius vermicularis*, concernant la classe des Nématodes. Alors que pour les Cestodes, on a trouvé *Hymenolepis dimiunuta* et pour les Trématodes on a identifié *Schistosoma sp*.

Les photos suivantes représentent les différentes espèces :

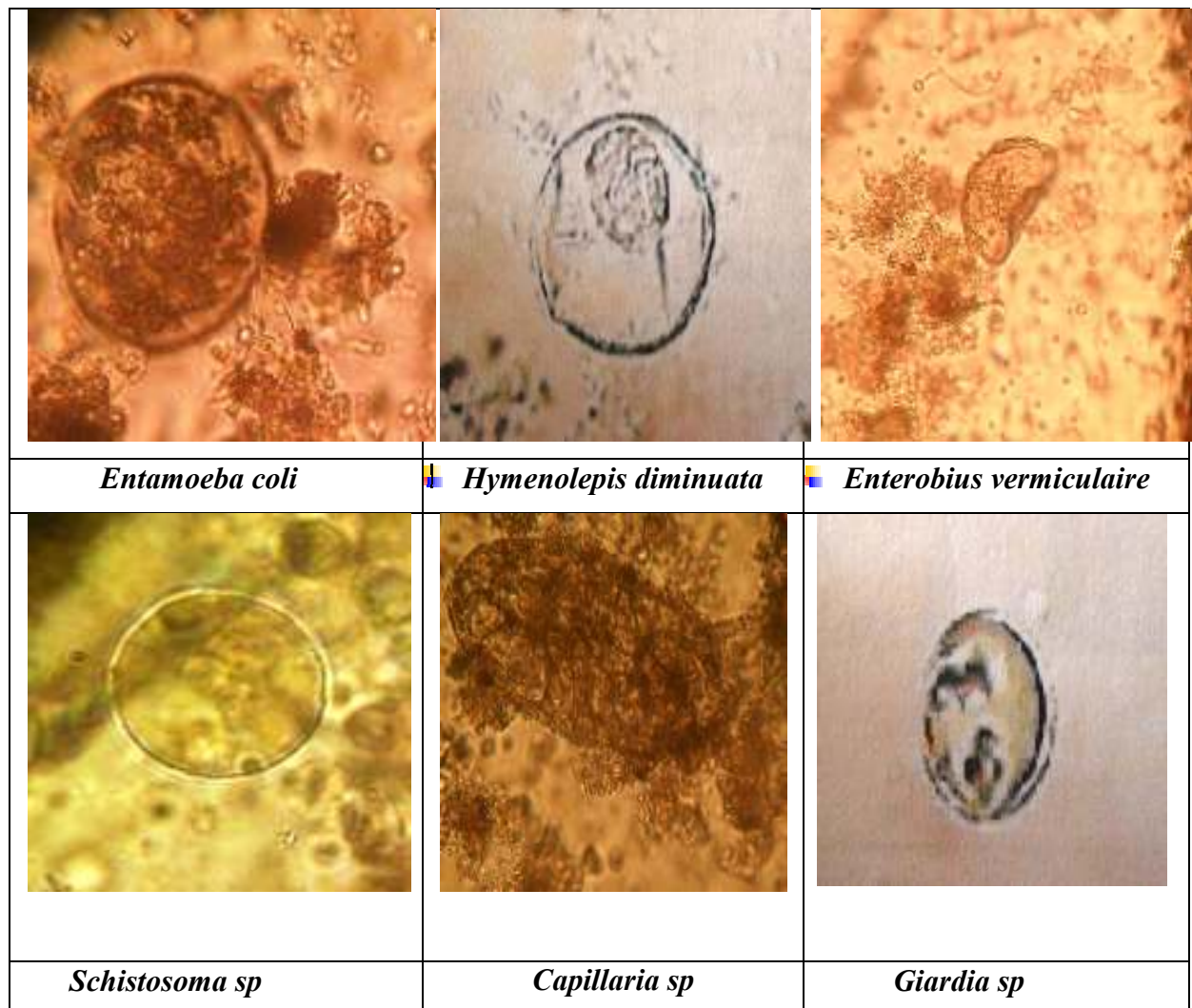


Figure n°32. Les espèces de parasites identifiées dans les eaux brutes et épurées.

III. Contrôle de la boue activée

▪ Résultats de l'Indice de MOHLMAN (IM) :

Le tableau n° IV regroupe les résultats relatifs à l'Indice de MOHLMAN des échantillons examinés.

Tableau. IV. Les résultats de l'indice de MOHLMAN

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8
MES (g/l)	8,8	9,52	4,01	4,94	13,18	15,50	5,16	4,73
Volume des boues (ml/l)	150	100	60	80	270	160	100	120
IM (ml/g)	17,04	10,5	14,96	16,19	20,48	10,32	19,37	25,36

Nous constatons que:

- L'indice de MOHLMAN pour l'ensemble des échantillons est compris entre 10,5 et 25,36mg/l. Ces valeurs sont inférieures à 80 et qui signifient que les boues formées se caractérisent par une vitesse rapide et qui peut causer des dépôts dans les ouvrages de décantation et les canalisations.

Les photos (n° 33) prises lors de la détermination de l'indice de MOHLMAN, on permet de noter les constatations suivantes:

➤ **Echantillon brut :**

- ✓ Couleur : **marron foncé.**
- ✓ Odeur : **égout.**

Ces deux propriétés révèlent un manque d'oxygénation dans le bassin d'aération.

➤ **Echantillon décanté :**

- ✓ **Quantité de boue :** moyenne
- ✓ **Présence des corps flottants :** Débris végétale, nature.
- ✓ **Qualité du surnageant :** peu trouble.
- ✓ **Aspect du floc :** des grains de 6 à 10 mm de diamètre.

La qualité peu trouble de surnageant et la présence des grains est un signe de présence d'une charge limitée de pollution.



Figure n°33. L'eau brute avant et après 30 min de décantation (photos originales).

L'examen microscopique des boues a permis de mettre en évidence des microfaunes suivantes:

1. Aspidisca

Très fréquemment rencontrée et pouvant être la faune dominante. Son abondance est généralement liée à une forte charge. C'est un animal relativement résistant à une sous-aération, aux toxiques ou effluents spéciaux. Sa présence ne donne aucune indication sur la qualité du traitement(Fig.34) (CANLER ,1999).



Figure n °34. Aspidisca (Gx40) (Photo originale).

2. Vorticelles

Les vorticelles rencontrées durant nos expériences sont :

- ✓ **Les vorticelles à court pédoncule** (Fig.35) : présent dans des eaux interstitielles encore chargée en bactéries libres. Leur présence indique que le niveau de traitement est moyen (CANLER ,1999).

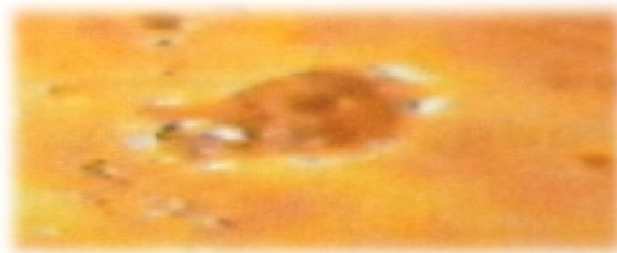


Figure n° 35. Vorticelles à court pédoncules (Gx40) (Photo originale).

- ✓ **Tête de vorticelle** (Fig.36) : séparation volontaire du corps pour devenir mobile lors de conditions limitantes du milieu au niveau de l'alimentation (absence de reste de pédoncule) (CANLER ,1999).



Figure n °36.Tête de vorticelle (Gx40) (Photo originale).

3. Nématode

Peuvent être présents en faible quantité dans tous les types d'installation, assez résistants à la sous aération du milieu (Fig.37). leur présence n'est pas défavorable au processus épuratoire. Ils ne sont pas indicateurs de la qualité du traitement, mais un signe de dépôts dans le bassin d'aération ou le décanteur (CANLER,1999).



Figure n°37. Nématode(Gx40) (Photo originale).

4. Rotifères

Très fréquents dans les boues activées ; passagèrement dominant sur des installations sous-chargées. Présent dans des boues de faible charge et d'âge élevé (15 jours au minimum), et compte tenu de leur temps de croissance assez long, ils indiquent un fonctionnement stable sur une durée assez importante (Fig.38) (CANLER, 1999).



Figure n°38. Rotaria (Gx40) (Photo originale).

5. Amibe

Deux catégories d'amibes sont présentées, à savoir :

Les petits amibes (Fig. 39) : rencontrées fréquemment lors d'anomalies de fonctionnement, leurs présences souvent liées à des apports d'effluents industriels composés de produits chimiques entraînant des pH différents (industrie de la chimie, tannerie) voire d'effluents toxiques (CANLER, 1999).



Figure n° 39. Petit amibe (G40) (Photo original).

Les grandes amibes (Fig.40) : apparaissent lors des 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 de carbone (CANLER, 1999).



Figure n °40. Grande amibe (Gx40) (Photo originale)

6. Coleps sp

Leur existence en nombre important indique une installation fonctionnant dans le domaine de faible charge avec une oxygénation satisfaisante, plutôt une bonne efficacité de la nitrification et un bon traitement du carbone (Fig.41) (CANLER, 1999).



Figure n°41. *Coleps sp* (Gx40) (Photo originale).

7. Aelosoma

Présent uniquement dans des systèmes d'âge de boues élevées, bien stabilisés et de très faible charge. C'est un indicateur d'une bonne qualité de l'eau de sortie, d'une suroxygénation et de la présence de nitrates (Fig.42) (CANLER, 1999).



Figure n°42. *Aelosoma sp* (Gx40) (Photo originale).

8. Paramécie

Nous avons observé les grandes paramécies. Les grandes paramécies (Fig.43) sont indicatrices d'une eau de bonne voire très bonne qualité. Elles sont résistantes à des périodes d'anoxie ou d'arrêt d'aération (CANLER, 1999).



Figure N°43 : Grand paramécie (Gx40) (Photo originale).

-Dans le tableau (V) sont consignés les différents degrés d'apparition des éléments de cette microfaune.

Tableau V n°. Fréquences des espèces de la microfaune dans la boue

Protozoaires		Fréquences
Flagellés	Les petits flagellés à mouvement lents (kyste de giardia)	++
Amibes	-Actinopodes	--
	-rhizopodes	
	-Amibe : - Petites	+
	- Grandes	+++
	-Thécamoebiens	
	-Arcella	--
Ciliés	-Holotriches : -litonotus	+
	-Paramécie	++
	-Coleps	+++
	-Trachelophyllum pusillum	--
	-Péritriches : -Vorticelles	+++
	-Opercularia	--
	-Hypotriches : -Aspidisca	+++
	-Hétérotriches : -Stentor	--
Métazoaires		Fréquences
-Rotifères		+++
-Nématodes		+++
- Oligochètes (Aelosoma)		+

+++ Espèces très fréquentes.

++ Espèces moyennement fréquentes.

+ Espèces faiblement fréquentes.

-- Espèces rares.

➤ **Les algues** : des espèces algales ont été observées (**Figures : 44, 45, 46**).

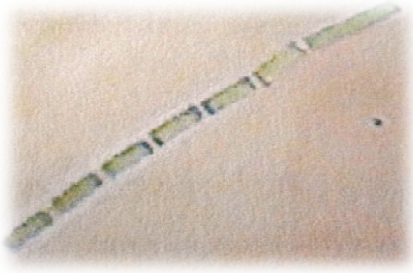


Figure n°44. *Oedogonium sp* (Gx40).

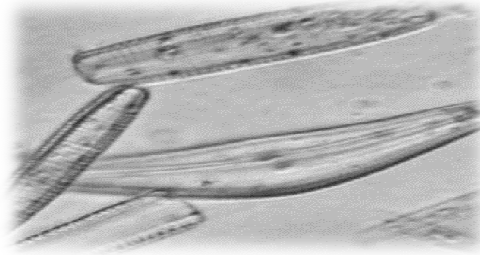


Figure n°45. *Diatomée sp* (Gx40).



Figure n°46. *Algue sp* (Gx40).

Ces espèces sont très communes dans les boues activées, elles sont presque universellement présents dans les bassins d'aérations. Leur vitesse de croissance lente, signifie que le traitement est de bonne qualité (DUCHENNE et COTEUX, 1993).

➤ **Les déchets**

La présence des déchets tels que les débris végétaux, (Fig.47), les spirales de lignine (Fig.48) et les grains de pollen (Fig.49) en proportion importantes leur présence est liées a la nature de l'effluent (CANLER, 1999).



Figure n°47. Débris végétale.



Figure n°48. Spirale de lignine.



Figure n°49. Les grains de pollen (Gx40).

Conclusion

L'objectif principal de notre travail est l'évaluation des performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées de Baraki grâce à l'analyse des données issues de la surveillance de cette station d'épuration à travers le suivi des paramètres de pollution physico-chimiques, microbiologiques, parasitologiques ainsi qu'un examen des boues issues de l'épuration biologique.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que :

- Le traitement biologique des eaux usées présente une prestation satisfaisante, une bonne réduction de la DCO, DBO₅, et des MES avec des rendements 93,8%, 96,66 % et 98,13 respectivement. Ainsi, les résultats des analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.
- Les analyses bactériologiques ont révélés des fortes concentrations en coliformes, *E. coli*, entérocoques avec un rendement dépasse 90%. Cependant, une très bonne efficacité de la chaîne d'épuration de la station de Baraki à l'égard de ces micro-organismes.
- L'observation microscopique de la boue activée montre que la microfaune prédatrice est constituée essentiellement de protozoaires (ciliés, flagellés) et de métazoaires (nématodes rotifères) et qui sont les signes d'un bon traitement.
- Contrairement aux caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux épurées, les résultats d'analyse parasitologiques ne sont pas conformes aux normes.

A la lumière de ces résultats nous pouvons déduire qu'aucun dysfonctionnement de la station de Baraki n'est à signaler. Les eaux épurées sont de bonne qualité et peuvent être utilisées en irrigation sans risques après un traitement tertiaire.

En perspective et afin de préserver ce bon fonctionnement de la station d'épuration des eaux de Baraki nous proposons :

- ✓ La conception d'un bassin de désinfection, à proximité de la STEP où sont rejetées les eaux épurées, pour une éventuelle réutilisation de ces eaux en irrigation ou en industrie et pour protéger le milieu naturel.
- ✓ L'application stricte de la réglementation exigeant aux industriels de traiter leurs rejets avant de les jetés dans les réseaux d'assainissement des eaux usées domestiques ou avant leurs rejets dans le système naturel.

Annexe I



Figure n°50. Implantation des différents ouvrages de la station d'épuration de Baraki (Source : Google earth).

Annexe II

▪ Matériels pour les analyses physicochimiques :

➤ Appareils :

- Agitateur magnétique.
- Balance.
- Bloc chauffante pour DCO.
- Centrifugeuse.
- Dessiccateurs.
- Etuve BINDER.
- Four 30-3000 C° Nabertherm.
- Hotte.
- Microscope optique.
- Multi parameters (conductivité-TDS-DO-pH-Sal) HACH.
- Oxytop.
- Pompe à vide.
- Spectrophotomètre(DR2800).
- Tubes de réactifs à DCO.

➤ Verreries:

- Bec benzène.
- Becher.
- Boîte de Pétri.
- Entonnoir.
- Eprouvette 1L.
- Fioles 250 ml, 500 ml.
- Lamelles.
- Lames.
- Pince stérile, membrane filtrante.
- Pipettes 1ml, 5ml, 20ml.
- Pissette.
- Tubes à assai.

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

- Acide acétique.
- Acide sulfurique.
- Acide sulfurique.
- Eau de javel.
- Eau distillée.
- Salicylate de sodium.
- Sulfate d'argent.
- Sulfate de potassium.

➤ **Choix du facteur selon les gammes de DBO₅ :**

Tableau n° VI. Gamme de DBO₅ estimées

Gamme de mesure de DBO ₅ (mg/l)	Volume (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

Annexe III

■ Matériel pour les analyses microbiologiques

➤ Milieu de culture :

- Milieu TTC+gélose au tergitol.
- Milieu TTC +gélose slanetz.
- Kovacs.
- Gélose Hectoen.
- Eau peptone Alcaline biliée.
- Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).
- Gélose base viande foie.
- Gélose T.G.E.A : gélose à la peptone de caséine, au glucose et à l'extrait de viande.
- Gélose au Cétrimide.
- Gélose Chapman au mannitol.

➤ Composition de quelques milieux de cultures :

• Milieu TTC + gélose au tergitol

- lactose
- BBT
- Tergitol 7
- TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium)

• Milieu TTC+gélose Slanetz

- Glucose
- Azide de sodium
- TTC

• Gélose Hectoen

- Peptone pepsique de viande.....12g
- Extrait de levure.....3g
- Sels biliaires.....9g
- Lactose12g
- Saccharose.....12g
- Salicine2g

-Chlorure de sodium.....	5g
-Hyposulfite de sodium.....	5g
-Citrate de fer ammoniacal.....	1.5
-Bleu de bromothymol.....	0.064
-Fushine acide.....	0.04g
-Gélose.....	15g
-Diluer, chauffer, refroidir le milieu à 45-50°C puis couler en boîtes de Pétri.	

• **Eau peptone alcaline (EPA)**

Peptone.....	10g
Lactose.....	5g
Monohydrogénophosphate de Na.....	9g
Dihydrogénophosphate de K.....	1.5
Eau distillée.....	1L

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

-Peptone.....	10g
-Extrait de viande.....	4g
-Chlorure de sodium.....	5g
-Agar.....	13g
-Eau distillée.....	1L
-Dissoudre, ajuster le pH à 9, Stériliser à l'autoclave à 121°C/20min.	

• **Gélose viande foie (VF)**

Glucose.....	30g
Amidon.....	2g
Agar.....	11-18g
Eau distillée.....	1000ml
Ajuster le pH à 7.6 – 7.8, stériliser pendant 15 min à 121 C°.	
Kovacs	
Diméthyle -amino-4 benzaldéhyde.....	50g
Acide chlorhydrique pur	250ml
Pentanol 1 (alcool amylique).....	750ml

Annexe IV

Tableaux n° VII. Résultats des analyses physicochimiques.

Tableau A. Résultats des analyses physicochimiques (pH, Température, Conductivité, MES, DBO₅, DCO, DCO /DBO₅).

prélèvements	Température		pH		Conductivité		MES		DBO ₅		DCO		DCO/DBO ₅	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
1(05/02/2013)	12.1	11.2	7.38	7.52	1810	1250	195	14	200	16	396	21.4	1.98	2
2(12/02/2013)	10.4	10.2	7.55	7.32	1613	1336	274	8	550	22	915	18.2	1.66	3
3(17/02/2013)	12.47	12.1	7.61	7.5	1601	1356	862.5	5	310	32	582	22.2	1.87	4
4(26/02/2013)	11.7	12.6	7.48	7.4	1241	1204	1297.5	8.66	460	21	1125	40	2.44	2.5
5(03/03/2013)	10.3	10.1	7.44	7.22	1452	1317	822.5	15.33	550	16	945	49.2	1.71	4
6(10/03/2013)	12.5	12.7	7.81	7.62	1520	1394	1250	50.5	250	18	1180	60.6	4.72	6
7(14/03/2013)	10	9.6	7.58	7.5	1230	1196	352.5	11.66	200	2	334	34	1.67	3
8(24/03/2013)	13.6	13	7.74	7.89	1088	1204	2120	9.5	750	5	627	42.2	0.83	3.5
9(07/04/2013)	16.2	16.6	7.53	7.76	1980	1900	656	12.5	310	6	980	24	3.16	4
10(14/04/2013)	16.4	16.1	7.84	7.7	1814	1708	270	4.5	270	3	388	83	1.43	3
11(21/04/2013)	15.4	15.3	7.76	7.75	1766	1695	300	6.5	385	7	567	55.9	1.47	3.25
12(29/04/2013)	16.1	15.9	7.68	7.73	1623	1601	477	9.5	288	6	320	21	1.11	3.7
13(05/05/2013)	15.2	15.4	7.93	7.78	1722	1613	955	18	408	10	408	42.4	1.02	3.4
14(13/05/2013)	16.6	16.3	7.88	7.62	1590	1543	795	25	224	7	224	44	1.13	2.8

Tableau B .Résultats des analyses physicochimiques des formes azotées, phosphate et ammonium.

prélèvements	Phosphates		Azote		Ammonium		Nitrates		Nitrites	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
1(05/02/2013)	4.92	2.06	95	22.1	19.8	10.2	0.363	5.4	0.104	0.378
2(12/02/2013)	5.16	2.31	82.4	21.6	18.6	10.32	0.316	4.4	0.221	0.618
3(17/02/2013)	10.3	2.04	82.1	21.2	29.8	8.22	0.62	8.29	0.388	0.56
4(26/02/2013)	14.2	4.26	69.6	19.1	23.5	8.36	3.66	6.15	0.331	0.56
5(03/03/2013)	13	4.5	88	19.5	76	23.5	3.7	5.2	0.387	0.665
6(10/03/2013)	18	3.32	118	29.2	65.8	19.9	2.69	4.63	0.379	0.341
7(14/03/2013)	14.2	3.2	92.13	22.3	31.2	15.6	3.2	6.13	0.228	0.561
8(24/03/2013)	22	1.64	100	22.5	25.6	12.3	3.98	5.24	0.298	0.296
9(07/04/2013)	12.9	3.16	43.00	22.3	27.3	5.91	1.54	6.45	0.389	0.273
10(14/04/2013)	14	5.3	31	24.3	27.1	4.7	1.66	7.75	0.311	0.222
11(21/04/2013)	13.1	2.15	33	29.6	22.6	3.25	1.23	5.68	0.366	0.221
12(29/04/2013)	15.2	2.66	41.5	26.1	22.1	5.66	1.33	3.125	0.318	0.215
13(05/05/2013)	14.9	3.4	36	24	19.5	7	1.9	4.2	0.328	0.222
14(13/05/2013)	12.5	1.8	48	36	32	11	2.2	4.7	0.336	0.29

Annexe V

Tableau n°VIII. Résultats des analyses bactériologiques (2013).

	CT		CF		E. coli		ASR		Entérocoque		Pseudomonas		Staphylocoque	
	EB x10 ⁵	EE x10 ⁴	EB x10 ⁵	EE x10 ⁴	EB x10 ⁵	EE x10 ⁴	EB x10 ³	EE x10 ²	EB x10 ³	EE x10 ²	EB 10 ³	EE 10 ²	EB x10 ³	EE x10 ²
P1 (14/03)	20	10	17	6	14	2	140	40	313	156	25	16	60	20
P2 (24/03)	28	13	23	11	19	8	68	25	170	56	34	26	15 0	28
P3 (07/04)	60	8	58	6	58	6	72	30	55	27	25	15	95	33
P4 (14/04)	57	13	43	11	43	13	83	44	36	20	25	12	40	14
P5 (21/04)	40	30	24	32	32	24	/	/	47	24	10	5	28	19
P6 (05/05)	26	14	22	10	22	8	/	/	77	49	27	11	39	27
P7 (13/05)	66	42	58	40	50	34	/	/	76	63	26	13	27	17

Tableau n°IX. Résultats des analyses parasitologiques

	29-04-2013		05-05-2013		13-05-2013		26-05-2013	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
Entamoeba coli	70	10	90	0	80	15	70	25
Hymenolepis diminuta	40	0	75	0	80	0	60	0
Shistosoma sp	0	0	0	0	10	0	10	0
Giardia sp	40	0	60	0	50	10	30	0
Enterobius	0	0	0	0	20	0	0	0
Capillaria	10	0	20	0	0	0	10	0

Tableau n°X .Résultats des analyses des espèces parasitaires.

Prélèvements	Parasites	
	EB	EE
29-04-2013	160	10
05-05-2013	245	0
13-05-2013	240	25
26-05-2013	180	25

➤ **Détermination du rendement d'épuration**

Les rendements d'épuration s'expriment en pourcentage, en considération la concentration en amont du paramètre (DCO, DBO5, MES...etc....) et la concentration aval correspondante en mg/l :

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

Tableau n° XI. Rendements épuratoires des principaux paramètres physico-chimiques

	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)
EB	365.78	642.21	759.07
ET	12 .21	39.86	14.18
Rendement (%)	96.66	93.8	98.13

Tableau n° XII. Rendements épuratoires des principaux paramètres microbiologiques.

	CT (/100ml)	E. coli (/100ml)	CF (/100ml)	Entérocoque (/100ml)	ASR (/100ml)	Pseudo (/100ml)	Staph (/100ml)	Parasites (/1000ml)
EB	42.42 x10 ⁵	34x10 ⁵	35x10 ⁵	110.57x10 ³	90.75x 10 ³	24.57x 10 ³	62.71x 10 ³	206.25
EE	18.57 x10 ⁴	13.57x 10 ⁴	16.57x 10 ⁴	56.43x10 ²	34.75x 10 ²	15.71x 10 ²	22.57x 10 ²	15
R (%)	95.62	96	95.27	94.90	96.17	93.6	96.4	92.73

Annexe VI

➤ Normes de rejet :

- Normes physicochimiques

Tableau n°XIII. Normes de rejets de l'OMS, appliquées en Algérie 2006.

Paramètres	Unités	Valeurs
Température	C°	30
Conductivité	µs/cm	1250
pH	/	6.5-8.5
MES	Mg/l	30
DCO	/	90
DBO5	/	30
NTK	/	50
Nitrate	/	44
Phosphate	/	2
Zinc	/	2
Chrome	/	0.1
Huiles et graisse	/	20
Détergents	/	1

- Normes microbiologiques

Tableau n°XIV. Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées.

Paramètres mesurés	Nombre de germes/100ml d'EE
CT	$10^3 - 10^7$
CF	$10-10^6$
Streptocoques fécaux	$10 -10^5$
Salmonelles	0- 10
Vibrion cholérique	0 -10

Annexe VII



Thermomètre et pH mètre



Conductivitmètre



Dessiccateur



Oxytops



Spectrophotomètre



Balance



Rampe de filtration



Etuve BINDER



Pompe à vide



DBO mètre numérique



Bain marie



Centrifugeuse



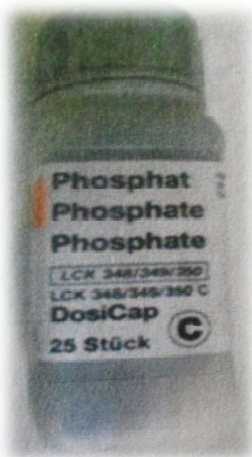
Thermostat



Microscope optique



Réactif B pour PT



Réactif C pour PT



Tube de réactif DosiCap Zip pour PT



Tube de mesure de Nitrate



Tube de mesure de Nitrite



Solution A pour (NGL)



Tablette B pour (NGL) Micro Cap C pour (NGL) Solution D pour (NGL) Tube de mesure d'ammonium



Gélose au tergitol et au T.T.C

Gélose base viande foie
Gélose de Slanetz et Bartley



Gélose Hectoén

Gélose au Cétrimide

Rappaport Vasiliadis



Gélose Chapman

Eau peptone tamponnée

GNAB

EPA

Glossaire

-**Adsorption** : phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces solides (JARDE, 2002).

-**Agglomération** : zone dans laquelle la population et/ou les activités économiques sont suffisamment concentrées pour qu'il soit possible de collecter les eaux urbaines résiduaires pour les acheminer vers une station d'épuration ou un point de rejet final (JARDE, 2002).

-**Allochtone** : par opposition à autochtone, qui n'est pas issu du milieu où il se trouve (BONNARD, 2001).

-**Asymptomatique** : se dit d'une infection sans signe clinique mais pour laquelle le malade multiplie et excrète des virus (BONNARD, 2001).

-**Autochtone** : qui est issu du milieu même où il se trouve, où il vit.

-**Coliformes d'origine fécale** : organismes présents dans l'intestin des animaux à sang chaud et qui sont utilisés couramment pour détecter la présence de matières fécales et d'organismes pouvant être pathogènes pour l'homme (BONNARD, 2001).

-**Dénitrification** : respiration dissimulatrice des nitrates par des bactéries anaérobies facultatives. NO_3^- est l'accepteur d'électrons d'une réaction conduisant à la production des composés gazeux NO , N_2O et N_2 (AMIR, 2005).

-**Echantillon instantané** : échantillon unique pris au hasard sans rapport avec le débit (JARDE, 2002).

-**Effluent** : toute eau usée rejetée directement ou indirectement dans les eaux de surface ou dans un égout pluvial, ou eau de ruissellement provenant des terrains d'épandage des boues d'eaux usées, d'autres déchets ou ayant été irrigués par aspersion, à l'exclusion d'eau de surface (AMIR, 2005).

- **Eutrophisation** : enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question (JARDE, 2002).

- **Kystes** : forme de résistance que peuvent prendre certains microorganismes (BONNARD, 2001).

-**Parasite** : organisme animal ou végétal vivant aux dépens d'un autre (appelé hôte), lui portant préjudice, mais sans le détruire (AMIR, 2005).