

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SAÀD DAHLAB -BLIDA-

Faculté des sciences Agro-vétérinaires et biologiques

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : Microbiologie et Bactériologie

Thème:

**Etude de traitement des eaux usées
domestiques par boues activées en vue de
leur recyclage en agriculture :
Cas de la STEP de Médéa (Nord-Ouest de l'Algérie)**

Présenté par : ZOUBIRI Afaf

Devant le jury :

Mme. SOUR. S	MAA	USDB	Président
Mme. HAMAI. F	MCB	USDB	Promotrice
Mme. KHALDOUN. H	MAA	USDB	Examinatrice
Mr. BENDJOUDI. D	MCB	USDB	Examineur

SOUTENU PUBLIQUEMENT LE 03/07/2013

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Allah** tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, qui m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qui m'a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Un travail de recherche, bien qu'il s'effectue souvent avec un peu de solitude, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail qui m'ont apportée leur aide et leurs précieux conseils.

Toute ma reconnaissance va à Madame Kamaïdi.F, Maître de conférences B, à l'université Saad Dahleb de Blida, pour la qualité de ses conseils, pour le soin qu'elle a apporté à la direction de ce travail et pour la confiance qu'elle a su me témoigner. Je vous remercie également pour votre disponibilité, votre patience et votre qualité humaine.

Je tiens également à exprimer ma sincère reconnaissance à l'endroit de Madame Sour.S. pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury de cette thèse et pour l'intérêt qu'elle a bien voulu porter à ce travail

Je remercie chaleureusement Mme Khaldoun.H. d'avoir accepté de prendre part à l'appréciation de ce travail et de contribuer ses remarques tant souhaités

J'adresse également mes sincères remerciements à Mr Bendjoudi.D. d'avoir accepté de juger ce travail et d'apporter ses critiques tant constructives

Je ne peux finir ces remerciements sans dire merci à ma famille, merci pour l'affection infinie et pour votre présence à mes côtés. C'est grâce à vous que je suis arrivée jusque-là.

DÉDICACE

A ma Mère...

A mon Mari ...

A ma fille Amatullah ...

A ma Famille au sens large

Et à tout mon entourage.

RÉSUMÉ

Les eaux résiduaires de la STEP de Médéa, située au Nord-Ouest de l'Algérie, traitées par boues activées, ont été caractérisées afin d'évaluer l'efficacité du traitement en vue d'une réutilisation pour l'irrigation des terres agricoles.

Les résultats obtenus présentent des rendements épuratoires satisfaisants. Le taux d'abattement des MES, de la DCO et de la DBO₅ est respectivement de l'ordre de : 97,61%, 92,44% et 97,22%. L'élimination des NH₄⁺ et PO₄³⁻ est satisfaisante (97,67% et 76,06% respectivement).

Les analyses bactériologiques ont révélé une absence de germes pathogènes et des rendements épuratoires supérieurs à 90% pour les coliformes totaux, fécaux, streptocoques et les ASR. Cependant, les résultats montrent une richesse en germes témoins de contamination fécale ainsi que des concentrations en coliformes fécaux et en streptocoques fécaux qui dépassent les normes de l'OMS relatif aux eaux destinées à une irrigation non restrictive. Ceci serait du probablement à l'augmentation de la population raccordée au système épuratoire.

Concernant les analyses parasitologiques, les résultats montrent un bon abattement avec un taux de réduction égale à 97%.

Le contrôle microscopique des boues activées a permis d'identifier différentes espèces comme des bactéries (floculées, filamenteuses), des protozoaires (Amibes, Ciliés, flagellés) et des métazoaires (nématodes, tradigrades), indiquant un bon fonctionnement du système épuratoire.

Mots clés : Eaux usées domestiques, Eaux traitées, Boue activée, Physico-chimie, Microbiologie.

ABSTRACT

The wastewater from Medea treatment plant, located in north-west of Algeria, treated by an activated sludge process, was characterized to evaluate the effectiveness of treatment for reuse in agricultural irrigation.

The results present satisfactory outputs purifying. The outputs of suspended matters, chemical oxygen demand (COD) and five-day biological oxygen demand (BOD5) are respectively: 97,61%, 92,44% and 97,22%. The elimination of NH_4^+ and PO_4^{3-} is satisfactory (97.67% and 76.06% respectively).

Bacteriological analyzes revealed no pathogens and over 90% outputs purifying for total and fecal coliforms, streptococci and ASR. However, the results show their richness with indicators of fecal contamination so concentrations of fecal coliforms and fecal streptococci exceed the world health organization's guidelines on water destined for unrestricted irrigation; this is probably due to the increase of the population connected to the purifying system. Parasitological analyzes' results show a good abatement, equal to 97%.

The microscopic control of activated sludge led to the identification of different species: Bacteria (flocculated, filamentous), protozoa (amoebae, ciliates, flagellates) and metazoans (nematodes, tradigrades), which indicates the proper functioning of the purification system.

Key words: Domestic wastewater, Treated water, Activated sludge, physic chemistry, Microbiology.

ملخص:

أجريت هذه الدراسة من أجل معرفة خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة بطريقة الأوحال المنشطة, بمحطة تطهير المياه المستعملة لمدينة المدية, الواقعة شمال غرب الجزائر, وذلك لتقييم فعالية العلاج من أجل إعادة استخدام المياه لأغراض الري في الأراضي الزراعية.

أوضحت النتائج مردودية مرضية, حيث بلغ معدل ازالة المواد العالقة, 97,61% أما فيما يخص معيار الطلب الكيميائي والبيولوجي للأكسجين فقد قدر مردودهما بـ 92,44% و 97,22% على التوالي. كما تحصلنا على مردود ازالة جيد لكل من NH_4^+ و PO_4^{3-} (97,67% و 76,06% على التوالي).

أظهرت التحاليل البكتيريولوجية غياب الجراثيم المسببة للأمراض, إضافة الى مردودية تفوق نسبة 90% لازالة الجراثيم القولونية, الجراثيم القولونية البرازية, العقد الكروية البرازية وبكتيريا الكلستريدة, ومع ذلك تشير النتائج الى غناها بالبكتيريا الناتجة عن التلوث البرازي حيث يفوق تركيز القولونيات البرازية والعقديات البرازية توجيهات منظمة الصحة العالمية بشأن المياه المخصصة للري غير المقيد, وقد يرجع السبب في ذلك إلى تجاوز نسبة عدد السكان الحاليين لطاقة محطة التصفية. أما بالنسبة الى التحاليل الطفيلية فقد أظهرت النتائج انخفاضا جيدا بمعدل يساوي 97% .

أظهرت المراقبة المجهرية للأوحال المنشطة وجود مجموعة من الكائنات : بكتيريا (الندفية والخيطية), البروتوزوا (الأميبات، هديبات، السوطيات), الميتازوا (الديدان الخيطية، تراديقراد), مما يدل على حسن سير نظام محطة التنقية

كلمات المفتاح: مياه الصرف الصحي, المياه المعالجة, الأوحال المنشطة, الفيزيوكيمياء, البكتيريولوجي.

LISTE DES ABREVIATIONS

ARN : Acide Ribonucléique

ASR : Anaérobie Sulfito-Réducteur

ATP : Adénosine Tri-Phosphate

CE : Conductivité Electrique

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes Totaux.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EB : Eau Brute

EPA : Eau Peptonée Alcaline

ET : Eau Traitée

FAO : Food and Agriculture Organisation

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline Biliée

IM : Indice de Mohlman

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matières En Suspension

MS : Matières Sèches

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : Potentiel d'hydrogène.

SF : Streptocoques Fécaux.

STEP : Station d'Epuration

VF : Viande Foie

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
Tableau I.	Bactéries pathogènes dans les eaux usées	8
Tableau II.	Parasites pathogènes dans les eaux usées	9
Tableau III.	Virus dans les eaux usées	10
Tableau IV.	Résultats des analyses mycologiques	61
Tableau V.	Les résultats de l'indice de MOHLMAN	62
Tableau VI.	Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée	67
Tableau VII.	Matrice de corrélation inter-paramètres des eaux usées brutes	74
Tableau VIII.	Matrice de corrélation inter-paramètres des eaux usées traitées	75
Tableau IX.	Gammes de DBO ₅ estimées	Annexe I
Tableau X.	Relation entre conductivité et minéralisation	Annexe I
Tableau XI.	Résultats des analyses physicochimiques	Annexe IV
Tableau XII.	Résultats des analyses Bactériologiques	Annexe IV
Tableau XIII.	Résultats des analyses Parasitologiques	Annexe IV
Tableau XIV.	Valeurs limites des paramètres physicochimiques de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)	Annexe V
Tableau XV.	Normes physico-chimiques de rejets selon l'OMS (1989)	Annexe V
Tableau XVI.	Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées	Annexe V
Tableau XVII.	Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation	Annexe VI
Tableau XVIII.	Normes de qualité microbiologique recommandées pour les eaux résiduaires traitées en vue de leur recyclage pour l'irrigation	Annexe VI

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure 1. La STEP de Médéa	16
Figure 2. Plan de la STEP de Médéa	16
Figure 3. Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane	28
Figure 4. Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur	30
Figure 5. Recherche de Vibriion cholérique	32
Figure 6. Recherche des Salmonelles	34
Figure 7. Recherche de kystes de protozoaires et d'œufs d'helminthes (Méthode de Bailenger modifiée)	37
Figure 8. Recherche de la flore fongique	39
Figure 9. Le système d'acquisition d'images	42
Figure 10. Variations hebdomadaires de la température	44
Figure 11. Variations hebdomadaires du pH	45
Figure 12. Variations hebdomadaires de la conductivité électrique	46
Figure 13. Variations hebdomadaires des matières en suspension	47
Figure 14. Variations hebdomadaires de la DCO	48
Figure 15. Variations hebdomadaires de la DBO ₅	49
Figure 16. Variations hebdomadaires du rapport DCO/DBO ₅	49
Figure 17. Variations hebdomadaires des nitrates	50
Figure 18. Variations hebdomadaires de l'azote ammoniacal	50
Figure 19. Variations hebdomadaires du phosphore	51
Figure 20. Variations hebdomadaires des Coliformes totaux	53
Figure 21. Variations hebdomadaires des Coliformes fécaux	54
Figure 22. Variations hebdomadaires des Streptocoques fécaux	55
Figure 23. Variations hebdomadaires des Clostridiiums Sulfito-réducteurs	56
Figure 24. Variations des différents types de parasites identifiés dans les eaux brutes et épurées	57
Figure 25. Variations du nombre d'œufs d'helminthes et de kystes de protozoaires	58
Figure 26. Photos montrant les différents œufs d'helminthes et kystes de protozoaires identifiés observés au microscope optique Grx40	60
Figure 27. Types de croissance bactérienne, observés au microscope optique (photos originales)	63
Figure 28. Amibe libre Grx40	64
Figure 29. Amibe à thèque Grx40	64
Figure 30. <i>Diffflugia globulosa</i> Grx40	64
Figure 31. <i>Arcella vulgaris</i> Gr x40	64
Figure 32. <i>Epistylis plicatilis</i> Grx40	65

Figure 33.	<i>Carchesium polypinum</i> Grx40	65
Figure 34.	<i>Aspidisca costata</i> Grx40	65
Figure 35.	<i>Stentor sp</i> Grx40	65
Figure 36.	Nématode Grx40	66
Figure 37.	Tradigrade Grx40	66
Figure 38.	Autres observations	68
Figure 39.	Rendement de réduction des MES	69
Figure 40.	Rendement de réduction de DCO	69
Figure 41.	Rendement de réduction de DBO5	69
Figure 42.	Rendement de réduction de NH4+	70
Figure 43.	Rendement de réduction de PO4	70
Figure 44.	Rendement de réduction de Coliformes totaux	71
Figure 45.	Rendement de réduction des Coliformes fécaux	71
Figure 46.	Rendement de réduction des Streptocoques fécaux	71
Figure 47.	Rendement de réduction des ASR	71
Figure 48.	Rendement de réduction de la charge parasitaire	72
Figure 49.	Rendement de réduction des kystes de protozoaires	72
Figure 50.	Rendement de réduction des œufs d'helminthes	72
Figure 51.	Filière de traitement : Dégrilleur grossier	Annexe. III
Figure 52.	Filière de traitement : Dégrilleur fin	Annexe. III
Figure 53.	Déssableur déshuileur	Annexe. III
Figure 54.	Oxymètre fixe	Annexe. III
Figure 55.	Bassin d'aération	Annexe. III
Figure 56.	Bassin de décantation	Annexe. III
Figure 57.	Bassin de chloration	Annexe. III
Figure 58.	Epaississeur	Annexe. III
Figure 59.	Lit de séchage	Annexe. III

Glossaire

- **Anoxie** : une situation dans laquelle l'oxygène libre dissous est absent mais présent sous forme liée (nitrate et/ou nitrite) (CANLER, 2004).
- **Boue activée**: amas biologiques (**floc**) formé, au cours du traitement d'une eau résiduaire, par la croissance de bactéries et d'autres micro-organismes en présence d'oxygène dissous et par les diverses MES (végétaux, sables,...) (CANLER, 2004)
- **Bulking** : (foisonnement) Phénomène apparaissant dans les stations par boues activées, caractérisé par le fait que la boue occupe un volume excessif en décantation et ne sédimente pas facilement. Ce phénomène est lié à la présence de micro-organismes filamenteux (PANDOLFI, 2006).
- **Dénitrification** (croissance de bactéries hétérotrophes en phase anoxique) : en environnement anoxique, certaines bactéries hétérotrophes consomment les nitrates, à la place de l'oxygène, et le carbone pour se développer et produire de l'azote gazeux (N₂) (BASSOMPIERRE, 2007)
- **Eutrophisation** : Long processus naturel rendant un écosystème aquatique de plus en plus riche en nutriments (Surtout Azote et phosphore), augmentant ainsi la biomasse végétale. L'enrichissement peut conduire entre autre à une modification des communautés animales, à un accroissement de la matière organique et même à un déficit en Oxygène dissous (CEBRON, 2004).
- **Moussage** : Développement d'une écume en surface du bassin d'aération associée à des bactéries filamenteuses qui se développent en excès et forment des floccs hydrophobes. Ceux-ci emprisonnent des bulles d'air et la densité des floccs diminue (PANDOLFI, 2006)
- **Nitrification** : (croissance des bactéries autotrophes en phase aérobie) : en environnement aérobie, les bactéries autotrophes *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* transforment l'azote ammoniacal (NH₄⁺) en présence d'oxygène pour se développer et produire des nitrites (NO₂⁻) puis des nitrates (NO₃⁻) (BASSOMPIERRE, 2007).

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
I-GÉNÉRALITÉ SUR LES EAUX USÉES	3
I-1- Définition	3
I-2- Origine des eaux usées.....	3
II- RISQUES D'UTILISATION DES EAUX USÉES.....	5
II-1- Notion de risque.....	5
II-2- Risque microbiologique.....	6
II-3- Risque physicochimique.....	11
II-4- Normes de rejet.....	14
III- TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EAUX USÉES.....	15
III-1- Principe du traitement biologique.....	15
III-2- Procédés de traitement des eaux usées	15
III-3- Traitement des eaux usées en Algérie.....	15
PARTIE EXPERIMENTALE	
I-MATÉRIEL ET MÉTHODES	16
I-1- Présentation de la zone d'emprunt.....	16
I-1-1- Historique et caractéristiques du site.....	16
I-1-2- Description de la STEP.....	16
I-2- Matériel et Mode de prélèvement.....	17
I-3- Méthodes	18
I-3-1- Paramètres physicochimiques.....	18
I-3-2- Paramètres microbiologiques.....	25
II-RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	44
II-1- Les paramètres physicochimiques.....	44
II-2- Les paramètres bactériologiques.....	52
II-3- Parasitologie.....	57
II-4- La flore fongique.....	61

II-5- Contrôle de la boue activée.....	62
II-6- Résultats des rendements épuratoires.....	69
II-7- Résultats de l'étude statistique.....	71
Conclusion.....	76
Références bibliographiques	
Annexes	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'homme, pour sa survie, sa santé, son alimentation. Elle l'est également pour ses activités agricoles et économiques. La qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

La multiplication et l'aggravation des états de carence en eau sont en train de prendre mondialement une dimension de premier ordre, il n'est donc pas exclu que l'eau soit amenée à devenir un enjeu stratégique international, pouvant engendrer de graves conflits régionaux (**BOUALLA et al., 2011**).

En Algérie, les changements climatiques de ces dernières années, l'accroissement démographique et le développement de l'urbanisation ont conduit à des problèmes multiples et complexes. Au défi croissant que pose la demande en eau et leur gestion, s'ajoute les problèmes de rejet des eaux usées et leur influence directe ou indirecte ; à long ou à court terme sur l'environnement et la santé publique. Le volume annuel d'eaux usées domestiques rejetées est estimé à 800 millions m³/an (**METAHRI, 2012**).

Cependant, pour une population estimée à 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de l'ordre de 550 m³/an/habitant (**MEDKOUR, 2002 ; LEHTIHET, 2005**). Ce chiffre est loin d'être comparable à la moyenne mondiale qui est de 7500 m³ (**FARUQUI, 2003**). Selon les normes mondiales, où le seuil critique de rareté de l'eau se situe à 1000 m³/an/habitant, l'Algérie est un pays pauvre en eau (**SAGHIR et al., 2000 ; TAMRABET et al., 2002**).

Pour répondre à cette situation d'épuisement des ressources naturelles et à la protection de l'environnement, le recours à l'épuration des eaux usées urbaines, souvent chargées en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, représenterait d'une part une source d'eau et d'engrais supplémentaire renouvelable et fiable pour l'agriculture et d'autre part, elle permettrait la protection des milieux aquatiques récepteurs en plus de la préservation des ressources naturelles superficielles et souterraines pour une vocation plus noble qui est l'alimentation en eau potable.

Les procédés de traitement des eaux usées sont très nombreux, la technique la mieux adaptée à chaque situation doit être choisie. Les stations d'épuration par boues activées sont très efficaces mais exigent un entretien et une gestion poussés. Aussi n'est pas surprenant de constater que la majorité des installations à boues activées existantes en Algérie ne fonctionnent pas (**BOUALLA et al., 2011**)

Le traitement des eaux usées par boues activées est composé de plusieurs phases, chacune traitant un type particulier de pollution (organique, chimique, minérale) de par ses excellentes performances, le traitement biologique par boues activées représente la phase clé de la chaîne globale de traitement. Cependant, son fonctionnement repose sur le développement de populations bactériennes et est également le plus difficile à maîtriser : les variations brutales des flux d'entrée et des quantités de pollution, conditions opératoires contraignantes dans l'évolution non prévisible du comportement bactérien.

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement biologique par boues activées dans la station d'épuration des eaux usées de la ville de Médéa, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de son rejet dans des milieux naturels récepteurs.

Ce travail comporte deux parties principales, une partie bibliographique qui introduit les connaissances nécessaires à la compréhension de ce travail et une partie expérimentale qui porte sur la présentation de la station d'épuration de Médéa et les différentes phases de traitement par boues activées ainsi que sur le matériel et les méthodes d'analyses utilisées pour la caractérisation des effluents brutes et traités.

Enfin, nous terminons notre étude par une récapitulation des principaux résultats obtenus et des perspectives pour des travaux futurs.

Partie

Bibliographique

I- GENERALITES SUR LES EAUX USÉES

I-1-Définition

Les eaux usées sont des milieux 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 réutilisation ou rejet dans les milieux naturels récepteurs (SALGHI, 2001).

I-2- Origine des eaux usées

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

- **Eaux usées domestiques**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et des eaux de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires (BONTAUX, 1994)

- **Eaux usées industrielles**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques, organiques et métalliques (des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures) (ANONYME, 2012).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration.

- **Eaux usées pluviales**

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau. 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**). Les eaux de pluie, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique.

- **Eaux usées des ruissellements agricoles**

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenues par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**BONTOUX, 1993**).

II-RISQUES D'UTILISATION DES EAUX USÉES

Les eaux usées représentent un important véhicule d'agents biologiques (parasites, bactéries et virus) et chimiques (principalement métaux lourds, bioaccumulation des pesticides) issues de l'activité humaine et/ou industrielle. (ANONYME, 2012). Les agents pathogènes peuvent être transmis à l'homme lors du contact direct avec les eaux usées, ou indirectement par la consommation de cultures irriguées avec ces eaux usées, ou encore par des produits d'origine animale.

II-1- Notion de risque

D'après DEVAUX(1999), les études de l'estimation du risque distinguent deux types de risque :

- Le risque potentiel comprend en lui-même le risque théorique et le risque expérimental.
 - Le risque théorique, également appelé danger, est défini par le critère d'absence ou de présence d'un contaminant (micro-organisme, métal lourd, etc...). Il dépend de la population qui produit les eaux usées et d'autres facteurs (présence de rejet industriel, réseau unitaire, etc.) (BAUMONT et *al.*,2004).
 - Le risque expérimental est le risque que le contaminant soit transmis à un individu. Il dépend de la dose de départ, de l'efficacité du traitement, de la capacité de survie (pour les microorganismes) ou de rétention (pour les micro-polluants), et de la dose minimale nécessaire pour contaminer un individu.
- Le risque réel correspond à la probabilité [d'être contaminé] dans une population exposée (DEVAUX, 1999). Il dépend des facteurs liés au risque potentiel, et dépend également des capacités immunitaires de l'individu (naturelles ou acquises), ainsi que d'autres facteurs comme l'âge, le sexe, l'état de santé, la nutrition, l'hygiène et la capacité du diagnostic (clinique, sérologique et portage) des acteurs de santé.

II-2- Risque microbiologique

Le danger microbiologique est dû aux agents pathogènes véhiculés par les eaux usées (parasites, bactéries et virus).

II-2-1- Bactéries dans les eaux usées

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et dépourvus de noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (ASANO, 1998). Ce sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (TOZE, 1999). Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont des *Proteus* et des entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium.

La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, 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). La voie de contamination majoritaire est l'ingestion, comme il est indiqué dans le tableau I.

- **Les coliformes**

Ce sont des bactéries Gram négatif, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* qui sont capables de fermenter le lactose. Les coliformes sont rencontrés largement dans les fèces d'origine animale et humaine (MEHLMAN, 1984). Ce groupe est constitué de deux catégories de bactéries : les Coliformes Totaux et les Coliformes Fécaux.

- **Les Coliformes Totaux (CT):** Ce sont des bacilles, Gram négatif qui ne forment pas de spores et ne possèdent pas d'oxydase. Anaérobies facultatifs, ils fermentent le lactose avec production de gaz en 24 heures à 35°C (KABLER et CLARK, 1961). Ils peuvent avoir d'autres sources à part la matière fécale à savoir les cours d'eau, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents.

Ce groupe est présenté par les genres suivants : *Enterobacter*, *Serratia*, *Yersinia*, *Rahnella* et *Buttiauxella* (LARPENT et LARPENT-GOURGAND, 1985).

- **Les Coliformes Fécaux (CF):** Ou coliformes thermotolérants, ont les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux mais la fermentation du lactose avec production de gaz se fait à 44°C (**GALAF et GHANNAM, 2003**).

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et dans une moindre mesure certaines espèces du genre: *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (**ELMUND et al., 1999; EDBERG et al., 2000**). *Escherichia coli* correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent l'indole à partir de tryptophane à 44°C (**RODIER et al., 2005**).

- **Les Streptocoques Fécaux (SF)**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique "D" de LANCEFIELD (**SHARPE, 1979**). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent à 37°C et possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (**MANUEL DE BERGEY, 1984**).

Il existe cinq espèces: *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. feacalis*, *S. feacium*. Les streptocoques fécaux sont localisés dans les intestins de l'homme et des animaux à sang chaud et indiquent une pollution par des matières fécales.

- **Les vibrions cholériques**

Ce sont des bacilles fins, légèrement incurvés, mobiles grâce à un cil polaire, aéro-anaérobie, fermentant les glucides, oxydase positifs, appartiennent à la famille de *vibrionaceae*, asporulés, Gram négatif (**PILET et al., 1983**). Ils revêtent une importance particulière dans la contamination des eaux et sont à l'origine d'une grave maladie, le choléra.

- **Les Salmonelles**

Les espèces du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le genre *Salmonella* est l'un des plus importants de cette famille. Ce genre comprend des bactéries asporulées, Gram négatif, aéro-anaérobies facultatives, généralement mobiles grâce à des cils péritriches et parfois immobiles (**GALAF et GHANNAM, 2003**). Les Salmonelles sont des organismes mésophiles, la température optimale de croissance est 37°C (**ANONYME, 1996**).

Elles sont présentes chez l'homme au niveau des intestins, mais aussi chez les mammifères et bon nombre d'animaux à sang chaud (**BRISON et DENIS, 1978**).

- **Les Clostridiums**

Ce sont des bacilles Gram positif, anaérobies strictes presque toujours mobiles, sporulés. Ces bactéries ont un point commun, celui de réduire le sulfite de sodium en sulfure (**HASLAY et LECLERC, 1993**). Les Clostridiums sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale, mais il y a un intérêt à rechercher que les espèces les plus susceptibles d'être d'origine fécale: c'est le cas en particulier de *Clostridium perfringens* (**RODIER et al., 2005**).

Tableau I. Bactéries pathogènes dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Voie de contamination principale
<i>Salmonella sp</i>	Typhoïde, paratyphoïde, Salmonellose	Ingestion
<i>Shigella sp</i>	Dysenterie bacillaire	Ingestion
<i>Escherichia. coli</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Yersinia sp</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Campylobacter sp</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Vibrio sp</i>	Choléra	Ingestion
<i>Leptospira sp</i>	Leptospirose	Cutanée/Inhalation/Ingestion
<i>Legionella sp</i>	Légionellose	Inhalation
<i>Mycobacterium sp</i>	Tuberculose	Inhalation

(ASANO, 1998)

II-2-2- Parasites dans les eaux usées

Parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes et sont illustrés dans le tableau II.

Tableau II. Parasites pathogènes dans les eaux usées

Organisme	Syptôme, maladie	Nombre pour un litre	Voies de contamination principales
Protozoaires			
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
<i>Balantidium Coli</i>	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée	0,3 à 122	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation / Ingestion
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée		Ingestion
Helminthes			
<i>Ascaris</i>	Ascariadiase : diarrhée, troubles Nerveux	5 à 111	Ingestion
<i>Ancylostoma</i>	Anémie	6 à 188	Ingestion / Cutanée
<i>Necator</i>	Anémie		Cutanée
<i>Tænia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires		Ingestion de viande mal cuite
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion
<i>Toxocora</i>	Fièvre, douleur abdominale		Ingestion
<i>Strongyloïdes</i>	Diarrhée, douleur abdominale, Nausea		Cutanée
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, Anorexie		Ingestion

(METAHRI, 2012)

II-2-3- Virus dans les eaux usées

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Dans le tableau III, nous avons recensé la plupart des virus que l'on peut trouver dans les eaux usées

Tableau III. Virus dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre	Voies de contamination Principales
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, vomissement, diarrhée		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion / inhalation
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et Diarrhée		Ingestion
Enterovirus :	Poliovirus Paralysie, méningite, fièvre	182 à 492 000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion
Coxsackie B	Myocardite, anomalie congénitale du cœur (si contamination pendant la grossesse), éruption cutanée, fièvre, méningite, maladie respiratoire		Ingestion
Echovirus	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre		Ingestion
Enterovirus 68-71	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite hémorragique aiguë, fièvre		Ingestion

(ASANO, 1998)

II-3- Risque physico-chimique

Il résulte de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets.

II-3-1- Température

La température est un facteur écologique important parce qu'elle influe sur les processus physiques, chimiques et biologiques qui se déroulent dans le milieu aquatique (**HUGH et al., 1994**), ainsi que sur la vitesse des réactions enzymatiques (**MADIGOU, 2005**). De même, il est reconnu que la température est un facteur qui contrôle la reproduction et la croissance des populations bactériennes (**HOCH et KIRCHMAN, 1993**).

Elle joue également 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 cesse pour des températures inférieures à 5°C (**RODIER et al., 2005**).

II-3-2- Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9. (**METAHRI, 2012**).

II-3-3- Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (Salinité de l'eau). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**METAHRI, 2012**). Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de

2500 μ Sm/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (METAHRI, 2012).

II-3-4- Matières en Suspension (MES)

Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent (METAHRI, 2012).

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmentent la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (DUGUET et al., 2006).

II-3-5- Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l.

II-3-6- Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO₅. Cette mesure est très utilisée pour le suivi des rejets des stations d'épurations, car elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradable (BONTAUX, 1994).

La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent (SUSCHKA et FERREIRA, 1986).

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

- si $DCO/DBO_5 \leq 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;
- si $1,5 < DCO/DBO_5 < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- si $2,5 < DCO/DBO_5 < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- si $DCO/DBO_5 > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un rapport DCO/DBO très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures ... etc. La valeur du rapport DCO/DBO détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (METAHRI, 2012).

II-3-7- Azote

Selon le degré d'oxydation, l'azote est présent dans les eaux usées sous les différentes formes chimiques suivantes : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+).

❖ L'azote ammoniacal (NH_4^+)

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

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

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

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

II-3-8- Phosphore

Dans les rejets d'eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates), mais aussi sous forme de composés organiques solubilisés ou à l'état de matière en suspension (**FABY et BRISSAUD, 1997**). Il joue un rôle important dans la respiration des cellules vivantes, dans le stockage et le transfert de l'énergie. A des concentrations élevées dans l'eau, il provoque l'eutrophisation (**METAHRI, 2012**). La protection des milieux aquatiques induit l'abattement du phosphore. Par contre, la réutilisation des eaux à des fins agricoles ne nécessite pas une réduction des teneurs en azote et en phosphore.

II-4- Normes de rejet

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu récepteur naturel, les eaux usées doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger ces milieux contre tout type de pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration ou elles subissent plusieurs phases de traitement.

L'OMS (1989) et le Décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides et fixent les valeurs limites de ces rejets (voir Tableau XIV, XV, XVI, Annexe IV).

III- TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EAUX USEES

III-1- Principe du traitement biologique

Tous les traitements des eaux usées résiduaires urbaines sont basés sur le principe de l'épuration biologique. Elle consiste à reproduire et à intensifier les processus existants dans la nature. Lorsque, dans un milieu naturel, il y a de la matière organique, les bactéries se chargent de la dégrader et de la réduire en éléments simples tout en augmentant leur biomasse (MIQUEL, 2003). Le traitement s'effectue dans un réacteur où l'on met en contact des microorganismes épurateurs et l'eau à épurer. Les microorganismes épurateurs sont en suspension dans un bassin aéré, on parle alors de procédé à boues activées. Le réacteur est alimenté en continu (eau usée) et la biomasse transforme les polluants :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien;
- Par conversion de la DBO₅ en matière cellulaire: croissance de la culture bactérienne et des microorganismes associés
- Par oxydation en CO₂ et H₂O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et la production de nouveau matériau cellulaire.

III-2- Procédés de traitement des eaux usées

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible. Ce paragraphe sera traité dans la partie Matériel et méthodes.

III-3- Traitement des eaux usées en Algérie

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement, et encore moins à l'épuration. Le volume annuel des eaux usées est estimé à 800 millions de m³, dont quelques 550 millions de m³ correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 50 000 habitants (HARTANI, 2004). Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation de 84 stations d'épuration et la réhabilitation de 15 autres, dont deux en exploitation ce qui a permis d'atteindre un parc de 194 STEP en 2010 (DAPE, 2006).

Partie

Expérimentale

Matériel
et
Méthodes

I- MATÉRIEL ET MÉTHODES

I-1- Présentation de la zone d'emprunt

I-1-1- Historique et caractéristiques du site

La station d'épuration des eaux usées objet de cette étude est située à 10 Km à l'Est de la wilaya de Médéa, au bord de l'oued « LAHRECH », dans une zone relativement enclavée entre les collines. La station a été mise en service en 2007 et est exploitée par l'ONA depuis Juin 2009. Cette station a été conçue pour traiter les eaux usées domestiques de la wilaya de Médéa et de ses environs.

I-1-2- Description de la STEP

D'une capacité de 26.000m³/jour, la STEP est destinée à la protection des eaux de l'oued HARBIL et de la nappe phréatique de la partie sud de la région de Médéa.

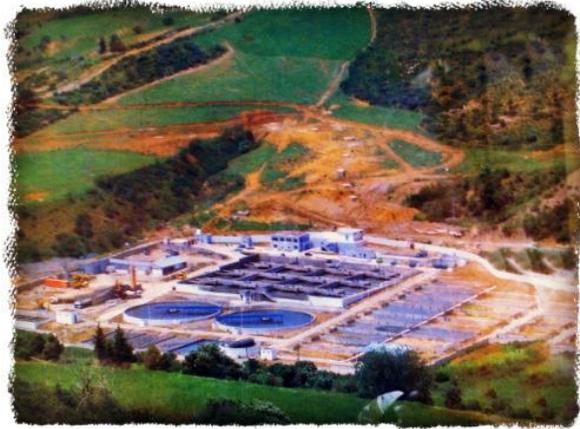


Figure.1 La STEP de Médéa

La construction et la mise en place des équipements électromécaniques de cette station se feront en deux phases permettant ainsi de traiter les eaux d'une population équivalente à 162.500 Eq/habitants en première phase (phase actuelle) et à 195.000 Eq/habitants en deuxième phase (phase future) (ONA, 2006).



Figure.2 Plan de la STEP de Médéa

I-2- Matériel et Mode de prélèvement

Les échantillonnages ont été effectués du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2012, à raison d'un prélèvement par semaine. Le choix du type d'échantillonnage se fait selon les paramètres afin d'apprécier les résultats obtenus.

- Des prélèvements automatiques : effectués directement à partir de l'échantillonneur pour apprécier certains paramètres qui ne peuvent être représentatifs que lorsqu'ils sont mesurés *in situ* comme la température, le pH et la conductivité.
- Des prélèvements manuels instantanés : conservés immédiatement dans une glacière avec une réserve de froid suffisante pour garder une température inférieure à 4°C jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

Trois points de prélèvement ont été choisis à savoir:

- ✓ Un prélèvement de l'eau brute après l'étape de dégrillage fin.
- ✓ Un prélèvement de l'eau épurée à la sortie du décanteur
- ✓ Un prélèvement au niveau du bassin d'aération afin d'apprécier la qualité des boues.

Ces trois points ont fait l'objet:

- D'analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de la STEP de Médéa. Le prélèvement se fait dans des flacons de 500ml.
- D'analyses bactériologiques au niveau du laboratoire d'hygiène de la direction de santé publique de Médéa. Le prélèvement se fait dans des flacons stériles de 250ml.
- D'analyses parasitologiques au niveau du laboratoire d'hygiène de la direction de santé publique de Médéa. Le prélèvement se fait dans des bouteilles de 2 litres de contenance.
- **Le matériel non biologique** constitué d'appareillages, de verreries, de réactifs et de solutions ainsi que des milieux de culture (voir Annexe VI).

I-3- Méthodes

L'évaluation de la qualité des eaux usées et traitées sera effectuée par le biais d'un ensemble de paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

➤ **Les paramètres physico-chimiques**

- La température ;
- Le potentiel d'hydrogène (pH) ;
- La conductivité électrique (CE);
- Les matières en suspension (MES);
- La demande chimique en oxygène (DCO) ;
- La demande biologique en oxygène (DBO₅) ;
- Ammonium (NH₄⁺) ;
- Nitrate (NO₃⁻);
- Phosphate (PO₄³⁻).

➤ **Les paramètres microbiologiques**

↪ **Analyses bactériologiques**

- Recherche et dénombrement des coliformes totaux ;
- Recherche et dénombrement des coliformes fécaux ;
- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux ;
- Recherche et dénombrement des spores de clostridiums sulfito-réducteurs ;
- Recherche des germes pathogènes

↪ **Analyses mycologiques**

- Recherche de la flore fongique

↪ **Les analyses parasitologiques**

Le dénombrement des parasites susceptibles de provoquer une contamination transcutanée ou par voie orale par la recherche de larves et de kystes de protozoaires ainsi que d'œufs d'helminthes.

I-3-1- Paramètres physico-chimiques

I-3-1-1- Mesure de la température et pH NORME NF T90-008

❖ **Principe**

C'est une mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

❖ **Mode opératoire**

- Allumer le pH-mètre puis rincer les deux électrodes avec de l'eau distillée.
- 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.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser et faire la correction de température ;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher, laisser stabiliser un moment, puis noter le résultat.

❖ **Expression des résultats**

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

I-3-1-2- Conductivité électrique NF EN 27888/ ISO 7888 Janvier 1994 (NF T90-031)

❖ **Principe**

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau (phénomène conducteur dépend de la concentration et de la nature des ions, de la température et de la viscosité de la solution). La détermination directe se fait grâce à un instrument approprié de la conductivité électrique de solutions aqueuses.

❖ **Mode opératoire**

- Allumer le conductimètre puis rincer les deux électrodes avec de l'eau distillée.
- Plonger la sonde dans le bécher contenant l'eau à analyser.
- Régler la température puis appuyer sur la touche (COND) pour mesurer la conductivité.
- La lecture finale se fait lorsque la valeur devient stable.

❖ **Expression des résultats**

La conductivité électrique est exprimée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{Cm}$).

❖ **Détermination de la minéralisation**

La conductivité électrique augmente avec la température et la concentration en sels dissous (**COIN, 1981**) de ce fait elle donne directement une estimation de la minéralisation totale et de la salinité de l'eau (Tableau X, Annexe I)

I-3-1-3- Les matières en suspension (MES) NORME NFT 90-105

a) Méthode par filtration

❖ Mode opératoire

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

- Sécher les papiers filtres MES dans une étuve à 105°C.
- Laisser refroidir en dessiccateur et on pèse.
- Placer le filtre dans l'équipement de filtration et mettre en marche le dispositif d'aspiration.
- Verser ensuite progressivement un volume bien déterminé d'eau à analyser (200ml) sur le filtre. Sécher le filtre à 105°C, jusqu'à une masse constante.

❖ Expression des résultats

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

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

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

M₀ = Masse en mg du disque filtrant avant utilisation (filtre vide).

M₁ = Masse en mg du disque filtrant après utilisation.

b) Méthode par centrifugation

❖ Mode opératoire

- Introduire la totalité de l'eau à analyser (100ml de l'eau brute) dans le pot de la centrifugeuse
- Centrifuger durant 20 minutes.
- Recueillir le culot déposé dans une capsule préalablement séchée à 105 °C et laisser ensuite refroidir dans un dessiccateur puis peser.

❖ Expression des résultats

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

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

Minéraliser la capsule séchée à 105 °C par un autre séchage dans un four à 525°C.

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

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

On peut conclure les MVS ce sont les Matières Volatiles en Suspension Elle représente la partie organique non dissoute d'un échantillon. Elle est calculée par l'expression :

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

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

M₀ : Masse en milligrammes de la capsule vide.

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

M₂ : Masse en milligrammes de la capsule après minéralisation (après séchage à 525 °C).

I-3-1-4- Demande chimique en oxygène (DCO)**❖ Principe**

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

❖ Mode opératoire

- Transvaser 10 ml de l'échantillon à analyser, diluer si nécessaire dans un tube à DCO mètre (le volume total est toujours de 10 ml).
- Mettre 10 ml d'eau distillée dans un tube à DCO mètre (c'est le blanc) (effectuer 2 essais à blanc).
- Mettre 10 ml d'hydrogénéphthalate de potassium dans un tube à DCO mètre (c'est le témoin).

- Ajouter pour chaque tube 5 ml de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et quelques billes en verre (régulateur d'ébullition) et agiter soigneusement.
- Ajouter lentement 15 ml d'acide sulfurique – sulfate d'argent sous hotte.
- Mettre le DCO mettre en marche à une température 150 C° pendant 120 minutes.
- Une fois les 120 min entamées, éteindre le DCO mètre et laisser les tubes refroidir.
- Diluer le contenu de chaque tube dans une éprouvette de 100 ml à environ 75 ml.
- Mettre 1 à 2 gouttes de l'indicateur Ferroïne, et titrer avec la solution sulfate de Fer et d'Ammonium (Sel de Mohr).
- La coloration passe du vert au rouge violacé.

❖ **Expression des résultats**

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

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

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

V_0 : est le volume en millilitres, de la prise d'essai avant dilution (s'il y a lieu).

V_1 : est le volume en millilitres de la solution de sulfate de Fer et d'Ammonium utilisé pour l'essai à blanc.

V_2 : est le volume en millilitres, de la solution de sulfate de Fer et d'Ammonium utilisé pour l'échantillon.

8000 : est la masse molaire en milligrammes par mole de $\frac{1}{2} O_2$.

I-3-1-5- Demande biologique en oxygène (DBO₅)

❖ **Principe**

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

❖ **Mode opératoire**

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate (Tableau IX. des volumes et des facteurs) (voir Annexe I).
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO.
- Ajouter de la soude pour adsorber le CO₂ formé.
- Ajouter un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO
- Mettre une étiquette sur chaque bouteille contenant la date du prélèvement et d'analyse, ainsi que l'identification de l'échantillon.
- Mettre le DBO en marche à 20 C° pendant 5 jours.

❖ **Expression des résultats**

La lecture est effectuée après 5 jours d'incubation à 20 ° C.

On Calcule la concentration en DBO₅ par la formule suivante :

$$[\text{DBO}_5] = V \times f \quad \text{mg /L}$$

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

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

D'après la valeur de la DBO estimée en mg/l on peut se référer à un tableau de Gamme (Annexe I), qui nous indique le volume à prendre de notre échantillon ainsi que la valeur du facteur.

I-3-1-6- Ammonium

❖ **Principe**

Mesure spectrométrique du composé vert formé par la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

❖ **Mode Opératoire**

Prendre un volume maximal de 25 ml de l'échantillon à analyser, (diluer si nécessaire) dans une fiole de 50 ml.

- Ajouter 4ml de Dichloro isocyanurate de sodium ;
- Ajouter 4ml de réactif coloré ;
- Compléter à 50 ml avec de l'eau dans des fioles jaugées de 50 ml.

- Laisser le temps de réaction 60 minutes.
- L'apparition d'une coloration verte indique la présence des NH_4^+ .
- Faire la lecture des échantillons à une longueur d'onde $\lambda = 655\text{nm}$

❖ **Expression des Résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l de N- NH_4^+

I-3-1-7- Nitrate

❖ **principe**

Mesure spectrométrique du composé jaune issu de la réaction des nitrates avec l'acide sulfosalicylique. Formé par addition à l'échantillon de salicylate de sodium et d'acide sulfurique après traitement à l'alcali.

❖ **Mode opératoire**

Un volume maximal de 25 ml de l'échantillon est analysé, (diluer si nécessaire) dans un bécher.

- Préparer trois (03) échantillons :
- Les eaux brutes: Mettre 2,5 ml dans un bécher.
- Les eaux traitées : Mettre 1 ml dans un bécher.
- Le blanc: Mettre 5 ml de l'eau distillée.
- Ajouter dans chaque échantillon :
 - 0.5 ml d'Azoture de sodium.
 - 0.2 ml d'Acide acétique.
 - Laisser évaporer de 75 à 88° C.
- Après séchage, refroidissement. Ajouter 1 ml salicylate de sodium.
- Laisser évaporer à nouveau à (75 – 88) °C. Séchage et refroidissement.
- Ajouter 1 ml d'Acide sulfurique.
- Laisser reposer environ 10 min.
- Ensuite, 10 ml d'eau distillée sont ajoutés.
- Ajouter ensuite 10 ml de la solution d'Alcali.
- Transvaser le contenu du bécher dans une fiole jaugée à 25 ml sans compléter.
- Placer la fiole dans le bain d'eau à 25 C° pendant 10 min.
- Retirer la fiole et compléter au volume avec de l'eau.

- La lecture est faite au spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$

❖ **Expression des Résultats :**

Le résultat est donnée directement en mg/l de N-NO_3^- pour le convertir en NO_3^- multiplier le résultat par 4.43.

I-3-1-8- Phosphate

❖ **Principe**

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl- phosphomolybdate, et la réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu.

❖ **Mode opératoire**

- Le volume maximum de la prise d'essai est de 40 ml (diluer si nécessaire), le dosage de concentration d'orthophosphates allant jusqu'à $f = 0.8 \text{ mg/l}$.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et agiter.
- Ajouter 2 ml de molybdate acide et agiter.
- Compléter à 50 ml avec de l'eau dans des fioles jaugées à 50 ml.
- Laisser le temps de réaction 30 minutes.
- A la suite de l'apparition d'une coloration bleue indicatrice de la présence des PO_4^{3-} , procéder à la lecture des échantillons à une longueur d'onde $\lambda = 880 \text{ nm}$.

❖ **Expression des résultats**

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

I-3-2- Paramètres microbiologiques

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

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

- La première partie vise à estimer l'efficacité du traitement dans la réduction de la charge microbienne. Ainsi, nous avons choisi deux points de prélèvement :

- Prélèvement de l'eau brute.
- Prélèvement de l'eau épurée.

- La deuxième partie a pour but de contrôler le fonctionnement de la boue activée. Nous l'avons prélevé à partir du bassin d'aération suivie d'une observation microscopique de cette dernière.

I-3-2-1- Analyses bactériologiques

Les échantillons doivent être prélevés avec toutes les conditions d'asepsie nécessaires si l'on veut qu'ils soient représentatifs de l'eau que l'on veut analyser. Pour éviter qu'il y ait des changements imprévisibles dans la flore bactérienne de l'échantillon, l'examen doit commencer le plus tôt possible après le prélèvement. L'échantillon doit être transporté dans des contenants stériles en verre de capacité de 250ml et doit être protégé contre les effets de la température dans une glacière fermée à 4°C.

- **Dilutions décimales**

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

- 25 ml de l'échantillon de l'eau à analyser est introduit aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile dans un flacon contenant 225 ml d'eau distillée stérile.
- Fermer et agiter le flacon. Cette dilution est alors 1/10.
- De la même façon prélever 25 ml de la dilution 10^{-1} et la transférer dans un deuxième flacon afin d'obtenir la dilution 10^{-2} répéter la même procédure jusqu'à l'obtention de la dilution idéale (selon la charge polluante de l'eau à analyser).

La dilution sera donc plus élevée pour l'eau usée brute que pour celle d'une eau usée traitée.

a) Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane

La filtration sur membrane permet de compter les coliformes et les streptocoques en faisant passer à travers le filtre un volume connu d'échantillon d'eaux résiduaires (ou d'une dilution de cet échantillon). Cette membrane filtrante consiste dans un papier-filtre spécial, à pores suffisamment petits (0,45 μm). Elle est ensuite placée sur un tampon absorbant saturé d'un milieu de culture (gélose au Tergitol pour les coliformes et Slanetz pour les streptocoques), puis mise à incuber.

Pendant l'incubation, chacune des bactéries donne naissance à une colonie bactérienne. Une fois l'incubation terminée, on compte les colonies et l'on en déduit le nombre de bactéries pour 100 ml d'eau (OMS, 1997).

- **Mode opératoire (LEBRES, 2002)**

- Stériliser un entonnoir de la rampe de filtration à l'aide d'un bec bunsen
- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile (figure.3).
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Retirer la membrane avec une pince stérile, déposer la dans une boîte pétrie de 45 mm de diamètre contenant de la gélose (face contaminée en haut). Les éléments nutritifs de la gélose traversent la membrane ce qui permet le développement des bactéries en surface
- Incuber la boîte dans l'étuve :
 - Pour la recherche de **coliformes totaux et les streptocoques**: **37°C** pendant 24 heures,
 - Pour la recherche de **coliformes thermotolérants** : **44°C** pendant 24 heures.

- **Lecture et interprétation**

- Examiner la membrane dès la fin de l'incubation, à travers le couvercle.
- Les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses légèrement bombées
- Les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées.
- Les résultats sont exprimés en nombre de colonies trouvées par 100 ml d'eau à analyser.

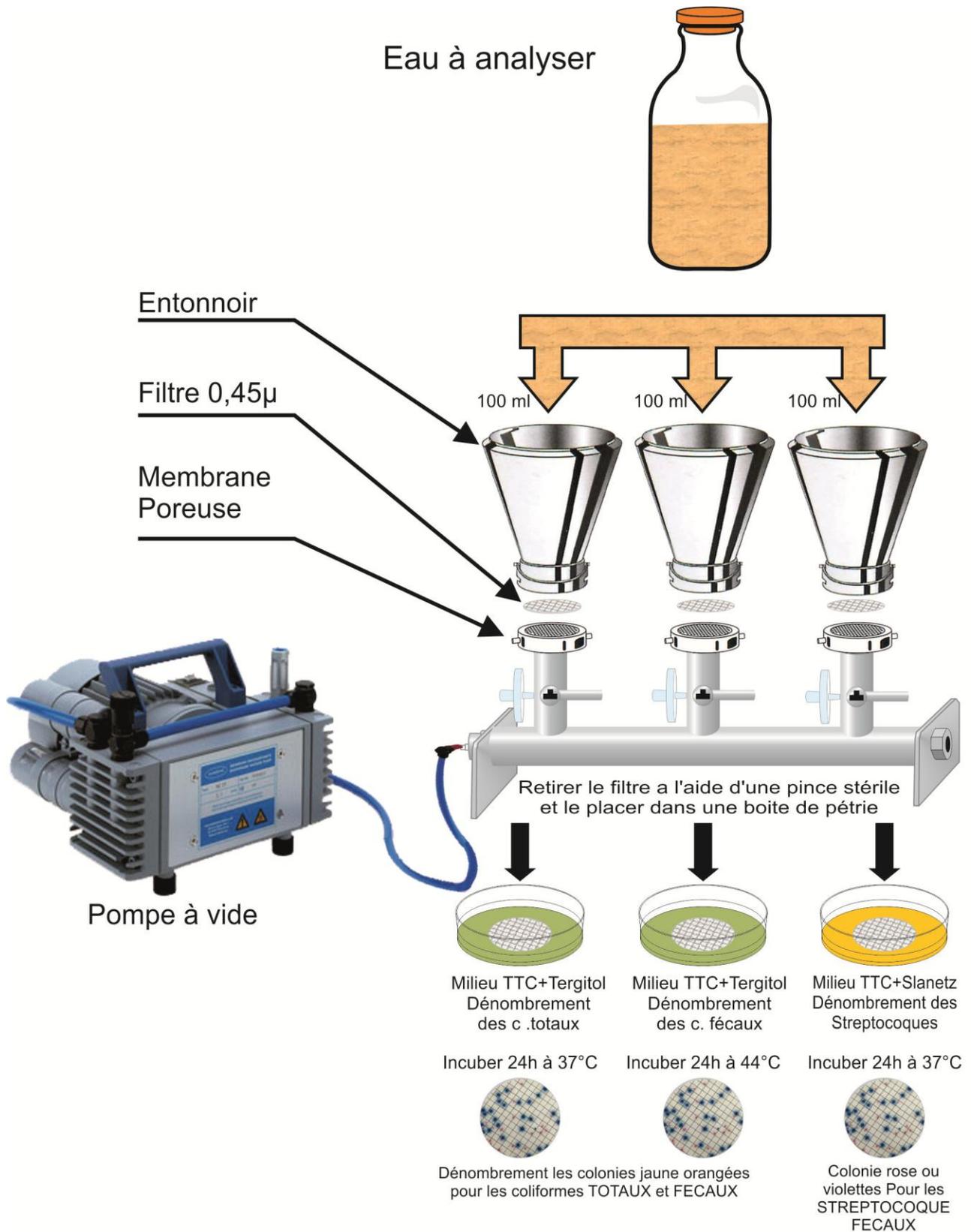


Figure.3 Colimétrie et Streptométrie par filtration sur membrane (Schéma original)

b) Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs

La recherche de Clostridium sulfito-réducteurs est basée sur la recherche des formes sporulées et pour cela il faut :

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et en introduire 25ml environ dans un tube stérile, le porter 5 à 10 minutes à 80°C afin de détruire la forme végétative et préserver la forme sporulée.
- Refroidir rapidement sous l'eau de robinet.
- Répartir le contenu dans quatre tubes stériles à raison de 5ml par tube (figure.4), ajouter 20ml de gélose viande foie (VF) qui a été au préalable fondue au bain marie, refroidie à 45±1°C et additionnée d'une ampoule de sulfite de sodium et d'une ampoule d'Alun de fer.
- Mélanger soigneusement sans faire des bulles et en évitant l'introduction d'air.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ,
- Puis incuber à 37°C durant 18 heures.

Après une première lecture, incuber à nouveau jusqu'à 24 heures et éventuellement 48 heures.

Les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices. (Voir le schéma de la Figure.4)

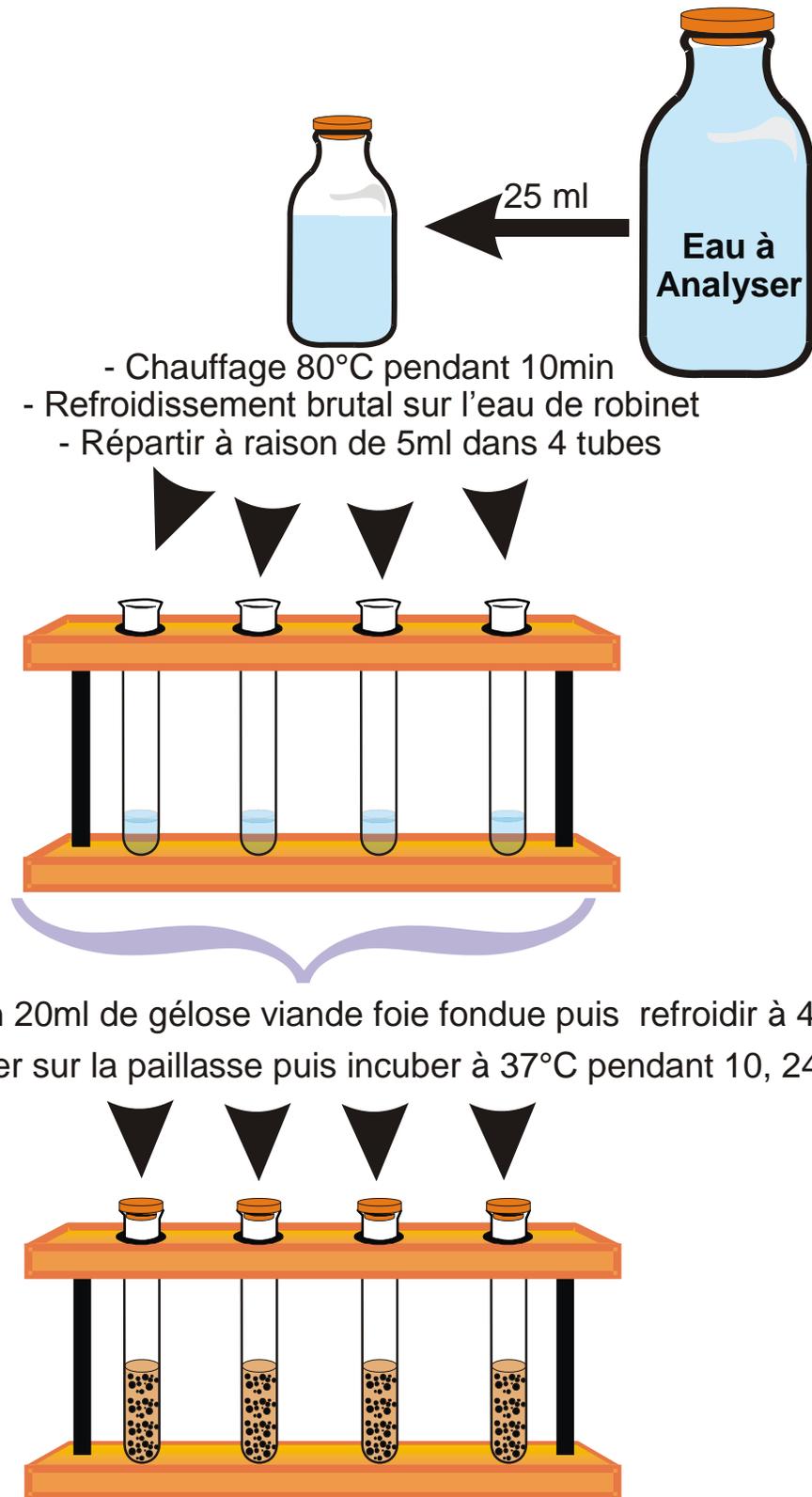


Figure.4 Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur

(Schéma original)

c) Recherche des Vibrions cholériques

La recherche des vibrions cholériques se fait en 3 étapes (Figure.5) :

1^{ère} étape : Un enrichissement primaire s'effectue sur le milieu Eau Péptonée Alcalin (EPA). A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 250ml dans un flacon contenant 50ml de milieu EPA 10 fois concentré, puis incuber à 37°C pendant 6, 18 à 24 heures. La solution obtenue est appelée EPA_I.

2^{ème} étape : La solution EPA_I fera l'objet, d'une part d'un deuxième enrichissement (EPA_{II}) qui consiste à ensemencer 1ml d'EPA_I dans un tube contenant 10 ml d'EPA.

D'autre part, d'un isolement sur GNAB_I (Gélose Nutritive Alcaline Biliée). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

3^{ème} étape : D'une part le tube EPA_{II} fera l'objet d'un isolement sur GNAB_{II} puis incubation à 37°C pendant 24 heures et d'autre part la boîte gélose GNAB_I subira une lecture.

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

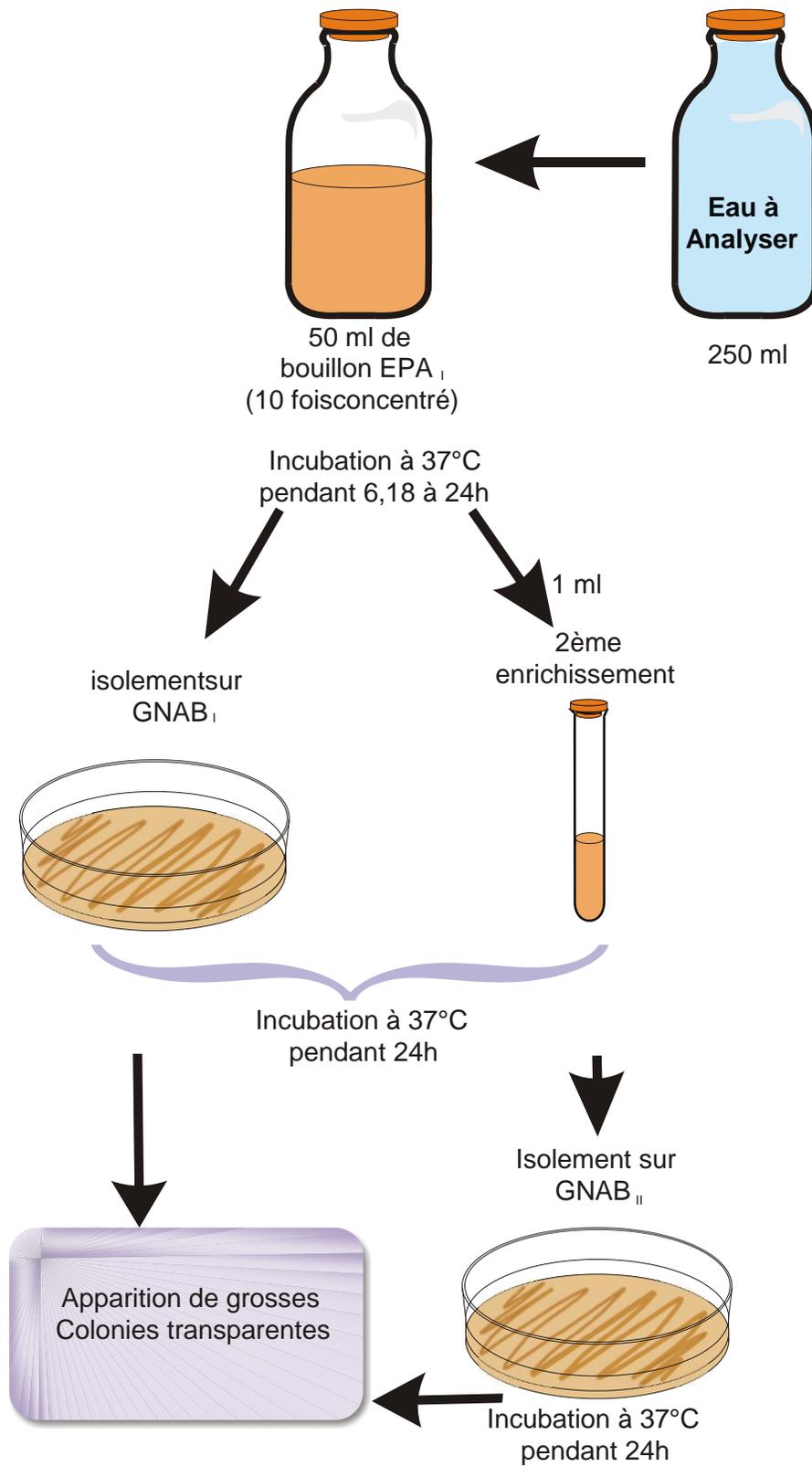


Figure.5 Recherche de *Vibrio cholerae* (Schéma original)

d) Recherche des Salmonelles

La recherche des Salmonelles se fait en 4 étapes comme l'indique le schéma de la figure.6

1^{ère} étape : Un enrichissement primaire s'effectue sur le milieu sélénite-cystéine SFB.

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 50ml dans un flacon contenant 100ml de bouillon sélénite-cystéine, la solution obtenue est appelée SFB_I, elle sera incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

2^{ème} étape : La solution SFB_I fera l'objet d'une part, d'un deuxième enrichissement (SFB_{II}) qui consiste à ensemencer 1ml du SFB_I dans un tube contenant 10ml de bouillon sélénite-cystéine. D'autre part, d'un isolement sur gélose HEKTOEN (H_I).

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

3^{ème} étape : D'une part, le bouillon SFB_I fera l'objet d'un troisième enrichissement (SFB_{III}) qui consiste à ensemencer 1ml du SFB_{II} dans un tube contenant 10ml de bouillon sélénite-cystéine, et un isolement sur gélose HEKTOEN (H_{II}) puis incubation à 37°C pendant 24 heures.

D'autre part, la gélose (H_I) subira une lecture.

4^{ème} étape : D'une part, le bouillon SFB_{III} fera l'objet d'un isolement sur gélose HEKTOEN (H_{III}) puis incubation à 37°C pendant 24 heures. D'autre part, la gélose H_{II} subira une lecture.

Les boîtes de gélose HEKTOEN subiront une lecture qui se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques et en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies grises bleues, vertes bleues avec ou sans centre noire d'une taille très petite.

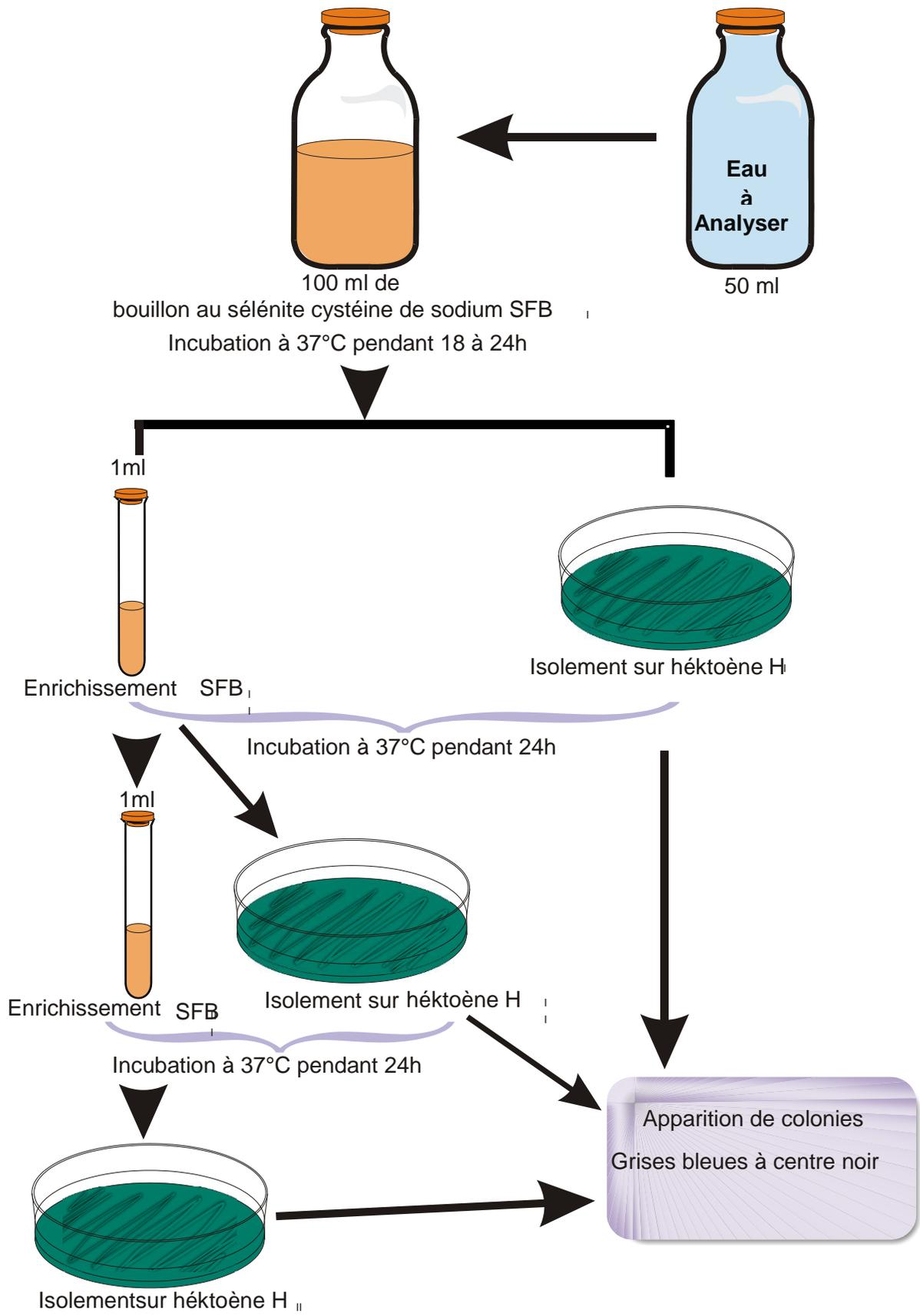


Figure.6 Recherche des Salmonelles (Schéma original)

I-3-2-2- Analyses parasitologiques (méthode de Bailenger modifiée)

L'analyse parasitologique met en œuvre différentes techniques d'enrichissement car la densité parasitaire se révèle trop faible pour qu'un examen microscopique direct soit probant (**THEVENOT et al., 1985**). Cependant, nous avons opté pour le choix de la technique de Bailenger fortement recommandée par l'OMS, (**1997**). Elle est intéressante par sa rapidité, sa simplicité, son efficacité et sa reproductibilité grâce aux caractères constants des réactifs qui sont non toxiques et pas onéreux. Cette méthode a pour but la concentration des éléments parasitaires par élimination des débris sous l'effet de forces attractives qu'exercent les deux phases non miscibles acéto-acétique et éther sur les particules hérissées des groupements hydrophiles et lipophiles. (**SYLLA et BELGHYTI, 2008**)

- **Mode opératoire :**

- Recueillir un échantillon d'eau de volume connu (V litres), Laisser décanter pendant 1-2 heures puis éliminer 90% du surnageant.
- Transvaser soigneusement le sédiment dans un ou plusieurs tubes à centrifuger, selon le volume, et centrifuger à 1000 g pendant 15 min.
- Eliminer le surnageant. Si l'on a utilisé à l'étape précédente plusieurs tubes à centrifuger, réunir tous les culots dans un seul tube (ne pas oublier de rincer soigneusement avec une solution détergente pour être sûr que le sédiment soit recueilli en totalité) et recentrifuger à 1000 g pendant 15 min.
- Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acéto-acétique à pH 4,5. Si le culot a un volume inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon
- Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther et mélanger soigneusement la solution
- Centrifuger à 1000 g pendant 15 min. L'échantillon comporte alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasseuse, notamment les œufs et les larves d'helminthes et les protozoaires, sont rassemblés dans la couche inférieure. Au dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncée au sommet de l'échantillon (Figure.7)
- Noter le volume du culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube avec précaution

- 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 soigneusement.
- Prélever rapidement une fraction avec une pipette Pasteur et la déposer sur une lame.
- Laisser reposer la lame remplie sur une surface plane pendant 5 min avant de l'examiner. Cela laisse le temps à tous les œufs de venir flotter à la surface.
- Placer la lame sous microscope et l'examiner au grossissement 10x10 ou 40x10. compter tous les œufs visibles. Pour plus de précision, répéter la numérotation, et noter le nombre moyen trouvé. Puis calculer le nombre d'œufs et kystes par litre à l'aide de la formule ci-dessous:

$$N = AX/PV$$

Où:

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon

A = nombre d'œufs comptés sur la lame McMaster ou moyenne des nombres trouvés dans deux ou trois lames

X = volume du produit final (ml)

P = Contenance de la lame McMaster (0,3 ml)

V = volume de l'échantillon initial (litres).

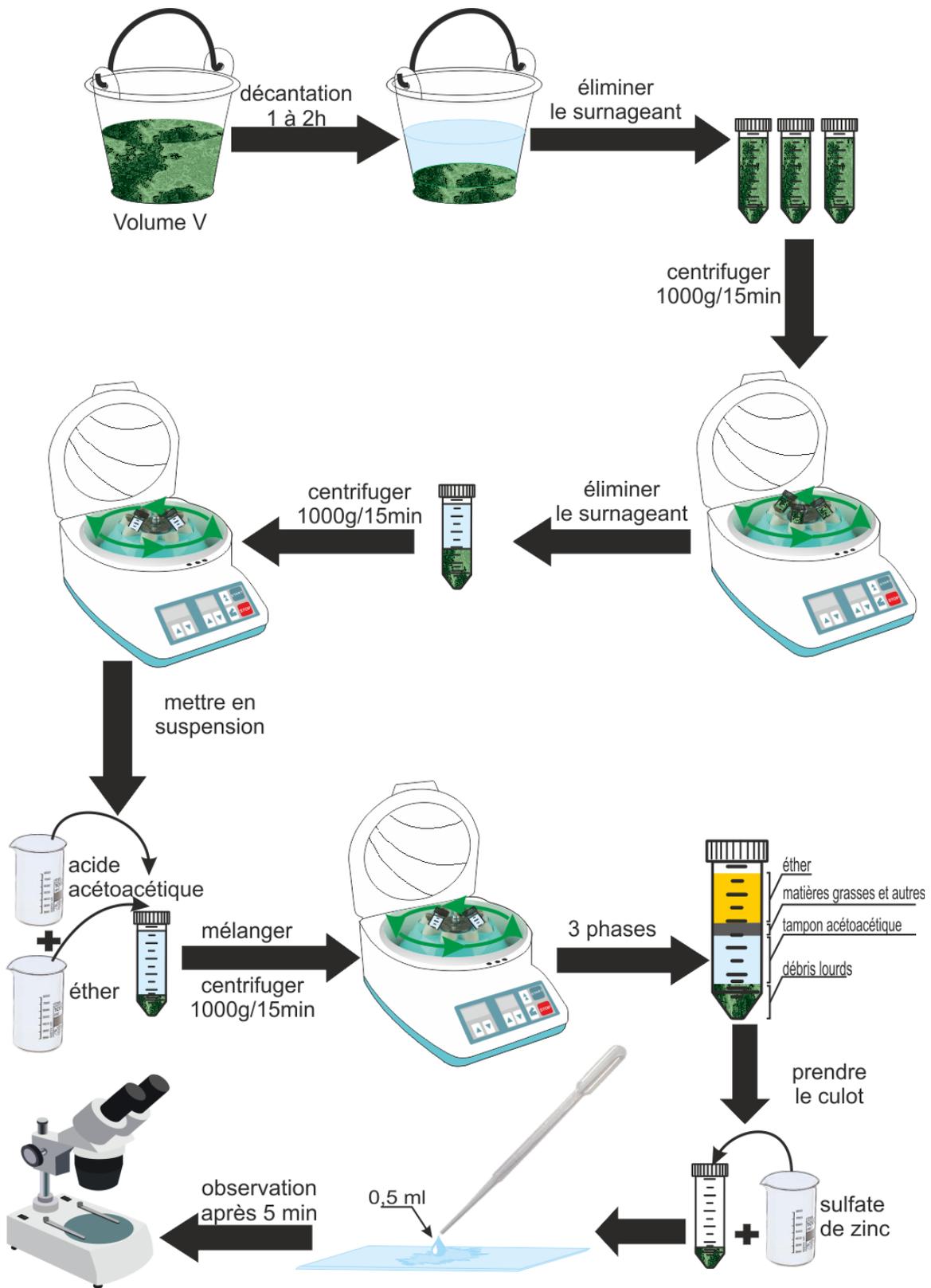


Figure.7 Recherche de kystes de protozoaires et d'œufs d'helminthes (Méthode de Baileger modifiée) (Schéma original)

I-3-2-3- Recherche de la flore fongique

- **Principe**

La recherche et l'identification des champignons véhiculés par l'eau nécessitent leur isolement sur milieu gélosé (**CHAMPIAT et LARPENT, 1994**)

La gélose Sabouraud est un milieu d'utilisation générale, recommandé pour la culture et l'isolement des levures et des champignons filamenteux à partir de prélèvements polymicrobiens.

Elle est additionnée de :

- Chloramphénicol pour inhiber la croissance des bactéries Gram positif et Gram négatif.
- D'actidione qui inhibe la croissance des champignons saprophytes mais n'a pas d'action sur les champignons pathogènes.

- **Mode opératoire (Figure.8)**

- Prendre trois tubes de gélose : un tube de Sabouraud, un tube de Sabouraud additionné de chloramphénicol et un tube de Sabouraud additionné de chloramphénicol et d'actidione.
- Ensemencer 0,1 ml de l'échantillon d'eau directement sur la pente.
- Incuber à l'étuve, capsule débloquée, à 25°C ou 37°C. Les cultures sont examinées généralement après 48 à 72 heures d'incubation pour la recherche des levures
- En cas d'incubation à 37°C, la lecture peut être réalisée dès 24 heures.
- Pour la recherche de champignons filamenteux, observer la croissance à partir du 3^{ème} jour d'incubation

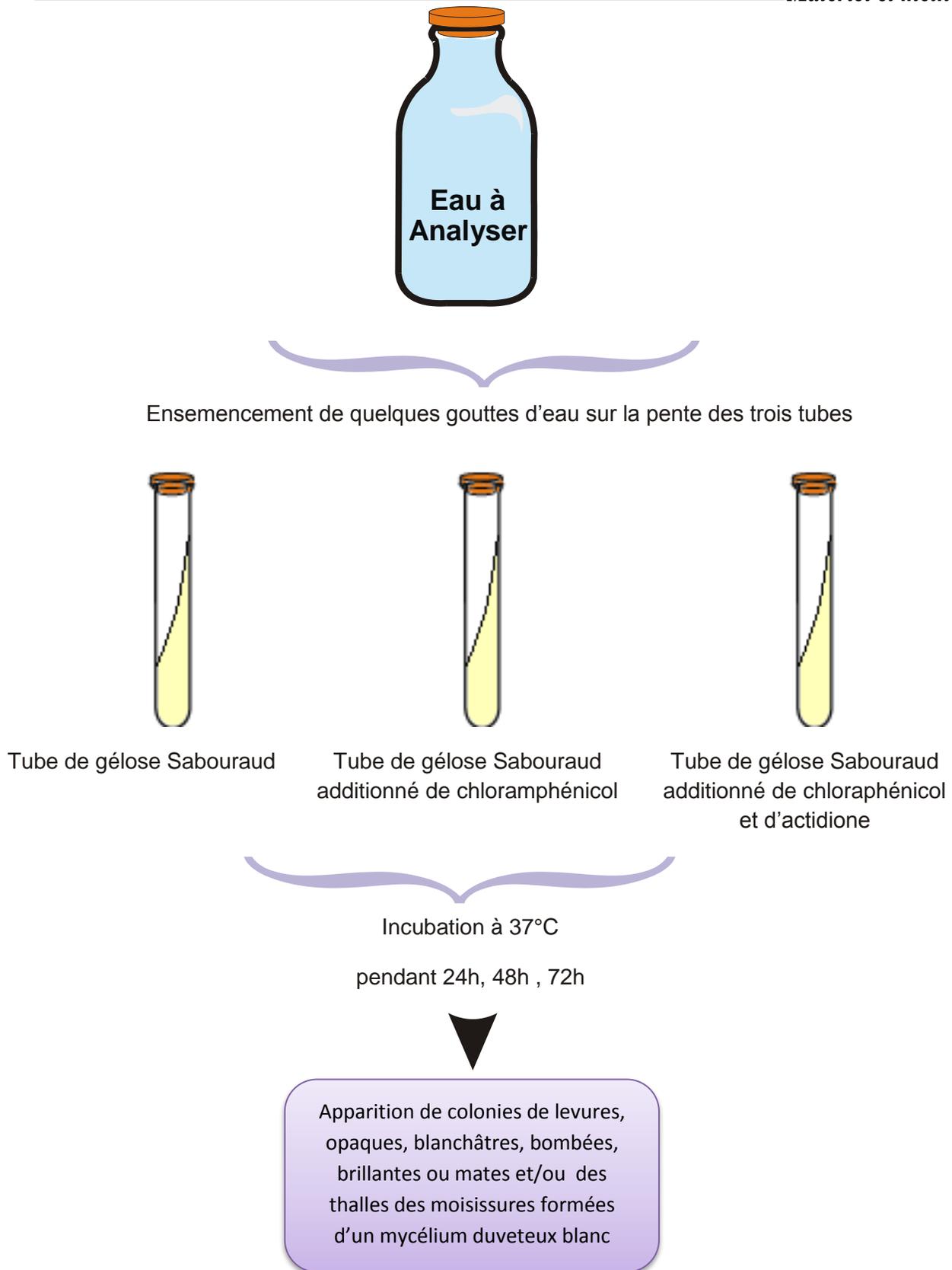


Figure.8 Recherche de la flore fongique (Schéma original)

I-3-2-4- Contrôle de la boue activée

C'est un outil de diagnostic rapide du fonctionnement du traitement par boue activée à partir de l'observation de la microfaune et de l'état des floccs, afin de détecter d'éventuelles anomalies et de faciliter ainsi l'exploitation (CANLER *et al.*, 1999)

a) L'observation macroscopique

Apporte des enseignements préalables de la boue : couleur, odeur de l'échantillon brut et après décantation : quantité de boue, présence de flottants, aspect du surnageant, aspect du flocc.

• L'indice de décantation

Permet de déterminer le volume de floccs biologiques présent dans un litre de boues activées (PANDOLFI, 2006).

❖ Mode opératoire

Mettre dans une éprouvette 1L de l'eau provenant de bassin d'aération, prélevée après 20 à 25 minutes de fonctionnement du système d'aération.

Après une décantation de 30 minutes, on détermine le volume (en ml) occupé par les boues.

❖ Expression des résultats

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

• Matière sèche

❖ Mode opératoire

- Prélever dans une fiole jaugée un volume (V) de l'échantillon à analyser (l'eau).
- Nettoyer la capsule à l'aide de l'acide chlorhydrique dilué ou à l'acide nitrique dilué tiède puis à l'eau distillée, la sécher par passage à l'étuve à 180°C.
- Laisser refroidir la capsule presque jusqu'à la température ambiante
- Puis la placer dans un dessiccateur pendant environ 15 mn et la peser, soit M_0 la masse de la capsule à vide.
- Laisser évaporer progressivement la prise d'essai introduite dans la capsule .Il est recommandé de ne remplir la capsule que jusqu'à mi-hauteur.
- Une fois l'eau est évaporée, placer la capsule dans l'étuve réglée à la température souhaitée (105°C) pendant 24H et (180°C) pendant 3 à 4 H.

- Laisser refroidir la capsule et son contenu jusqu'à la température ambiante
- Puis la placer dans un dessiccateur pendant 15mn environ et peser, soit M_1 la masse de la capsule après chauffage à 105°C et M_2 la masse de la capsule après chauffage après 180°C.

❖ **Expression des résultats**

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

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

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

M_0 : Masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation.

M_1 : Masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°

• **L'indice de MOHLMAN**

❖ **Principe**

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

❖ **Mode opératoire**

- Introduire dans une éprouvette 1 litre de boues prévenant de bassin d'aération, prélevées après 15 à 20 minutes de fonctionnement du système d'aération.
- Déterminer le volume (en ml) occupé par les boues après décantation d'une demi-heure.
- Déterminer par ailleurs la teneur en matières sèches d'un litre de boues à analyser (**RODIER et al., 2005**)

❖ **Expression des résultats**

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport (**RODIER et al., 2005**):

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

La valeur moyenne de l'indice de MOHLMAN est située entre 90 et 150 (ml/g) au-dessus de 150ml/g des problèmes de décantation peuvent apparaître.

b) L'observation microscopique

L'observation rapide et simple par microscope optique des différentes composantes de la boue (liquide interstitiel, floc bactérien et microfaune) peut confirmer un certain nombre d'éléments évoqués précédemment lors de l'observation macroscopique et/ou apporter de nouveaux enseignements (CANLER *et al.*,1999). Pour cela, nous avons eu recours à un microscope équipé d'un système d'acquisition d'images composé d'une caméra CCD, le signal est ensuite traité par un adaptateur et stocké sur une carte d'acquisition d'un ordinateur puis sur un support permanent.



Figure.9 Le système d'acquisition d'images

- **Préparation microscopique (état frais)**
 - Etaler 15 μ l de boues sur une lame en verre propre,
 - Recouvrir par une lamelle puis observer à grossissement de 40X
 - Prendre des photos si nécessaire. La qualité des images dépendra du bon réglage de l'opérateur, du système de visualisation (propreté des objectifs) et de la qualité des préparations.

I-3-3- Calcul de l'efficacité du traitement

Les performances sont exprimées en terme de rendement sur quelques paramètres physicochimiques, bactériologiques et parasitologiques. Ce descripteur traduit le taux de réduction de la concentration en micropolluants entre l'entrée et la sortie de la station (CHOUBERT *et al.*,2011)

Chaque rendement est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{P_i - P_0}{P_i} \times 100$$

Où :

R : est le rendement pour un paramètre donné,

P_i : est le chiffre du paramètre donné à l'entrée,

P₀ : est le chiffre du même paramètre à la sortie.

I-3-4- Analyse statistique des résultats

I-3-4-1- La moyenne et l'écart-type

Les résultats des analyses des eaux usées brutes et traitées nous ont permis de calculer la moyenne et l'écartype

La moyenne X d'un échantillon de taille n de variables x₁, x₂, x₃ ..., x_n est obtenue par :

$$X = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

L'écart type est un paramètre statistique qui permet d'apprécier la dispersion des variables autour de la moyenne de l'échantillon, il est noté δ.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum x^2 - nx^2}{n - 1}}$$

I-3-4-2- Le coefficient de corrélation de Pearson (r)

Le coefficient de corrélation linéaire simple, dit de Bravais-Pearson (ou de Pearson), est une normalisation de la covariance par le produit des écarts-type des variables.

$$R_{(x,y)} = \frac{COV(x,y)}{\delta_x \times \delta_y}$$

Le coefficient de corrélation sert avant tout à caractériser une relation linéaire positive ou négative. Plus il est proche de 1 (en valeur absolue), plus la relation est forte. Un r=0 indique l'absence de corrélation entre les deux variables étudiées (**RAKOTOMALALA, 2008**)

Résultats
et
Discussions

II- RESULTATS ET DISCUSSIONS

II-1- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

L'évolution hebdomadaire de quelques paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et traitées déterminée à partir de prélèvements effectués entre Mars et Juillet 2012, est illustrée dans le tableau XI, Annexe IV. Ces résultats seront comparés aux normes recommandées par l'OMS et JORA afin d'évaluer le rendement épuratoire du traitement par boues activées au niveau de la station d'épuration de Médéa.

II-1-1- Température

Durant la période d'étude, les résultats obtenus sont illustrés dans la figure n°10. Les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches (eaux brutes (EB) et traitées (ET)). Elles se situent dans un intervalle qui oscille entre un minimum de 6.5°C et un maximum de 19.1°C à l'entrée avec une moyenne de $11 \pm 3.21^\circ\text{C}$ et entre 7.6°C et 16.2°C pour les eaux épurées avec une moyenne de $10.91 \pm 2.75^\circ\text{C}$. Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques.

La réglementation est très diversifiée à travers le monde. En Algérie, les normes de rejets des eaux usées admises dans la nature sont de l'ordre de 30°C (JORA, 2006). Les valeurs de la température constatées au cours de cette étude pour les différents échantillons sont inférieures à ces normes.

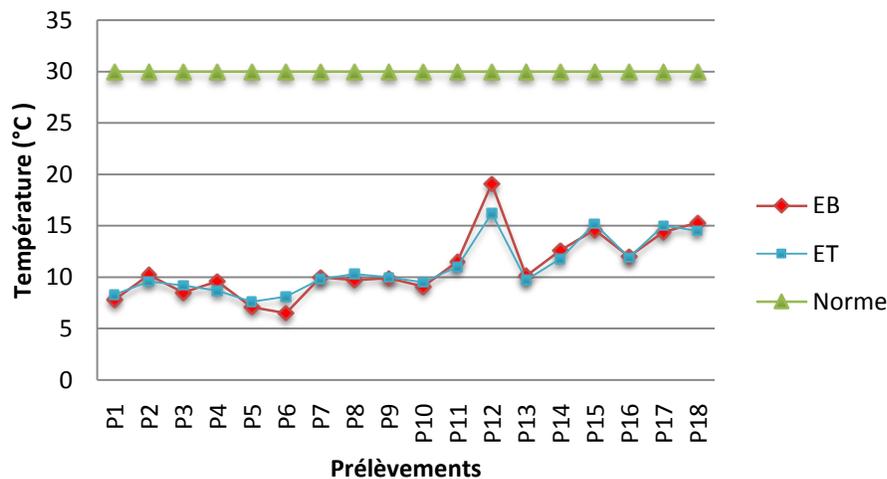


Figure.10 Variations hebdomadaires de la température des eaux brutes et traitées

II-1-2- pH

Les valeurs de pH des eaux usées avant traitement sont comprises entre 6.77 et 7.39 avec 7.05 ± 0.20 comme étant la valeur moyenne qui est une caractéristique des eaux résiduaires dont le pH est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie (FRANCK, 2002). D'après SEVRIN REYSSAC *et al.*, (1995), un pH alcalin et une 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. Concernant les eaux traitées, les valeurs du pH augmentent avec une tendance vers l'alcalinité, elles varient entre 7.24 et 7.73 avec une moyenne de 7.47 ± 0.14 (figure.11) respectant ainsi la norme de rejet délimitée entre 6.5 et 8.5. Selon MURILLO, (2004), l'augmentation de pH des boues activées pourrait être en partie due à une volatilisation de composé acide ou de CO₂ dissous. CHEN *et al.*, (2001) ce qui expliquerait cette augmentation par la désorption des protéines qui présentent des groupements carboxyles.

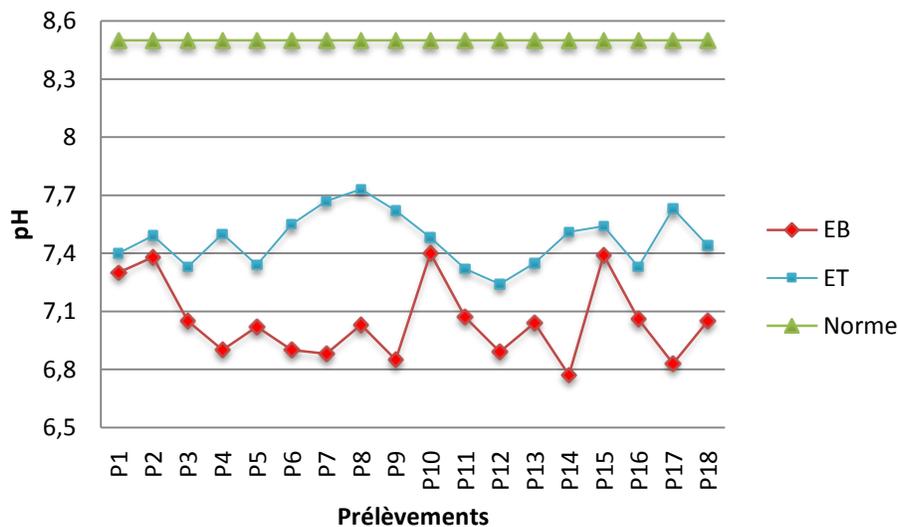


Figure.11 Variations hebdomadaires du pH des eaux brutes et traitées

II-1-3- Conductivité électrique

La conductivité électrique est probablement l'une des plus importantes variables pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. Les résultats obtenus et illustrés par la figure.12 mettent en évidence des valeurs moyennes plus ou moins importantes de la minéralisation des eaux usées brutes. La valeur

maximale est de 4110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la valeur minimale est de l'ordre de 1341 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Au niveau des eaux traitées, la valeur maximale de la conductivité enregistrée est de 2960 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la valeur minimale est de 1391 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tableau XI, Annexe IV). Cette diminution s'expliquerait probablement par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui sont concentrés dans les boues.

Les valeurs enregistrées au cours de cette étude indiquent que la conductivité électrique des eaux usées se caractérise par des valeurs relativement élevées dues probablement aux charges polluantes. Selon **FRANCK (2002)**, tout rejet polluant s'accompagne d'un accroissement de la conductivité.

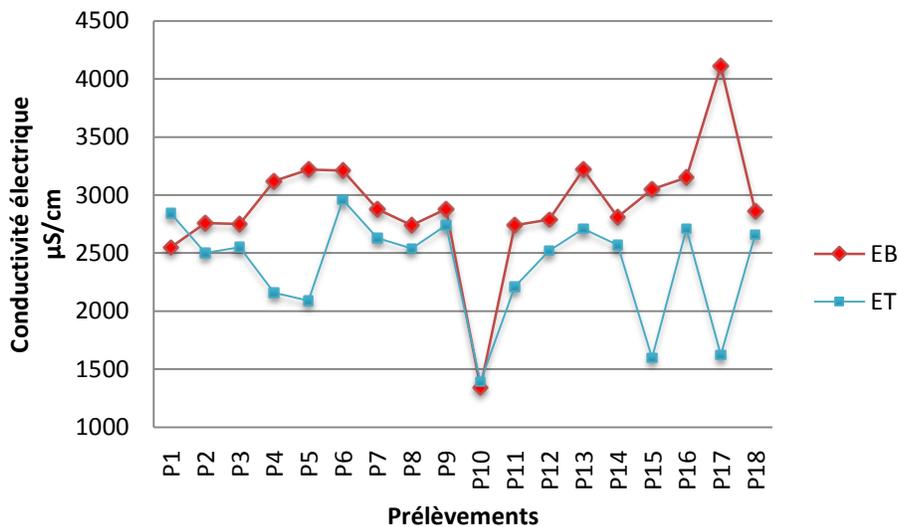


Figure.12 Variations hebdomadaires de la conductivité électrique des eaux brutes et traitées

II-1-4- Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont, en majeure partie, de nature biodégradable (**FAO, 2003**). Les valeurs enregistrées au cours de cette étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. Elles se situent entre 312 mg/l et 950 mg/l avec une moyenne de 529.67 ± 190.13 mg/l pour les eaux brutes (figure.13, tableau XI). Ce résultat est lié souvent à la charge importante en matières organiques et minérales engendrées par la population.

Concernant les eaux épurées, le taux des MES varie entre 3.5 mg/l et 27 mg/l. Ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables. Elles restent cependant inférieures à la norme de rejet de l'OMS (30 mg/l) et à celle citée au journal officiel algérien limitée à 35 mg/l (**JORA, 2006**) (Annexe V)

Selon **RODIER et al., (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 constitue un support idéal pour les ions, les molécules et les agents biologiques.

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**). Cependant, 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**).

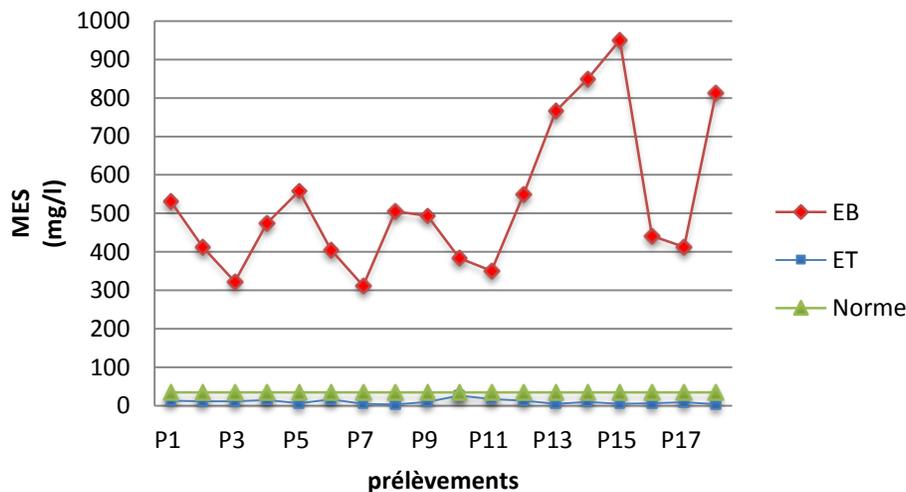


Figure.13 Variations hebdomadaires des matières en suspension des eaux brutes et traitées

II-1-5- Paramètres de pollution organique (DCO, DBO₅)

Les valeurs de l'évolution hebdomadaire de la DCO et la DBO₅ de l'eau brute et traitée sont consignées portées dans le tableau XI. (Voir Annexe IV).

II-1-5-1- Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (**THOMAS, 1985**).

On note que les valeurs de la DCO de l'eau brute est variable selon les semaines de l'échantillonnage, elles oscillent entre 365 mg O₂/l et 1094.4 mg O₂/l avec une moyenne de 672.02±215.20 mg O₂/l.

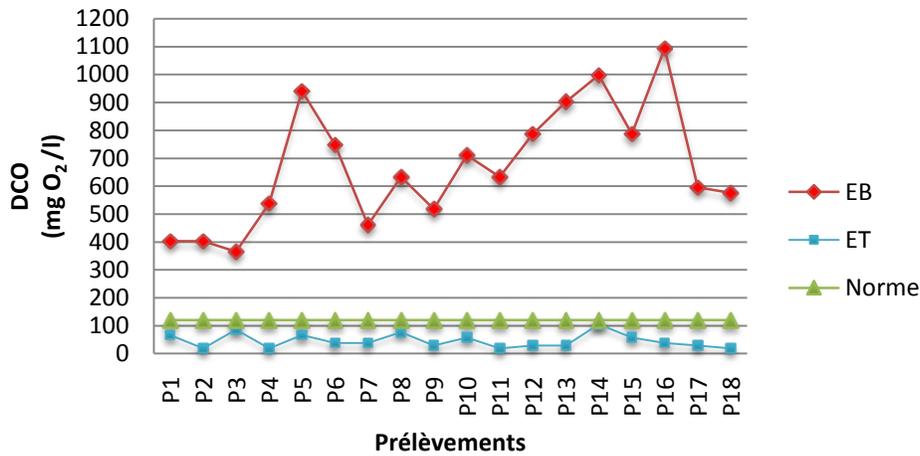


Figure.14 Variations hebdomadaires de la DCO des eaux brutes et traitées

Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute (45.88±26.04 mg O₂/l). Elles varient entre 19.2 mg O₂/l et 105.4 mg O₂/l (figure.14). Ces valeurs obéissent aux normes algériennes de rejet (120 mg O₂/l), ainsi qu'aux normes de l'OMS (< 90 mg O₂/l)

II-1-5-2- Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques (THOMAS, 1985). La valeur moyenne de la charge polluante reçue par la station varie entre 70 mgO₂/l et 750 mg O₂/l en fonction des semaines de prélèvement. Les variations des concentrations en DBO₅ de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires. Cependant, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par la station, les effluents traités s'appauvrissent et montrent des teneurs en DBO₅ qui oscillent entre 1 mg O₂/l et 14 mg O₂/l, ce qui correspond à un taux d'abattement moyen de 97.22%. Cette performance de la station est liée à une optimisation des réglages d'exploitation.

Avec une moyenne de 5.89±3.91 mg O₂/l, la qualité de l'eau en DBO₅ est inférieure aux normes algériennes de rejet (40 mg O₂/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<30 mg O₂/l) (Annexe V).

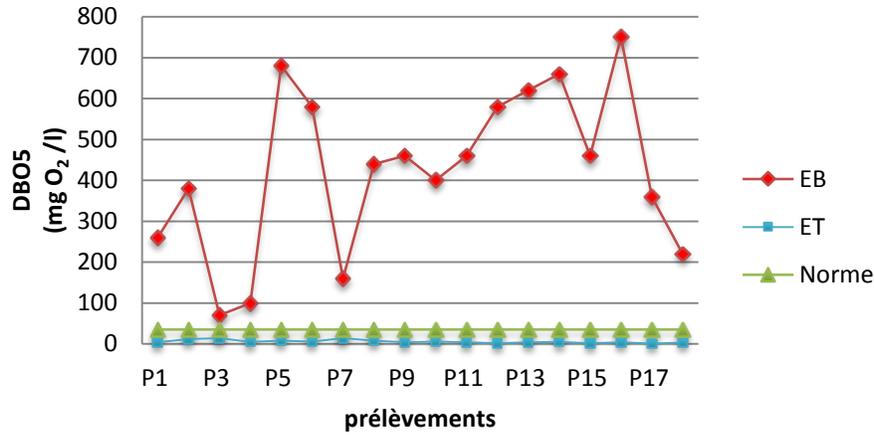


Figure.15 Variations hebdomadaires de la DBO₅ des eaux brutes et traitées

Le rapport entre la DCO et la DBO₅ permet de caractériser la nature de l'effluent en entrée de la STEP ainsi que l'efficacité du traitement biologique. Il est en moyenne de 2.03. Cette valeur est inférieure à 3 (figure.16) ce qui confère à l'effluent une bonne biodégradabilité (CARDOT, 1999) et confirme que les eaux usées traitées au niveau de la STEP sont d'origine domestique (RODIER et al., 2005). Selon BLIEFERT et PERRAUD (2001), les valeurs de la DCO et de la DBO₅ de l'eau traitée sont typique des eaux communales après épuration biologique.

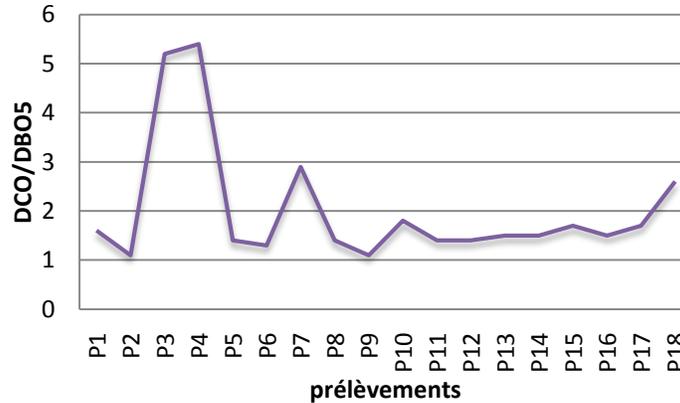


Figure.16 Variations hebdomadaires du rapport DCO/DBO₅

II-1-6- Matières azotées

Dans les eaux résiduaires domestiques, l'azote est présent essentiellement sous forme organique et ammoniacale provenant surtout des déjections animales et humaines et des rejets agro-alimentaires (METCALF et EDDY, 2003).

Dans cette étude, de faibles teneurs en nitrates sont notées au niveau des eaux brutes. Elles varient entre 0.1 mg/l et 4.52 mg/l. Tandis que dans les eaux épurées, ces valeurs oscillent entre 6.4 mg/l et 30.64 mg/l. On constate que le taux des nitrates a augmenté considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes (figure.17) mais en moyenne, elles restent inférieures aux normes de l’OMS (50 mg/l).

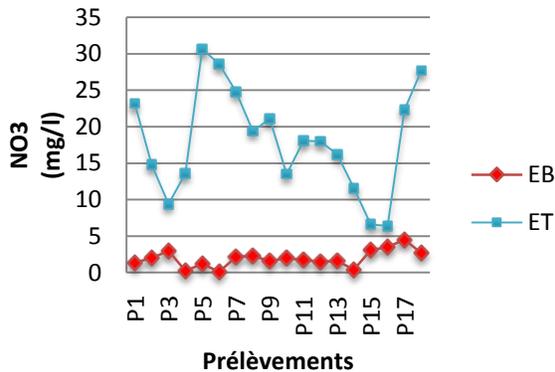


Figure.17 Variations hebdomadaires des nitrates des eaux brutes et traitées

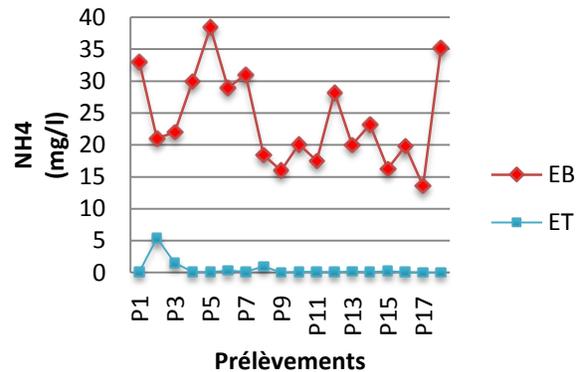
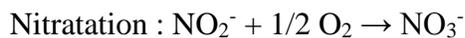
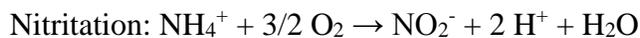


Figure.18 Variations hebdomadaires de l’azote ammoniacal des eaux brutes et traitées

On note également la réduction des valeurs de l’azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux traitées avec un taux moyen de 97,67% (tableau XI, figure.18), cela montre que l’azote ammoniacal a été oxydé par nitrification en nitrite (NO_2^-) un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est effectuée en présence d’oxygène par des bactéries autotrophes nitrifiantes en deux étapes, la première étant assurée par des bactéries *Nitrosomonas* et la deuxième par des bactéries *Nitrobacter* (AUBRY, 2003)



La présence de nitrate dans l’eau soulève habituellement moins d’objection que celle de l’azote ammoniacal (RAMALHO, 1983). Cependant, comme ce composé peut nuire à la réutilisation de l’eau, il s’avère parfois nécessaire de l’éliminer en ayant recours à la dénitrification, un processus anoxie au cours duquel les bactéries hétérotrophes vont changer leur métabolisme pour utiliser les formes oxydées d’azote (NO_2^- , NO_3^-) comme accepteurs d’électron au lieu de l’oxygène moléculaire (O_2). La réduction biologique du nitrate au cours de la dénitrification mènera à la

production finale de N₂ (produit gazeux inerte) (FAURIE *et al.*, 2005). Ces processus peuvent néanmoins coexister dans un même bassin à boues activées si l'on prend le soin d'alterner des phases d'aération et d'anoxie.

II-1-7- Pollution phosphorée

L'origine du phosphore dans les eaux usées domestiques est déduite de la connaissance des sources de phosphore naturel et de son utilisation (VILLEBRUN, 1989). Il provient du métabolisme humain (30 à 50%) (DERNAT *et al.*, 1994). Les rejets de détergents sont à l'origine de 50 à 70% du phosphore. Ces détergents et en particulier, les lessives, utilisent des polyphosphates pour lutter contre la dureté de l'eau, faciliter l'émulsion des graisses et maintenir la salissure en suspension. Les polyphosphates sont ensuite rejetés au cours du rinçage et ont tendance à s'hydrolyser en phosphates dans les eaux usées (FRANCK, 2002).

D'après les résultats obtenus, on constate que les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en phosphate oscillant entre 0.8 mg/l et 2.9 mg/l avec une moyenne de 1.35 ± 0.59 mg/l. Pour les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.1 mg/l à 0.87 mg/l (figure.19). Ce qui est conforme aux normes nationales et internationales (< 2 mg/l).

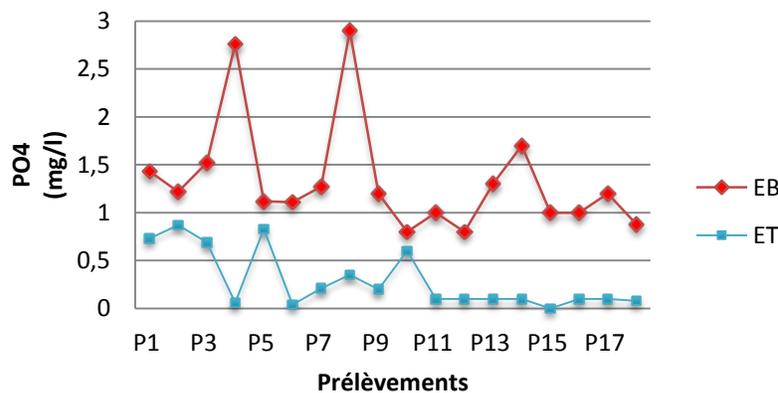


Figure.19 Variations hebdomadaires du phosphore des eaux brutes et traitées

Les micro-organismes assurant la dégradation du carbone et de l'azote intègrent le phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN). La part de phosphore éliminée, simplement par cette voie, représente environ 25 % de la quantité journalière à dégrader (DERONZIER *et CHOUBERT*, 2004).

Pour augmenter les performances d'élimination du phosphore, les installations à boues activées réalisent un transfert sous forme particulaire soit par précipitation (voie physico-chimique), ou par suraccumulation au sein de la biomasse épuratrice (voie biologique), soit par combinaison des deux processus (filère combinée) (DERNAT, 1994).

II-2- PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES

La nature de la population microbienne est très variée dans les eaux usées (RODIER *et al.*, 2005). L'OMS (1989) a choisi plusieurs témoins bactériologiques répondant à certaines exigences, il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de LANCFIELD et parfois les *Clostridium perfringens*. La raison de ce choix réside dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide (entre 24 et 48h), que celle des germes pathogènes nécessitant généralement plusieurs jours d'identification sérologique (GAUTHIER *et PIETRI*, 1998). Les résultats des analyses bactériologiques hebdomadaires établies durant la période d'étude allant du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet 2012 sont consignés dans le tableau XII (Annexe IV).

II-2-1- Coliformes totaux

La pertinence de ce groupe comme indicateur est aujourd'hui fortement contestée du fait que toutes les espèces incluses dans les coliformes totaux ne sont pas spécifiques de la flore intestinale des animaux à sang chaud. En effet, certaines espèces sont d'origine tellurique ou aquatique et sont capables de se développer dans l'environnement aquatique (LEMARCHAND *et al.*, 2004 ; TALLON *et al.*, 2005).

Sur la base des données représentées par la figure.20, on constate que l'effluent brute est caractérisé par des teneurs très élevées en coliformes totaux oscillant entre 7.40×10^9 et 15.3×10^9 / 100 ml d'eau usée avec une moyenne de $9.28 \times 10^9 \pm 2.03 \times 10^9$ / 100ml. Selon SEVRIN REYSSAC *et al.*, (1995), ces concentrations très élevées résultent de l'abondance des nutriments, oxygène dissous, le pH alcalin et la température modérée ce qui constitue des conditions de milieu idéales pour la prolifération des bactéries.

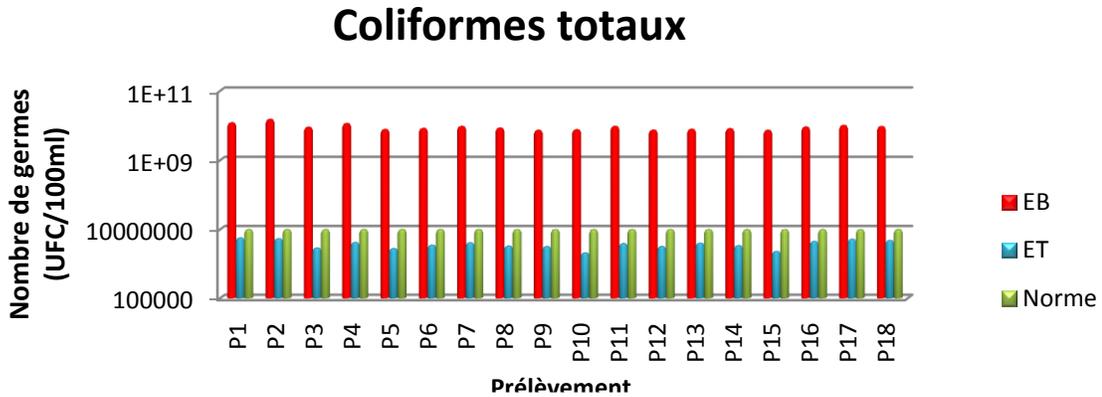


Figure.20 Variations hebdomadaires des Coliformes totaux dans les eaux brutes et traitées

L'abondance en coliformes totaux de l'effluent traité, dépendent de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part et d'autre part de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les bactéries. Les résultats montrent que le taux de ces germes a fortement diminué où l'on a enregistré une teneur moyenne de $3.81 \times 10^6 \pm 1.03 \times 10^6 / 100 \text{ml}$ avec des concentrations comprises entre 2.10×10^6 et $5.70 \times 10^6 / 100 \text{ml}$. Cependant, ces valeurs restent dans la limite de la norme fixée entre 10^3 et 10^7 germes/100ml et impliquent une certaine probabilité d'existence de bactéries pathogènes pour l'homme.

II-2-2- Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont plus appropriés que les coliformes totaux comme indicateurs de contamination fécale. Les résultats obtenues (figure.21) montrent que la présence des coliformes fécaux dans les eaux brutes ne présente pas de fluctuations significatives durant toute la période de notre étude (Mars – Juillet 2012). Ainsi les concentrations sont comprises entre 2.20×10^9 et $4.80 \times 10^9 / 100 \text{ml}$ avec une moyenne de $3.49 \times 10^9 \pm 7.21 \times 10^8 / 100 \text{ml}$. D'après **GLEESON et GRAY, (1997)**, ces valeurs très élevées sont dues à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Coliformes fécaux

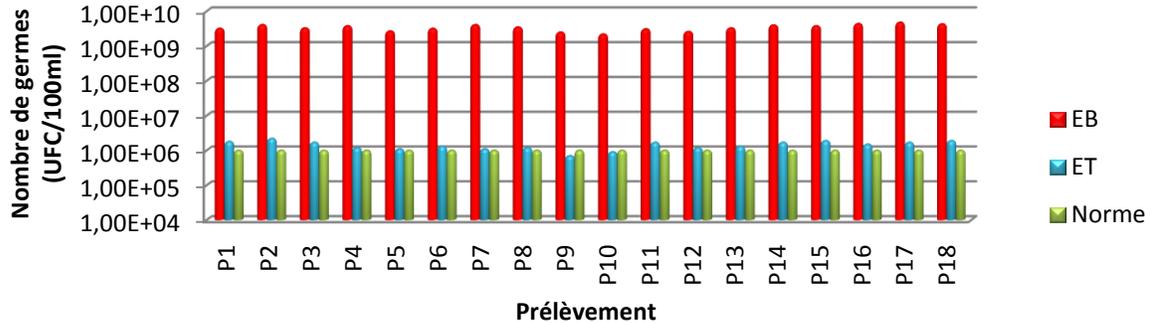


Figure.21 Variations hebdomadaires des Coliformes fécaux dans les eaux brutes et traitées

Cependant, le nombre de ces germes a régressé après traitement où on a dénombré dans 100 ml d'eau épurée des valeurs comprises entre 7×10^5 et 2.20×10^6 germes avec une moyenne de $1.45 \times 10^6 \pm 3.97 \times 10^5$ germes /100 ml dépassant la limite préconisée par l'OMS pour les eaux d'irrigation qui est de l'ordre de 10^3 germes /100 ml et par rapport aux normes de rejet fixés à 10^6 germes / 100 ml.

Selon OMS (1989), la décontamination est considérée comme accomplie lorsque la teneur des eaux en coliformes fécaux devient inférieure à la limite recommandée par l'OMS. Le respect de cette limite devrait, en principe, garantir l'absence de pathogènes d'origine entérique (TRAD RAÏS et XANTHOULIS, 1999).

Vu les teneurs résiduelles en coliformes fécaux, l'effluent en sortie de la filière de traitement peut être classé en catégorie B selon les recommandations de l'OMS pour la réutilisation agricole des eaux usées (tableau XVIII, Annexe. V)

II-2-3- Streptocoques fécaux

Selon l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant certaines bactéries de ce groupe proviennent également des fèces des animaux comme *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticu* (CLAUSEN et al., 1977 ; FARROW et al., 1984 ; BITTON, 1999), où se rencontrent même sur les végétaux (EDDABRA, 2011). Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs de contamination fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils soient résistants à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau (GLEESON et GRAY, 1997). Ainsi, les analyses montrent des concentrations assez élevées à l'entrée de la STEP oscillant entre 1.70×10^9 et 3.20×10^9 germes/100 ml d'eau brute. Ces

concentrations tendent à régresser légèrement au point de rejet avec un maximum de 6.80×10^5 /100ml et un minimum de 3×10^5 germes /100ml d'eau traitée (Figure.22).

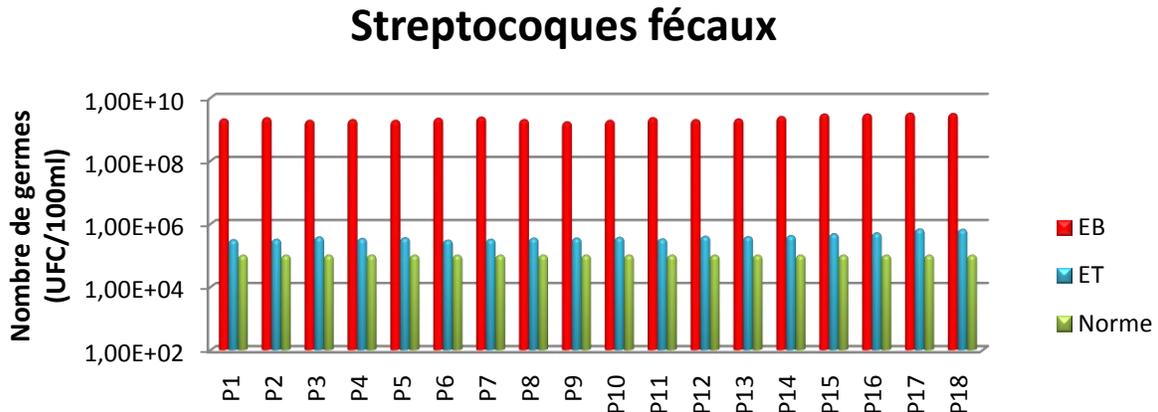


Figure.22 Variations hebdomadaires des Streptocoques fécaux dans les eaux brutes et traitées

On constate que l'effluent traité ne répond pas aux recommandations de l'OMS fixés à 10^5 , ceci est due probablement à la résistance notoire des Streptocoques aux agents désinfectants (**HASLAY et LECLERC, 1993**) ainsi qu'à l'augmentation de la population raccordée au système d'épuration de la STEP de Médéa.

II-2-4- Spores de Clostridiums sulfito-réducteurs

Les spores de clostridies, ce bacille à gram positif, anaérobie, sporogène, se rencontrent normalement dans les matières fécales humaines et animales; ces 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**).

La présence de ces germes indique aussi la présence de sulfite de Fer, qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosion des conduites (**RODIER et al., 2005**). Durant la période de notre étude, les teneurs en ASR sont relativement stables oscillant autour d'une valeur moyenne de l'ordre de $3.43 \times 10^4 \pm 7.91 \times 10^3$ spores/20ml à l'entrée du système d'épuration alors qu'à sa sortie la valeur moyenne est de l'ordre de $3.73 \times 10^2 \pm 83.67$ spores/20ml. On constate ainsi une diminution significative du nombre de ces spores dans les eaux traitées.

Il faut noter également que la charge microbienne en ASR est moins importante que celle des coliformes tant dans l'effluent brute que dans l'effluent traité. Selon **PREVOST et al., (1997)**, cela confirme le caractère domestique de l'eau vu l'origine tellurique des ASR.

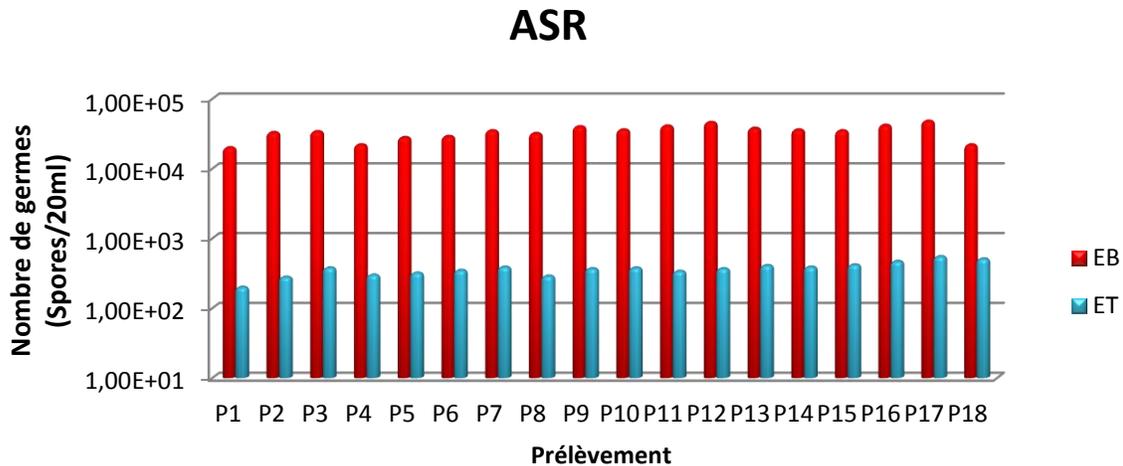


Figure.23 Variations hebdomadaires des Clostridiums Sulfito-réducteurs dans les eaux brutes et traitées

II-2-5- Germes pathogènes

Les bactéries pathogènes des genres Salmonelles et vibrions cholériques, n'ont pas été détectés. Cette absence a été mentionnée dans d'autres études au niveau des eaux usées en dépit de la présence d'une forte charge en bactéries d'origine fécale (ABDOULKACEM et al., 2007).

TRAD RAIS et al., (1989) indiquent que la présence des Salmonelles dans les eaux usées est très faible. Cependant, ALOUINI, (1994) mentionne que les risques épidémiologiques des agents pathogènes comme la salmonelle et le *vibrio cholerae* sont nuls, seuls les risques liés aux coliformes fécaux et streptocoques fécaux sont latents.

Les bactéries pathogènes vont se retrouver en compétition avec les bactéries indigènes ce qui limitera leur développement. L'absence d'épidémies ou de porteurs asymptomatiques dans la population de la région est en corrélation avec les résultats obtenus.

II-3- Parasitologie

L'analyse parasitologique traduit une diversité parasitaire et une différence sur le plan quantitatif, les résultats sont représentés dans le tableau XIII, (Annexe IV) et la figure.24

L'observation microscopique révèle la présence d'œufs d'helminthes parasites, d'œufs de strongles, des kystes de protozoaires et des nématodes libres (figure.26)

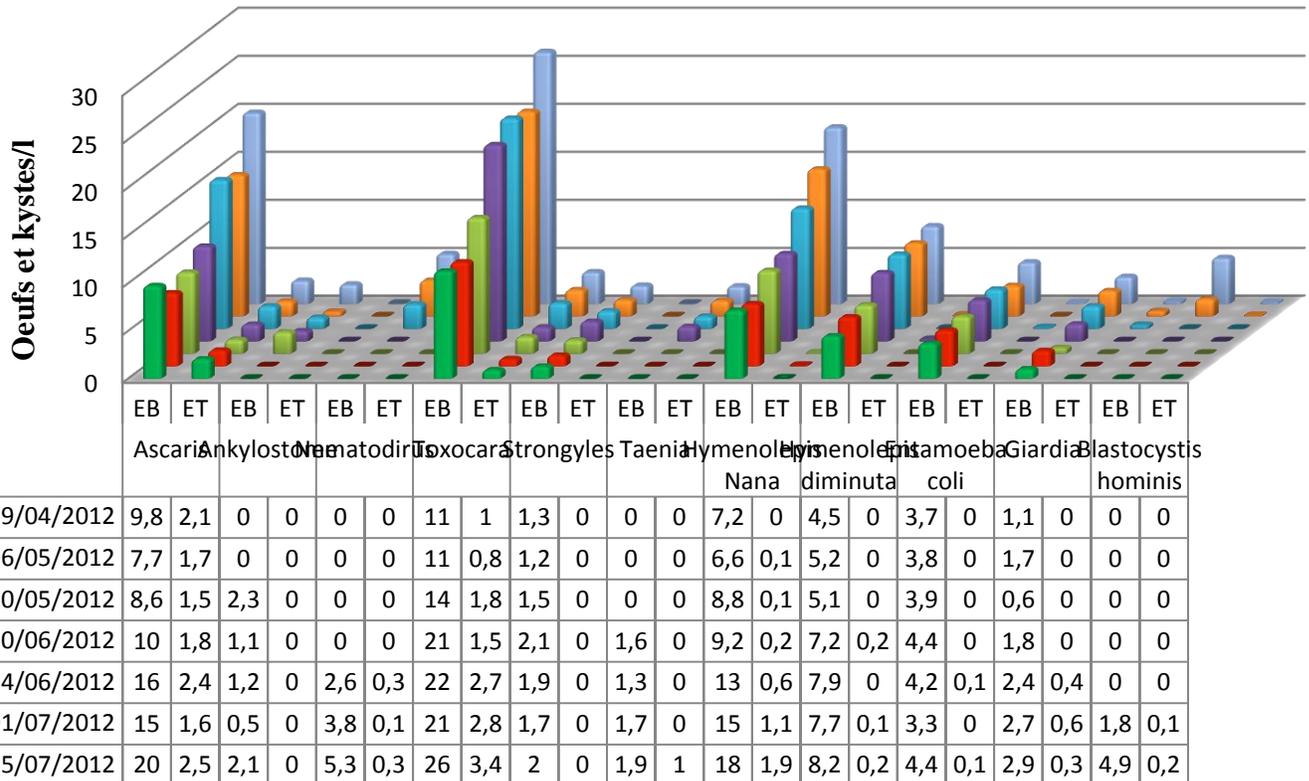


Figure.24 Variations des différents types de parasites identifiés dans les eaux brutes et épurées

Les teneurs moyennes en œufs d'helminthes et kystes de protozoaires dans les eaux usées brutes sont de l'ordre de $60,29 \pm 21,9$ œufs/l (tableau XIII) cela révèle une pollution fécale véhiculée par ces effluents bruts. Selon **BOUHOUM, (1996)**, la concentration en œufs d'helminthes parasites et kystes des protozoaires dans les eaux usées urbaines est fortement liée au facteur démographique et par conséquent, le nombre d'habitants raccordés à la STEP.

A la sortie de la STEP de Médéa, l'eau épurée présente une charge parasitaire moins dense (figure.34) avec une moyenne de $5,06 \pm 2,64$ œufs/l, ce qui signifie qu'il y a eu un bon abattement

mais qui reste supérieur aux normes de l'OMS concernant les eaux destinées à l'irrigation : elle doit être inférieure ou égale à 1 œuf/l (tableau XVIII, Annexe V)

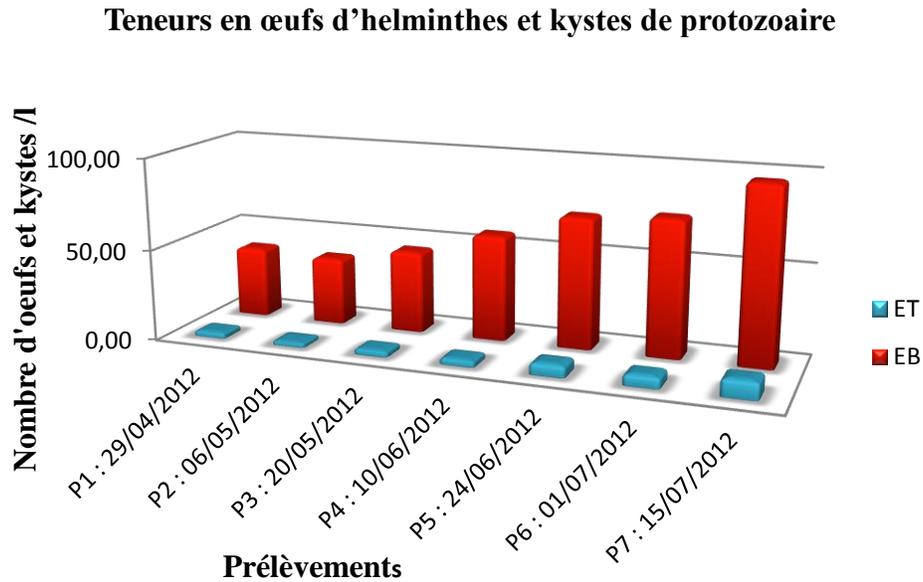


Figure.25 Variations du nombre d'œufs d'helminthes et de kystes de protozoaires dans les eaux brutes et traitées

L'analyse des résultats de la variation de la charge parasitaire en fonction des mois de prélèvement montre que les plus fortes concentrations en parasites ont été enregistrées durant les mois les plus chaudes (Juin, Juillet). Nos résultats concordent avec ceux de l'OMS, (1989) qui a montré que l'abondance des parasites en période été printemps est due aux conditions de température, d'humidité, d'oxygène et de rayonnement solaire favorables à la maturation de ces parasites

Pour les kystes de protozoaires, nous avons mis en évidence une concentration moyenne égale à $6,80 \pm 2,62$ kystes/l au niveau des eaux usées brutes et $0,26 \pm 0,32$ kystes/l au niveau des eaux traitées, représentées par les kystes d'*Entamoeba coli*, *Giardia sp* et *Blastocystis hominis*.

Les œufs d'helminthes identifiés dans ces eaux usées appartiennent aux classes des nématodes et cestodes avec une forte prédominance des nématodes.

Pour les nématodes, la teneur moyenne est de $34,85 \pm 12,96$ œufs/l dans les eaux usées brutes et $4,04 \pm 1,37$ œufs/l dans les eaux épurées, représentés principalement par les genres, *Ascaris*, *Toxocara*, *Nematodirus*, Ankylostomes, et les strongyles.

Tandis que la teneur moyenne des cestodes est de $18,65 \pm 6,63$ œufs/l à l'entrée du STEP et $0,77 \pm 1,08$ œufs/l à la sortie, les espèces identifiées sont *Taenia sp*, *Hymenolepis nana* et *Hymenolepis diminuta*

Cette prédominance des œufs de la classe de nématodes a été liée notamment au mode de vie de la population en question dont les habitudes culinaires (consommation de la viande bien cuite) ne favorisent pas la transmission des cestodes (**MRABET, 1991 ; RAWEH et al., 2010 ; BENEL HARKATI et al ;,2012**) . Ainsi, les considérations religieuses qui interdisent la consommation de la viande de porc par la population musulmane font qu'il est rare de détecter les œufs de *Taenia solium* dans les eaux usées de Médéa. Par ailleurs, **SCHWARTZBROD et al., (2003), ALOUNI et al., (1995), GUESSAB et al., (1993)** ont rapporté que les œufs des nématodes intestinaux sont plus résistants que ceux des cestodes dans les eaux usées. Cette prédominance a été signalée par plusieurs auteurs au monde (**STIEN et al., 1987 ; SYLLA et al., 2008 ; BENEL HARKATI et al., 2012**)

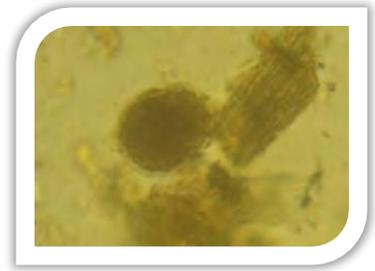
On note, alors l'absence totale des œufs de Trématodes dans les eaux usées analysées durant la période de notre étude, ceci peut être expliqué par la non performance de la technique de concentration appliquée pour isoler les œufs des trématodes, d'après l'**OMS, (1997)** les œufs de certains trématodes peuvent flotter dans la solution de sulfate de zinc, mais ils sédimentent de nouveaux rapidement ou se déforment, ce qui en rend l'identification délicate.



Ascaris sp



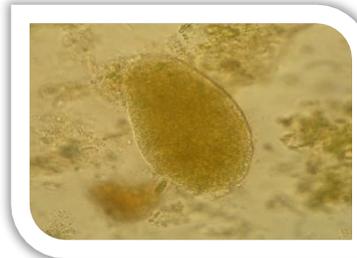
Ankylostoma sp



Nematodirus sp



Toxocara sp



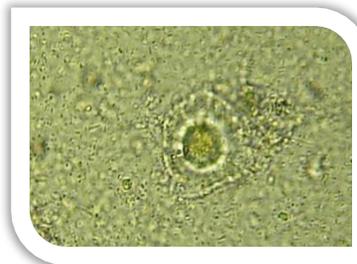
Strongyles sp



Taenia sp



Hymenolepis nana



Hyphenolepis diminuta



Entamoeba coli



Giardia sp



Blastocystis hominis

Figure. 26 Photos montrant les différents œufs d'helminthes et kystes de protozoaires identifiés observés au microscope optique Grx40 (photos originales).

II-4- Flore fongique

Les champignons sont des organismes qui se caractérisent par leurs faibles exigences nutritionnelles, mais ils possèdent aussi la capacité d'utiliser une grande variété de substrats (BOTTON *et al.*, 1990).

Au cours de cette étude, nous avons constaté que le nombre d'espèces de type *Candida sp* rencontré est plus important au niveau des eaux brutes (Tableau IV).

L'enrichissement des eaux en éléments minéraux et nutritifs fait que ces espèces fongiques trouvent un environnement favorable à leur développement, cependant après traitement ces levures seront adsorbés à la surface des particules de taille plus ou moins importante ce qui implique leur décantation dans le clarificateur.

Les résultats obtenus dans cette étude sont similaires à ceux de PARAT *et al.*, (1999). Les champignons filamenteux et les levures sont associés aux eaux usées sanitaires (KARCZEWSKA, 1972). La fraction fongique des ordures ménagères est dominée principalement par les levures dont les espèces les plus fréquentes appartiennent au genre *Candida* (HINZELIN *et al.*, 1992).

Tableau IV. Résultats des analyses mycologiques

	18/03/2012		15/04/2012		13/05/2012		10/06/2012		15/07/2012	
	EB	ET								
<i>Candida sp</i>	++	-	+++	+	+++	+	+++	+	+++	++

(+++) Très fréquentes, (++) Moyennement fréquentes, (+) Faiblement fréquentes, (-) Absentes

Il est à noter également que la présence des champignons dans les milieux aquatiques n'est pas encore bien prise en considération (DOURI *et al.*, 2012) bien que ces microorganismes présentent un intérêt considérable dans le cas des problèmes de lutte contre la pollution. Au cours de ces dernières années, des études ont révélé la capacité des espèces fongiques à dégrader ou à transformer des substances chimiques bien déterminées (LEWANDOUSKI *et al.*, 1990).

Cette capacité leur permet d'envahir divers milieux, même les plus pollués où les conditions de vie sont généralement dures pour la croissance des microorganismes. De même, les espèces fongiques présentes dans les milieux très pollués sont probablement capables d'utiliser leurs composantes pour leurs besoins nutritionnels (DOURI *et al.*, 2012).

II-5- Contrôle de la boue activée

II-5-1- Observation macroscopique

Selon CANLER et *al.*, (1999) et après observation macroscopique des boues des deux bassins durant toute la période de notre étude, on note une couleur marron de la boue signe d'une aération satisfaisante de la STEP, cela est confirmé par la légèreté de l'odeur.

La quantité de boue est satisfaisante et la qualité limpide du surnageant indiquent un bon traitement des eaux.

❖ Indice de MOHLMAN (IM)

L'indice de MOHLMAN est utilisé pour apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation. D'après le tableau n° V, on note que les valeurs de (IM) oscillent entre un minimum de 32ml/g et un maximum de 82ml/g avec une moyenne de $55,22 \pm 11,16$ ml/g. Selon REJESK, (2002), les boues avec un IM <80ml/g se caractérisent par une décantation rapide d'où le risque des dépôts dans les ouvrages et les canalisations.

Tableau. V Les résultats de l'indice de MOHLMAN

Prélèvements	Indice de décantation ml/l	Masse de la Matière sèche g/l	Indice de MOHLMAN ml/g
P1 : 18/03/2012	90	2,8	32
P2 : 27/03/2012	120	2,24	54
P3 : 01/04/2012	105	2,50	42
P4 : 08/04/2012	90	2,19	41
P5 : 15/04/2012	100	1,98	50
P6 : 22/04/2012	100	1,94	51
P7 : 29/04/2012	120	2,17	55
P8 : 06/05/2012	90	1,77	51
P9 : 13/05/2012	110	2,15	51
P10 : 20/05/2012	130	2,15	60
P11 : 27/05/2012	135	2,30	59
P12 : 04/06/2012	150	2,51	60
P13 : 10/06/2012	160	2,79	57
P14 : 17/06/2012	170	2,62	65
P15 : 24/06/2012	140	2,33	60
P16 : 01/07/2012	130	2,40	54
P17 : 09/07/2012	190	2,73	70
P18 : 15/07/2012	130	1,58	82
Moyenne ± écart type			55,22± 11,16

I-5-2- Observation microscopique

L'examen microscopique des boues activées montre qu'il s'agit d'un milieu très diversifié, où se rencontrent des bactéries, des protozoaires, des métazoaires, des algues, ... Les microorganismes présents dans le bassin d'aération sont maintenus sous forme de floccs. Une bonne décantation nécessite donc un équilibre entre ces différents microorganismes ce qui empêche les phénomènes de « bulking » ou de moussage (PANDOLFI, 2006).

❖ Observation du liquide interstitiel

Le liquide interstitiel représente dans la plupart des stations la qualité des eaux de sortie. C'est donc un indicateur du niveau de traitement. Ainsi, plus la charge massique est élevée, moins le niveau de traitement sera élevé (CANLER, 2004).

Trois types de croissance de la population bactérienne ont été observés (figure.27) avec une dominance de la croissance floculée, ce qui facilite la séparation floc bactérien-eau traitée au niveau du clarificateur et garantie ainsi une bonne qualité de l'eau rejetée (CANLER *et al.*, 1999).

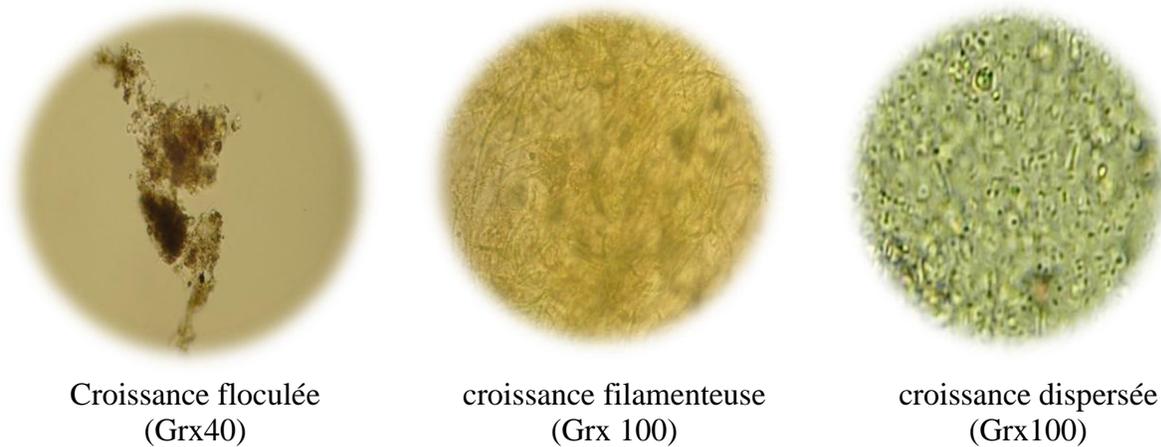


Figure.27 Types de croissance bactérienne, observés au microscope optique (photos originales)

❖ La microfaune

La microfaune est composée d'animaux microscopiques nommés protozoaires et métazoaires. Ces organismes participent à l'élimination des bactéries libres qui constituent leurs proies et à la cohésion du floc par leurs déjections (CANLER, 2004). Leur observation au microscope, donne des indications sur la qualité du traitement.

a- Les protozoaires

▪ Amibes

On a noté la présence d'amibes libres et amibes à thèque (thécamébiens) (Figure 28, 29, 30, 31)



Figure.28 Amibe libre Grx40
(Photo originale)



Figure.29 Amibe à thèque Grx40
(Photo originale)

La présence d'amibes libres est souvent corrélée à une bonne oxygénation et presque toujours à un bon traitement du carbone, tandis que les thécamébiens indiquent une stabilité du système dans le domaine de la très faible charge (âge de boue élevé donc boues minéralisées), entraînant une bonne qualité des eaux de sortie (CANLER *et al.*, 1999).



Figure.30 *Diffflugia globulosa* Grx40
(Photo originale)



Figure.31 *Arcella vulgaris* Gr x40
(Photo originale)

Diffflugia globulosa est un grand thécamébien recouvert souvent de grains de sable et autre corps étrangers (figure.30). Selon CANLER *et al.*, (1999) c'est un indicateur de stations fonctionnant en aération prolongée, minéralisation assez poussée des boues (âge de boue supérieur à 20-30 jours). sa présence reste toutefois liée à la présence de micro-grains de sable dans le milieu (constitution de sa thèque).

La présence d'*Arcella vulgaris* (figure. 31) témoigne une installation fonctionnant dans le domaine de la faible charge ou de l'aération prolongée ; bonnes performances en nitrification d'où un bon degré d'aération (CANLER et al., 1999).

▪ **Ciliés**

Selon CANLER et al., (1999), la présence d'*Epistylis plicatilis* (figure.32) est associée à un fonctionnement correct et stable de l'installation. Leur développement est corrélé à de longues périodes d'anoxie associées dans l'ensemble à une fourniture d'oxygène suffisante. Ce genre est présent dans les boues fortement concentrées et indique un bon traitement de la charge organique et du NH_4^+ .



Figure. 32 *Epistylis plicatilis* Grx40
(photo originale)



Figure. 33 *Carchesium polypinum* Grx40
(photo originale)

Carchesium polypinum (figure.33) est présent sur des installations au fonctionnement stable où le processus de nitrification est bien installé. Ses besoins en oxygène sont importants. C'est un indicateur d'effluent de bonne voire très bonne qualité (CANLER et al., 1999).



Figure. 34 *Aspidisca costata* Grx40
(photo originale)



Figure.35 *Stentor sp* Grx40
(photo originale)

Aspidisca costata est un protozoaire hypotriche, très mobile par nage ou reptation sur le floc, très fréquemment rencontré et pouvant être la faune dominante. Son abondance est généralement liée à une forte charge, selon **BENTO et al., (2005)** sa présence indique un phénomène de nitrification, Par ailleurs, *Stentor sp* (figure.35) est un hétéotriche indicateur d'effluent traité de très bonne qualité (**CANLER et al., 1999**)

b- Les métazoaires

Ils contribuent à l'amélioration de la floculation par l'excrétion de produits et sont de bons indicateurs de la qualité du traitement (**CANLER et al., 1999**). On a recensé les groupes suivants :

- **Nématodes** (Figure.36)

Métazoaires assez résistants à la sous- aération du milieu, leur présence n'est pas défavorable au processus épuratoires. On ne peut pas les considérer comme indicateurs de la qualité du traitement, par contre en densité importante, ils sont un signe de dépôts dans le bassin d'aération ou le décanteur (**CANLER et al., 1999**)



Figure.36 Nématode Grx40 (Photos originales)

- **Tradigrade**

Indicateur d'une très bonne qualité de l'eau traitée (concentration en DBO₅ et NH₄⁺ très faibles) nitrification très importante (**CANLER et al., 1999**)

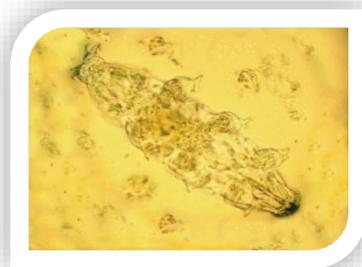


Figure.37 Tradigrade Grx40 (Photo originale)

Dans le tableau n° VI, sont consignés les différentes fréquence d'apparition des éléments de la microfaune

Tableau. VI Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée

Protozoaires		Fréquence	Signification de la présence de cette microfaune
Flagellés	Les petits flagellés à mouvement lents (Kystes de <i>Giardia</i>)	+	La prédominance signifie un déficit en oxygène ou une surcharge en matière organique (BENTO et al., 2005)
Amibes	❖ Rhizopodes		
	- Amibes	+++	- La prédominance d'amibes caractérise des boues bien oxygénées avec un bon traitement de carbone
	- Thécamébiens		- La présence d' <i>Arcella</i> indique un bon processus d'épuration (BENTO et al., 2005) et une bonne performance en nitrification (CANLER et al.,1999)
	▪ <i>Arcella</i>	++	
	▪ <i>Diffugia</i>	+	- La présence de <i>Diffugia</i> indique une minéralisation assez poussée des boues
Ciliés	❖ Péritriches		
	- <i>Epistylis</i>	++	- La présence d' <i>Epistylis</i> caractérise les boues fortement concentrées et indique un bon traitement de la charge organique et du NH ₄ ⁺ .
	- <i>Carchesium</i>	+	- <i>Carchesium</i> est un indicateur d'effluent de bonne qualité
	❖ Hypotriches		
	- <i>Aspidisca</i>	+++	- La présence d' <i>Aspidisca</i> indique un phénomène de nitrification (BENTO et al., 2005)
	❖ Hétérotriches		
	- <i>Stentor</i>	+	- La présence de <i>Stentor</i> indique un effluent traité de très bonne qualité
Métazoaires			
Nématodes		+++	-signe de dépôt au fond du bassin
Tradigrades		+	-Indicateur d'une très bonne qualité de l'eau traitée et une nitrification très importante

+++ Espèces très fréquentes

++ Espèces moyennement fréquentes

+ Espèces faiblement fréquentes

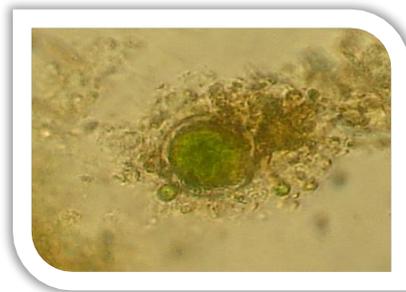
❖ **Autres observations**

Nous avons pu déterminer la présence de quelques espèces algales (Figure. 38), tel que les Chlorophyceae, *Navicula sp*, *Nitzchia sp*, ... Selon **DUCHENNE** et **COTEUX (1993)**, ces espèces sont très communes dans les boues activées, elles sont presque universellement présentes dans les bassins d'aérations. Leur vitesse de croissance lente, signifie que le traitement est de bonne qualité.

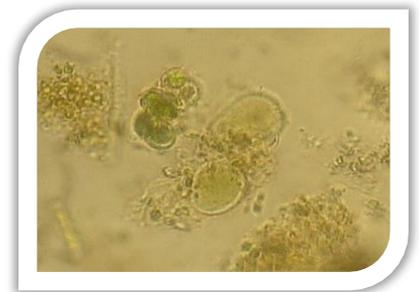
La présence des déchets, tel que les spirales de lignine (Figure. 38) et les débris végétaux en proportions importantes est liée à la nature de l'effluent (**CANLER et al., 1999**).



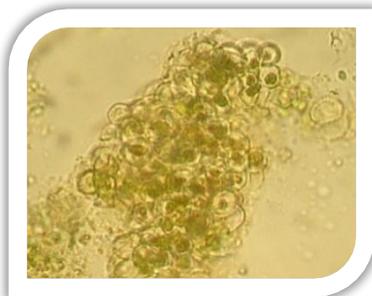
Chlorophyceae Grx40



pyrrophyte Grx40



Cosmarium Grx40



chlorophyceae Grx40



Nitzchia sp Grx40



Navicula sp. Grx40



Spirales de Lignine Grx40

Figure 38. Autres observations microscopiques (photos originales)

II-6- RÉSULTATS DES RENDEMENTS ÉPURATOIRES

Les taux de réduction des différents paramètres obtenus au cours de notre étude, sont représentés dans les tableaux IX, X, XI (Annexe IV).

II-6-1- Rendement des paramètres physico-chimiques

La valeur moyenne des rendements obtenus pour les paramètres MES, DCO, DBO₅, NH₄⁺, PO₄³⁻ est calculée pour chaque paramètre (voir tableau XI, Annexe IV).

- **Rendement d'élimination de la charge organique**

Les figures 39, 40 et 41 présentent respectivement les rendements épuratoires moyens pour les MES, la DCO et la DBO₅. Les rendements moyens d'abattement de la pollution sont de 97,61% pour les MES, 92,44% pour la DCO et 97,22% pour la DBO₅.

Ces rendements ont été relativement constants durant toute la période d'étude. Ce résultat confirme la forte robustesse du système d'épuration des eaux usées dans la STEP de Médéa qui peut supporter des variations de charge organique tant que celle-ci reste dans la gamme d'une charge admissible.

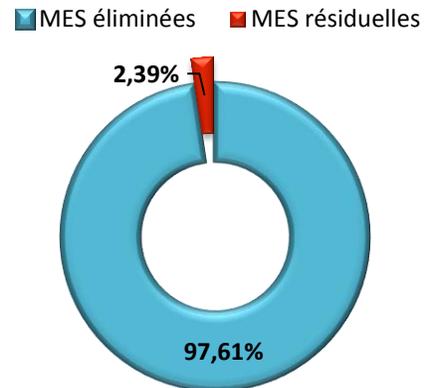


Figure.39 Rendement de réduction des MES

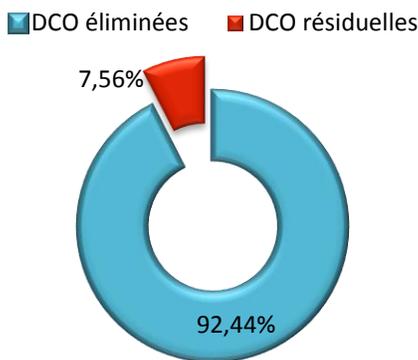


Figure.40 Rendement de réduction de DCO

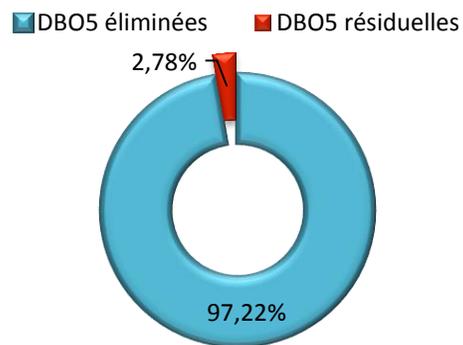


Figure.41 Rendement de réduction de DBO₅

L'abattement des matières organiques est satisfaisant relativement de même ordre de grandeur que le rendement prévu (>90%) (REJESK, 2002).

- **Rendement d'élimination des nutriments**

Les figures 42 et 43 présentent respectivement les rendements épuratoires moyens en azote ammoniacal et en phosphore durant la période d'étude.

Le rendement en azote ammoniacal obtenu pour l'ensemble de la filière de traitement est évalué à 97,67% en moyenne ce qui présente un abattement très satisfaisant par rapport au rendement théorique et aux résultats suggérés par différents auteurs (70% à 90%) (CANLER et PERRET, 2007 ; CHOUBERT et al., 2011)

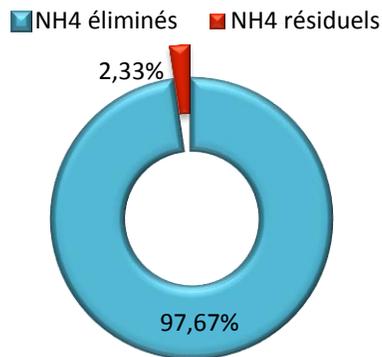


Figure.42 Rendement de réduction de NH₄⁺

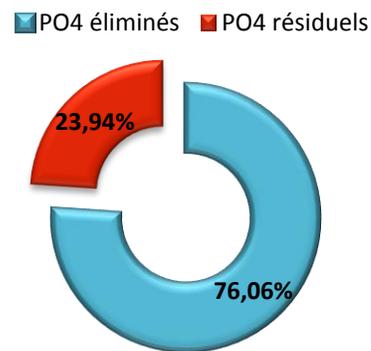


Figure.43 Rendement de réduction de PO₄

Le rendement d'élimination moyen en phosphore est de l'ordre de 76,06% ce qui est supérieur au rendement théorique (60-70%) pour une eau résiduaire normalement concentrée (CANLER et PERRET, 2007).

II-6-2- Rendement des paramètres bactériologiques

Les résultats des rendements épuratoires moyens des analyses bactériologiques sont illustrés par les figures 44, 45, 46, 47.

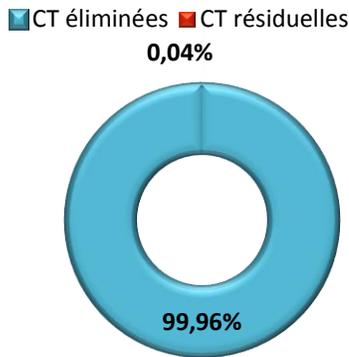


Figure.44 Rendement de réduction de Coliformes totaux

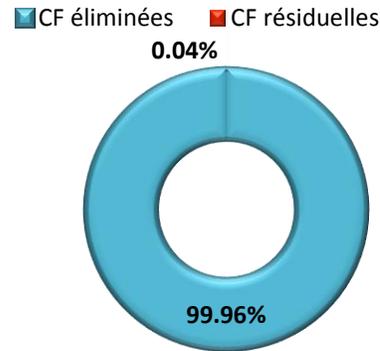


Figure.45 Rendement de réduction des Coliformes fécaux

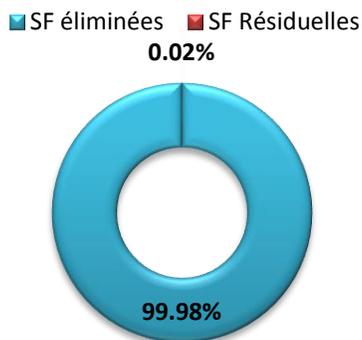


Figure.46 Rendement de réduction des Streptocoques fécaux

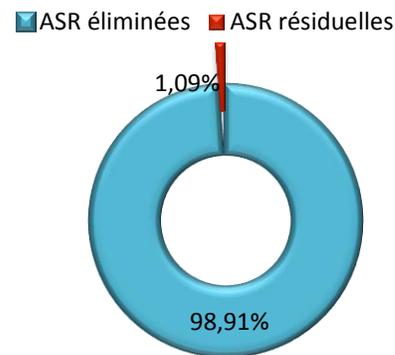


Figure.47 Rendement de réduction des ASR

D'après ces résultats, on constate que le traitement s'avère très efficace en ce qui concerne l'abattement du nombre de coliformes totaux, fécaux, streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteurs avec des rendements épuratoires respectifs de 99,96%, 99,96%, 99,98% et 98,91%, ce qui est en accord avec les affirmations de SHUVAL, (1991) qui atteste que les systèmes d'épuration biologiques par boues activées sont les plus efficaces en ce qui concerne la réduction de la biomasse bactérienne avec des taux qui peuvent varier entre 90 à 99,9%.

Cependant, malgré cet abattement très satisfaisant, on a enregistré des teneurs en coliformes fécaux et streptocoques fécaux supérieures aux limites recommandées par l'OMS (Voir tableau XI, Annexe IV), ceci est due probablement à l'augmentation de la population raccordée au système épuratoire, ce qui nécessite l'agrandissement du dispositif d'épuration.

II-6-3- Rendement des paramètres parasitologiques

Les résultats du rendement épuratoire moyen de la charge parasitaire sont illustrés par la figure.48. On a enregistré un taux de réduction de 92%. D'après SHUVAL, (1991) le système de traitement des eaux usées par boues activées entraîne une réduction de 90 à 99% des protozoaires et helminthes, ce qui est en accord avec nos résultats.

Le rendement d'élimination des œufs d'helminthes est inférieur à celui des kystes de protozoaires (Figures 49 et 50). Ceci est en accord avec les travaux de SHUVAL et al., (1986) qui soulignent l'influence des conditions environnementales sur la survie des éléments parasitaires dans les eaux usées : ainsi pour les kystes de protozoaires, ils signalent l'importance des phénomènes de prédation.

En revanche, pour les œufs d'helminthes, ils possèdent une grande résistance vis-à-vis des différentes conditions environnementales.

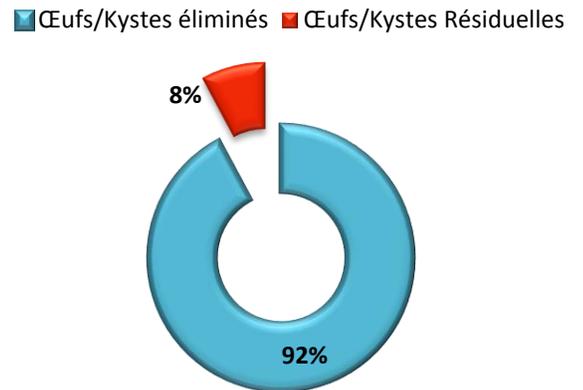


Figure. 48 Rendement de réduction de la charge parasitaire

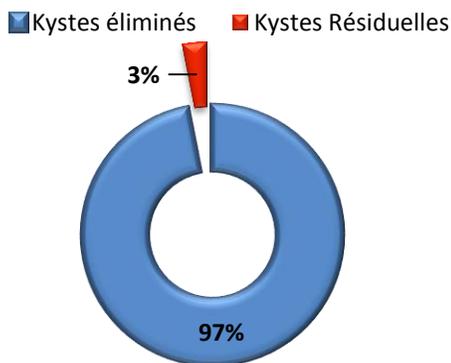


Figure.49 Rendement de réduction des kystes de protozoaires

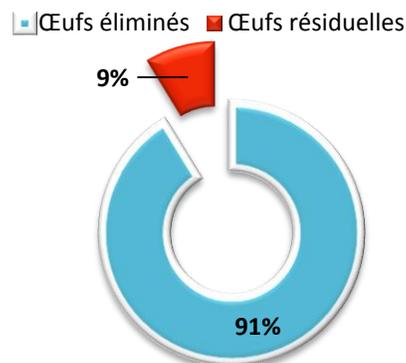


Figure.50 Rendement de réduction des oeufs d'helminthes

II-7- RÉSULTATS DE L'ÉTUDE STATISTIQUE

II-7-1- La moyenne et l'écart type

Les résultats du calcul de la moyenne et de l'écart type pour les paramètres physico-chimiques et microbiologiques sont récapitulés dans les tableaux IX, X, XI (annexe IV). Les valeurs des écarts types de la majorité des paramètres de l'eau montrent une dispersion faible autour de la moyenne. Il n'y a donc pas une grande différence entre les différents prélèvements indiquant un fonctionnement stable de l'installation et une homogénéité du système de traitement, ce qui confirme les résultats de l'observation microscopique (*cf. I-5-2- Observation microscopique*).

II-7-2- Coefficients de corrélation

Les tableaux VII et VIII représentent les matrices de corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et des eaux traitées au niveau de la station. Ces résultats font ressortir :

- Une corrélation positive significative entre la DCO et la DBO5 au niveau des eaux brutes avec $r = 0,87$, ce qui signifie que cette eau usée est réellement d'origine domestique, ceci est en rapport avec les valeurs obtenues du paramètre de la biodégradabilité. Cette corrélation hautement significative est similaire aux travaux de **BELGHYTI et al., (2007)** sur le rapport entre la DBO et la DCO des eaux usées de l'abattoir de Kénitra au Maroc.
- Une corrélation positive moyennement significative est également observée entre les MES d'une part et d'autre part entre la DCO et la DBO5. Ceci est probablement dû au fait qu'une grande partie des MES présentes sont essentiellement des bactéries et donc essentiellement biodégradables
- On remarque au niveau des deux matrices, une corrélation positive moyennement significative entre les différentes bactéries témoins de contamination fécale allant de $r = 0,44$ jusqu'à $r = 0,81$. Cette corrélation peut être expliquée par l'origine domestique des eaux de la station. Cette interprétation rejoint les affirmations de **SALIBA et al., (2003)** en ce qui concerne les eaux usées issues d'effluents domestiques chargés en matières organiques d'origine fécale.
- Une corrélation positive a été observée également entre les bactéries indicatrices de contamination fécale et la conductivité électrique ($r = 0,58$ pour les CF et $r = 0,46$ pour les SF) ce qui traduit un degré de minéralisation globale et un taux de salinité acceptable. En effet, selon **BENNANI et al., (2012)** et **CHEDAD et al., (2007)**, la salinité est un facteur de stress

très important que subissent les bactéries de pollution fécale dans un milieu salé. La corrélation positive et significative entre les SF et la température ($r= 0,53$), sont en accord avec ceux trouvés par **ABOULKACEM et al., (2007)** sur les eaux des oueds Boufekrane et Ouislane au Maroc. Cette corrélation est due au fait que les bactéries autochtones sont les composants dominants de la population totale dans les rivières polluées.

- Une forte corrélation positive au niveau des eaux traitées entre les Streptocoques et les ASR avec $r=0,86$.

Tableau VII. Matrice de corrélation inter-paramètres des eaux usées brutes

EB	T°	pH	CE	MES	DCO	DBO5	NH4	NO3	PO4	CT	CF	SF	ASR
T°	1												
pH	-0.14	1											
CE	0.18	-0.53	1										
MES	0.42	0.08	0.12	1									
DCO	0.20	-0.17	0.15	0.44	1								
DBO5	0.12	-0.10	0.14	0.30	0.87	1							
NH4	-0.20	-0.10	-0.06	0.05	-0.04	-0.16	1						
NO3	0.38	0.21	0.25	-0.07	-0.10	-0.14	-0.47	1					
PO4	-0.29	-0.24	0.10	-0.05	-0.20	-0.30	-0.01	-0.26	1				
CT	-0.17	0.30	0.06	-0.31	-0.56	-0.43	0.11	0.02	0.21	1			
CF	0.29	-0.16	0.58	0.15	-0.02	-0.18	-0.11	0.46	0.16	0.44	1		
SF	0.53	0.02	0.46	0.35	0.23	0.07	-0.17	0.61	-0.28	0.11	0.81	1	
ASR	0.48	-0.25	0.20	-0.16	0.31	0.42	-0.69	0.45	-0.36	-0.34	0.01	0.17	1

Tableau VIII. Matrice de corrélation inter-paramètres des eaux usées traitées

EB	T°	pH	CE	MES	DCO	DBO5	NH4	NO3	PO4	CT	CF	SF	ASR
T°	1												
pH	-0.04	1											
CE	-0.31	-0.10	1										
MES	-0.27	-0.21	-0.32	1									
DCO	-0.18	0.08	-0.02	-0.07	1								
DBO5	-0.56	0.15	0.23	-0.04	0.26	1							
NH4	-0.18	0.05	0.10	0.02	-0.10	0.54	1						
NO3	-0.25	0.19	0.25	-0.09	-0.21	0.02	-0.19	1					
PO4	-0.54	-0.16	-0.04	0.20	0.33	0.58	0.55	0.11	1				
CT	-0.02	0.02	0.37	-0.19	-0.41	-0.06	0.28	0.23	0.05	1			
CF	0.32	-0.19	0.01	-0.19	0.02	-0.02	0.48	-0.24	0.10	0.51	1		
SF	0.72	0.02	-0.30	-0.35	-0.16	-0.50	-0.24	-0.04	-0.38	0.22	0.34	1	
ASR	0.64	0.05	-0.26	-0.28	-0.22	-0.34	-0.32	-0.10	-0.55	-0.02	0.08	0.86	1

CONCLUSION

CONCLUSION

Le présent travail a abordé la problématique de traitement des eaux usées par boues activées au niveau de la station d'épuration de la ville de Médéa dont les besoins en eau sont de plus en plus importants, face à une dégradation de cette ressource liée à la pollution de l'environnement.

Nous nous sommes attachés dans la première partie à apporter les connaissances nécessaires sur le traitement biologique des effluents domestiques en décrivant les différents types de polluants existants, le principe des procédés de traitement et les risques sanitaires liés à la réutilisation des eaux usées traitées

L'étude a permis la caractérisation physico-chimique et microbiologique des effluents bruts et traités issus de la station d'épuration de Médéa.

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants pour l'élimination des matières en suspension, de la DCO et de la DBO₅ en accord avec les normes de rejet dans les milieux naturels.

Les concentrations de NO₃⁻ et NH₄⁺ des eaux traitées sont respectivement satisfaisantes, et les concentrations résiduelles constitueront un bon apport de fertilisation en nutriments azotés et phosphorés dans le cas d'une réutilisation en agriculture.

Le traitement présente en outre une efficacité quant à la diminution de la charge bactérienne et parasitaire, avec un taux d'élimination qui dépasse les 90%

Cependant, malgré cet abattement très satisfaisant, on a enregistré des teneurs en coliformes fécaux et streptocoques fécaux supérieures aux limites recommandées par l'OMS relatif aux eaux destinées à une irrigation non restrictive, ce qui indique l'impuissance de la STEP devant l'augmentation de la population raccordée à la station, d'où la nécessité d'agrandir le dispositif d'épuration.

L'observation microscopique de la boue activée montre la présence d'une variété d'espèces : protozoaires (ciliés, Rhizopodes) et métazoaires (nématodes et tradigrades), signifiant que le bassin a un bon état général de fonctionnement.

A travers ces mesures, il est clair que le traitement des eaux usées à la STEP de Médéa est suffisamment puissant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants sous toutes leurs formes et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable. Nous sommes ainsi en

mesure de disposer d'une eau de qualité acceptable, surtout au niveau de l'hygiène et de la protection de l'environnement

Cependant, il est nécessaire, pour évaluer davantage sa qualité de :

- Compléter les Analyses physico-chimiques faites par le laboratoire de la station par des analyses microbiologiques, ainsi qu'un contrôle de la boue activée.
- Agrandir la STEP en la dotant d'un plus grand nombre de bassins d'aération afin de pallier l'impuissance du dispositif vis-à-vis de la grande charge polluante entrant quotidiennement dans la station.
- Suivre l'évolution des paramètres de l'eau rejetée par la station tout le long de son parcours au sein de l'Oued Harbil afin d'évaluer les conséquences de l'utilisation de ces eaux pour l'irrigation, sur l'environnement et la santé humaine et animale.
- L'utilisation des eaux épurées à des fins d'irrigation doit être précédée d'un traitement complémentaire visant à réduire les risques sanitaires
- Le bon fonctionnement d'une station d'épuration c'est aussi l'affaire des usagers, y rejeter n'importe quoi, n'importe comment rend inefficace le système de protection des eaux naturelles, Les conséquences pour la santé peuvent être graves, car l'eau on la boit, on s'y baigne, les poissons y vivent...

Références Bibliographiques

- **ABOULKACEM.A, CHAHLAOUI.A, SOULAYMANI.A, RHAZI-FILALI.F et BENALI.D. 2007.** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Bouferkane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (MAROC). pp : 22

- **ALOUINI. Z. 1994.** Flux de la charge parasitologique dans les stations d'épuration. Revue de l'eau. Canada.

- **ALOUINI. Z, ACHOUR. H, ALOUINI.A. 1995.** Devenir de la charge parasitaire des eaux usées traitées dans le réseau d'irrigation "Cebala" in Zekri, Laajini A." (Ed) agriculture durabilité et environnement. Zaragoza: CIHEAM, 117-124.

- **ALZIEU. C. 1989.** L'eau : milieu de culture. In Aquaculture. 2^{ème}. Ed. Tec et Doc, Tome 1. pp : 16- 43.

- **AMINOT. A, CHAUSSEPIED. M. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 395p.

- **ANONYME. 1996.** Assurance de qualité des produits de la pêche». Document technique sur les pêches. FAO. Rome. Italie.

- **ANONYME. 1997.** Analyse des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. O.M.S, Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève. 31p.

- **ONA. 2006.** Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Médéa, Ministère des Ressources en eau, Office National de l'Assainissement ; Algérie. pp:1-80

- **ANONYME. 2012.** Apprenons l'eau. Fiches pédagogiques sur le thème de l'eau, le Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE), Les agences de l'eau et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema).

- **ASANO.T. 1998.** Wastewater reclamation and reuse. Ed, Water quality management library, 1475p.

- **ATTAB.S. 2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local. Thèse de MAGISTER, Université KASDI MERBAH. Ouergla. 106p.

- **AUBRY.G. 2003.** Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée. Université Laval Faculté des sciences et de Génie département de génie civil.

- **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 pour Obtenir le grade de Docteur de l'INP Grenoble. pp : 42-45.

- **BAUMONT.S ; CAMARD J-P ; LEFRANC A ; FRANCONI A. 2004.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en île-de-France, Observatoire régional de la santé d'île-de-France (O.R.S.I.F), Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France (I.A.U.R.I.F). Paris.
- **BENEL HARKATI. F, ELKHARRIM. K, SADEK. S, ELMARKHI. M, BELGHITY. D, 2012.** Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia Du Gharb (Maroc). ScienceLib. Edition Mersenne : Volume 4, N°120711. 10p.
- **BENNANI M., AMAROUC H., BOUKANJER A., NADRE H., LALAOUI M., ALLALI M. et COHEN N.. 2012.** Influence des Facteurs Environnementaux Sur les Charges des Bactéries Fécales Dans le Littoral Méditerranéen du Maroc, European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.71 No.1, pp. 24-35.
- **BELGHYTI. D. & EL GUAMRI. Y. 2007.** Contamination des eaux usées du réseau d'assainissement liquide par les œufs d'helminthes parasites (cas de la ville de Kenitra, Maroc) Rev.Microbiol. Ind. San et Environn, N°1.pp :44-59.
- **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 Hadjeb- Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, pp :1-39.
- **BENTO. A-P, PHILIPPI. L-S, SEZERINO. P-H, REGINATTO. V, LAPOLLI. F-R. 2005.** Microfauna characterization in activated sludge wastewater treatment plant: an instrument of assessment and control of process. ARTIGO TECNICO.pp: 329-338.
- **BITTON. G. 1999.** Wastewater microbiology. 2e éd. Jhon wiley & Sons, NY. 578p.
- **BLIEFERT. C., PERRAUD. R., 2001.** Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets. Edition Eyrolles. Paris, pp : 2-30.
- **BONTAUX. J. 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eau de boisson. Edition technique et documentation Lavoisier 166p.
- **BONTAUX.J. 1994.** Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle, 2eme édition Lvoisier technique) et documentation, 225p.
- **BOTTON. B, BRETON. A, FEVRE. M, GAUTHIER. S, GUY. PH, LARPENT. J.P, REYMOND. P, SANGLIER. J.J, VAYSSIER. Y. & VEAU. P. 1990.** Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. Edition Masson, 511p.
- **BOUALLA. N, HADJ HASSAN. B, BENZIANE. A et DERRICH. Z. 2011.** L'expérience Algérienne en matière d'épuration des eaux usées. ScienceLib Edition Mersenne : Volume 3, N°111115, 8p.

- **BOUHOUM. K. 1996.** Etude épidémiologique des helminthiases intestinales chez les enfants de la zones 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'Etat. Fac. Sciences de Marrakech. 227p.

- **BRISON. J-F & DENIS F-F.1978.** Hygiène de l'environnement maritime, *In* Collection de biologie des milieux marins. Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan. pp : 218.

- **CANLER. J-P. 2004.** Dysfonctionnement biologique des stations d'épuration –Origines et solutions. Gis-Biostep. Cemagref éditions. 123p.

- **CANLER. J-P, PERRET. J-M, DUCHENE. P, COTTEUX. E. 1999.** Aide au siagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. QUAÉ éditions. 155p.

- **CANLER. J-P et PERRET. J-M . 2007.** Les Clari-floculateurs : Plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable. Cemagref éditions. 80p.

- **CARDOT. C. 1999.** Les Traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris : pp247.

- **CEBRON. A. 2004.** Nitrification, bactéries nitrifiantes et émission de N₂O : La seine en aval de paris : Université paris VI-Pierre et Marie curie. pp : 202-204.

- **CHAMPIAT.D, LARPENT.J.P. 1994.** Biologie des eaux. Méthodes et techniques. 2e tirage, Ed. Masson, 374 p.

- **CHEDAD KH.et ASSOBEI O. 2007.** Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune de Oualidia (Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, , n°29, 71-79.

- **CHEN. Y et YANG. H. 2001.** Effect of acid and surfactant traitement on activated sludge dewatering and settling. USA édition : Water Res. pp2615, 2620.

- **CHUBERT. J-M, MARTIN-RUEL. S, BUDZINSKI. H, MIEGE. C, ESPERANZA. M, SOULIER. C, LAGARRIGUE. C et COQUERY. M. 2011.** Evaluer les rendements des stations d'épuration, apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées. Extrait numérique de Techniques Sciences Méthodes n° 1/2 de 2011.

- **CLAUSEN. E-M, GREEN. B-L et LITSKY. W, 1977.** Fecal streptococci : Indicators of pollution. Dans : Hoadley, AW et BJ Dutka, édit., Bacterial indicators/Health hazards associated with Water. *Am. Soc. Test. Mat ; (ASTM)* .264p.

- **COIN. L. 1981.** La pratique des eaux. Edition Moniteur, Paris.

- **DAPE, Direction de l'Assainissement et de la Protection de l'Environnement. 2006.** Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, mission 1 : Reconnaissance et collecte des données de base, 120p.
- **DELARRAS. 1997.** les eaux de mer et les eaux douces : suivi sanitaire, microbiologie alimentaire : technique de laboratoire ; coordonné par : LARPENT (J-P) pris : Lavoisier technique et documentation : 1719p.
- **DERNAT. M, ELMERICH. P, POUILLOT. M. 1994.** Vers une optimisation de la déphosphatation physicochimique, L'Eau, l'Industrie, les Nuisances n°182.
- **DERONZIER G, CHOUBERT J-M. (2004)**-Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales FNDAE n° 29. Edition Cemagref, Antony, 24 p.
- **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 « *Sciences de la Vie et de la Santé* », univ. Joseph Fourier, Grenoble, 257 pages.
- **DOURI. E, BAMMI. J, OUZZANI TOUHAMI.A, BENKIRANE. R, DOUIRA. A. 2012.** Inventaire des micromycètes d'Oued Moulouya. ScienceLib Editions Mersenne : Volume 4, N°120907
- **DUCHENNE, P et COTEUX, E. 1993.** Les éléments les plus significatifs de la microfaune des boues activées. Paris : CAMEGRAF-DIVISION qualité des eaux,. pp 471-477.
- **Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Montiel A ; RIOU G ; Simon P, (2006).** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).
- **EDBERG. S-C, RICE. E-W, KARLIN. R-J & ALLEN. M-J (2000):** «Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection». Journal of applied microbiology, 80. PP: 106-116.
- **EDDABRA. R. 2011.** Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grand Agadi : Isolement, caractérisation moléculaire, et antibiorésistance des espèces du genre Vibrio. Thèse de doctorat. Université Ibn Zohr. Faculté des sciences d'Agadir et de l'université de Strasbourg. Ecole doctorale science de la vie et de la santé. 107p.
- **ELMUND. G-K, ALLEN. M-J & RICE. E-W. 1999.** Comparison of *E. coli*, total coliform and fecal coliform populations as indicators of waste water treatment efficiency. Water Environ, Res, 71. PP: 332-339.

- **FABY. J-A ET BRISSAUD F. 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.
- **FAO. 2003.** Food and Agriculture Organisation. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, pp73.
- **FARROW. J-A-E, KRUZE. J, PHILLIPS. B-A, BRAMLEY. A-J, ET COLLINS. M-D, 1984.** Taxonomic studies of *S.bovis* and *S. equinus* : Description of *S.alactolyticus* sp. No. And *S. sacharolyticus* sp. Nov.system. *Appl.microbiol.* p467-482.
- **FARUQUI. N. 2003.** La gestion de l'eau selon l'islam. Edition Karthala, paris. 144p.
- **FRANCK. R. 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp 165-239.
- **FAURIE. C, FERRA. C, MEDORI. P, DEVAUX, HEMOPTINNE. J-L. 2005** Ecologie approche scientifique et pratique. 5^{ème} Edition Tec et Doc, Paris, pp 214-215.
- **GALAF. F & GHANNAM. S. 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. PP : 40p.
- **GAUTHIER M et PIETRI C. 1998.** Devenir des bactéries et virus entériques en mer, Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edition Masson, pp 447.
- **GLEESON. C et GRAY. 1997.** The coliform index and waterborne disease problems of microbial drinking water assessment. E & FN Spoon, London. 194p.
- **GUESSAB M., BIZE J., SCHWARTZBROD J.,MANI A.,MORLOT M., NIVAULT N. ET SCHWARTZBROD L. 1993.** Wastewater treatment dry infiltration percolation on sand: results in Ben Sergao. Morocco" *Water Science Technology*, 17 .pp :91-95.
- **HARTANI T. 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Alger, Algérie, pp3.
- **HASLAY. C & LECLERC. H. 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation, ©Technique et documentation LAVOISIER, Paris, PP : 9-211.
- **HINZELIN F., JACOB F.H., PERRIER J. AND VERNER M.C. 1992.** Evolution de la flore levurienne au cours du traitement des ordures ménagères. *Cryptogamie, Mycol.* 13 (1):pp : 1-10.
- **HOCH. M. P et KIRCHMAN. D. L. 1993.** Seasonal and inter-annual variability in bacterial production and biomass in a temperate estuary. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 98.
- **HUGH. J-O, MATTHEW. M, ALLEN. J & CHOATE. J. 1994.** Entente Canada, surveillance de la qualité des eaux de surface. Provinces Canadiennes de l'Atlantique.

- **JORA. 2006.** journal officiel de la république algérienne. Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3.
- **KABLER. P-N & CLARK. H-F. 1961.** Coliform group and organisms as indicators of pollution in drinking water. J. Amer. Water work association 53. PP: 1577-1579.
- **KARCZEWSKA H. 1972.** Studies on the flora of microorganisms occurring in activated sludge and biological beds according to the quality of industrial wastes. Swedish water and pollution Research Laboratory, 43p.
- **LABRES E. 2002.** Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments: Manuel des travaux pratiques: 34p.
- **LARPENT. J-P & LARPENT-GOURGAND. M. 1985.** Eléments de microbiologie, Paris, Hermann. PP : 464.
- **LEHTIHET. L .2005.** La réutilisation des eaux usées en Algérie :situation actuelle et perspectives de développement. Communication personnelle. 30p.
- **LEMARCHAND, K., MASSON, L., and BROUSSEAU, R. 2004.** Molecular biology and DNA microarray technology for microbial quality monitoring of water. Critical Reviews in Microbiology 30 (3), pp145-172.
- **LEWANDOUSKI. G.A., ARMENANTE. P.M. & PAK D., 1990.** Reactor design for hazardous waste treatment using a white rot fungus. Water Res., 24 (1) pp: 75-82.
- **MADIGOU. E. 2005.** Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiens des biofilms Université CLAUDE BERNARD, Lyon, école doctorale, PP : 27-47.
- **MANUEL DE BERGEY. 1984.** Systematic bacteriology . 9^{eme} edition, Williams and Wilkins (Editors).
- **MEDKOUR. M. 2002.** Réutilisation des eaux usées épurées » forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002. 11p.
- **MEHLMAN. I-J. 1984.** Coliforms, fécal coliforms, *Escherichia*, compendium of methods for the microbiological examination of food», 2nd edition, American public, Health association, Washington, PP: 265-285.
- **METAHRI. M-S. 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou , thèse de doctorat, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Département des sciences agronomiques.137P.

- **METCALF. M et EDDY. E. 2003** wastewater engineering: treatment and reuse. 4e Ed, révisé par G. Tchobanoglous, F. L. Burton et H. D. Stensel, McGraw-Hill Inc, New York. 62p.
- **MIQUEL. G, 2003.** la qualité de l'eau et de l'assainissement en France. ed sénat pp 254-256. 290.
- **MRABET. K. 1991** Etude de la contamination des champs d'épandages de la ville d'Oujda par les oeufs d'helminthes et leur transmission dans le réseau trophiques. Thèse de 3ème cycle en parasitologie. Fac. Sci. d'Oujda.
- **MURILLO. M. 2004** Caractérisation de l'effet d'un traitement au peroxyde d'hydrogène sur une boue application à la réduction de la production de boues, Thèse de doctorat ; institut national des sciences appliquées de Toulouse : 164p.
- **OMS. 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, pp 17-60.
- **OMS. 1997.** Analyses des eaux résiduaires en vue de leur recyclage en agriculture. Manuel des techniques de laboratoire en parasitologie et bactériologie, Genève. pp 8-30.
- **PANDOLFI D. 2006.** Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'images. Thèse de Doctorat de l'institut National Polytechnique de Lorraine. Spécialité génie des procédés et des produits 142p.
- **PARAT, S. PERDRIX, A. MANN, S. et BACONNIER, P. 1999.** Contribution of particle counting in assessment of exposure to airborne. Ed. Atmospheric environment. 959p.
- **PILET. C; BOURDOW J-L TOMA B; MARCHAL W & BALDASTRE. C.1983:** Bactériologie médicale et vétérinaire . Systématique bactérienne. 2^{ème} édition, 3^{ème} tirage, DOIN éditeurs, Paris. pp: 77-78.
- **PREVOST. M, ROMPRE. A, BARIBEAU. H, COALLIER. J, et LAFRANCE. P. 1997.** Service lines : their effect on microbiological quality : J. AM. Water Works Assoc, 89(7). pp : 78-91.
- **RAKOTOMALALA. R. 2008.** Analyse de corrélation et analyse en contenu éléments nutritifs. Composés azotés. 04p.
- **RAMALHO. R.S. 1983.** *Introduction to wastewater treatment process* . 2e éd., Academic Press, Toronto, 541p.
- **RAWEH. S, ELKHARRIM. K-L, CISSE. M, EL GAMRI. Y, ABCHIR. Y et BELGHYTI. D 2010 :** Aspect parasitologique des eaux usées rejetées dans les bas Sebou (Kenitra, Maroc). Revue Mondiale de la Recherche Biologique 003 : 1. 29p.

- **REJSEK, F. 2002.** Les analyses des eaux. Tome II. France : Aspects réglementaires et technique. 360p.
- **RICHARD. C. 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Edition Elsevier, Paris, pp 32-54.

- **RODIER, J. LEGUBE, B. MERLET, N. et BRUNET, R. 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Paris: DUNOD. 1383p.

- **SAGHIR. J, SCHIFER. M et WOLDU.M. 2000.** Urban water and sanitation in the middle East and North Africa: the way forward. The worldbank, MENA infrastructure Development Group, 24p.

- **SALGHI. R, 2001** Différentes filières de traitement des eaux, ed univ IZ Rabat, p.22.

- **SALIBA. K.J, ALLEN.R.J.W, ZISSIS.S, BRAY.P.G, WARD.S.A, KIRK.K. 2003.** **Correlation** between ammonia and chemical and microbiological pollution of coastal waters : Workshop on Fisheries. Aquaculture and Environnement. Lattakié, Syrie. 278p.

- **SCHWARTZBROD. J. et BANAS. S. 2003.** Parasite contamination of liquid sludge from urban wastewater treatment plants. Water Science Technology, Vol. 47 N°3. Pp 163-166."Wastewater treatment dry infiltration percolation on sand: results in Ben Sergao. Morocco" Water Science Technology, 17 pp :91-95.

- **SEVRIN REYSSAC. J., DE LA NOUE. J., PROULX. D. 1995.** Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.

- **SHARPE. M-E. 1979.** Identification of the latic acid bacteria», identification methods for microbiologists.

- **SHUVAL, H.I. 1991.** Parasitic disease and wastewater irrigation. In: sanitation in developing countries. Ed. Oxfoam and the Ross Institute of Tropical Hygiene, Chichester, John Wiley, Dacey, A. 215p.

- **SHUVAL. H.I. ADIN. A. FATAL. B. RAWITZ, E. et YEKUTIEL, P. 1986.** *Waste Water irrigation in developing countries: Health effaencdt technical solutions.* Ed. World Bank Technical. pp. 27-28.

- **STIEN. J-L et SCHWARTZBROD. J. 1987.** Devenir des oeufs d'helminthes au cours d'un cycle d'épuration des eaux usées urbaines. Revue internationale des séries de l'eau, 3 (3/4) pp: 77-82.

- **SUSCHKA. J, FERREIRA. E. 1986.** Activated sludge respirometric measurements. *Water Research*, 20, 2, pp :137-144.

- **SYLLA. I. et BELGHYTI. D. 2008.** Analyse parasitologique des eaux usées brutes de la ville de Sidi Yahia du Gharb (Maroc) » Revue Mondiale de la Recherche Biologique, 10p.

- **TALLON. P, MAGAJNA. B, LOFRANCO. C, and LEUNG. K.T. 2005.** Microbial indicators of faecal contamination in water: A current perspective. *Water Air and Soil Pollution* 166 (1-4), pp139-166.
- **TAMRABET. L, GOLEA. D et BOUZERZOUR. H. 2002.** La reutilization des eaux usées en agriculture: insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. *Watmed2002*, Monastir, Tunisie. pp 295- 302.
- **THEVENHOT. M.T, LARBAIGHT. G, COLLOMB. J, BERNARD. C and SCHWARTZBROD. J. 1985.** Recovery of Helminth Eggs in Compost in the Course of Composting in: *Inactivation of Microorganisms in Sewage Sludge by Stabilisation Processes*. Elsevier Science Publishing Co., New York. pp 158-167.
- **THOMAS. O. 1985.** *Métriologie des eaux résiduaire*. Ed. Cebedoc / Tec. et Doc. 11, Liège -75384. Paris.
- **TOZE. S. 1999.** PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. *Water Res* 33, pp 3545-3556.
- **TRAD-RAÏS. M. 1989.** Surveillance bactériologique et parasitologique des eaux usées brutes et traitées de la ville de Tunis. *Archs. Inst. Pasteur, Tunis*. 65(3-4). pp:293-305.
- **TRAD-RAÏS. M et XANTHOULIS. D. 1999.** Amélioration de la qualité microbiologique des effluents secondaires par stockage en bassins *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, pp149–157.
- **VILLEBRUN. J-F. 1989.** La déphosphatation biologique appliquée à la station d'épuration de Craon, Rapport de la DDAF de la Mayenne. Volume 2 : Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, Suisse, pp330.

ANNEXES

Annexe. I

Matériel pour les analyses physicochimiques

➤ Appareillage

- ✓ Agitateur magnétique chauffant IKA (RET)
- ✓ Appareil pour DCO (6 flacons) BEHR
- ✓ Balance 220 g (KERN) d = 0.1mg
- ✓ Centrifugeuse (HERMLE Z300) avec accessoires (rotor pour gros tubes)
- ✓ Dessicateur
- ✓ Etuve BINDER
- ✓ Four 30- 3000 C° NABER THERM
- ✓ Hotte
- ✓ Incubateur pour DBO (AQUA hytic)
- ✓ Microscope optique
- ✓ Multi paramètres (Cond-TDS-DO-pH-Sal) HACH
- ✓ Pompe à vide (suppresseur)
- ✓ Spectrophotomètre (HACH) DR 4000

➤ Verreries

- ✓ Bec bunsen
- ✓ Becher
- ✓ Boite de pétri.
- ✓ Entonnoir
- ✓ Eprouvette 1L.100ml
- ✓ Fioles 250ml, 500ml
- ✓ Lamelles
- ✓ Lames
- ✓ Papier buvard
- ✓ Pince stérile, membrane filtrante
- ✓ Pipettes 1ml, 5ml, 20ml
- ✓ Pissette
- ✓ Portoir
- ✓ Tubes à essai

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

- ✓ Acide acétique.
- ✓ Acide ascorbique
- ✓ Acide chlorhydrique
- ✓ Acide sulfurique.
- ✓ Azoture de sodium
- ✓ Dichromate de potassium
- ✓ Eau distillée
- ✓ Fixateur (Iugol).
- ✓ Hydroxyde de sodium
- ✓ Salicylate de sodium
- ✓ Sulfate d'argent
- ✓ Sulfate de mercure .

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

Tableau IX. Gammes de DBO₅ estimées.

Gamme de mesure de DBO₅ (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

Tableau X. Relation entre conductivité et minéralisation

Valeurs de conductivités	Minéralisations correspondantes
Conductivité <100	Minéralisation très faible
100<conductivité<200	Minéralisation faible
200<conductivité<333	Minéralisation moyenne
333<conductivité<666	Minéralisation moyenne accentuée
666<conductivité<1000	Minéralisation importante
Conductivité>1000	Minéralisation élevée

Rodier et al., 2005

Annexe. II

Matériel pour les analyses Bactériologiques

- **Milieu de culture**
 - ✓ Milieu TTC +gélose au Tergitol
 - ✓ Milieu TTC +gélose Slanetz
 - ✓ Bouillon au sélinite de sodium cystéine (SFB)
 - ✓ Gélose Hektoen
 - ✓ Eau Peptone Alcaline (EPA)
 - ✓ Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)
- **Composition des différents milieux de cultures**
 - **Milieu TTC +gélose au Tergitol**
 - Lactose
 - BBT
 - Tergitol 7
 - TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium)
 - **Milieu TTC +gélose Slan**
 - Glucose
 - Azide de sodium
 - TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium).
 - **Bouillon au sélinite de sodium cystéine (SFB)**
 - Peptone pancréatique de caséine
 - Lactose
 - Monohydrogénosélénite de Na
 - 1-Cystéine
 - Eau distillée
 - Ajuster le pH à 7 ± 0.2
 - **Gélose Hektoen**
 - Peptone pepsique de viande
 - Extrait de levure
 - Sels biliaires

Lactose

Saccharose

Salicine

Chlorure de sodium

Hyposulfite de sodium

Citrate de fer ammonical

Bleu de bromothymol

Fushine acide

Gélose

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

➤ **Eau Peptonée Alcaline (EPA)**

Peptone

Lactose

Monohydrogénophosphate de Na

Dihydrogénophosphate de K

Eau distillée

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

Peptone

Extrait de viande

Chlorure de sodium

Agar

Eau distillée

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

Annexe. III

Description des procédés de fonctionnement de la station

➤ Prétraitement mécanique

✓ Dégrillage grossier

Les eaux usées sont admises directement au dégrillage grossier (Figure.51) constitué d'un canal de 1,5 m dans lequel est disposée une grille grossière avec un espacement entre barreaux de 50 mm permettant ainsi d'enlever les débris volumineux.



Figure.51 Dégrilleur grossier



Figure.52 Dégrilleur fin

✓ Dégrillage fin

Les effluents prédégrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin (Figure.52). Ce dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière.

✓ Dessablage et déshuilage

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement du sable.

Le déshuileur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle et accélération par injection de fines bulles (Figure.53). Il en résulte un mouvement et un brassage qui ont pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées c'est-à-dire les matières organiques et autres en suspension.



Figure.53 Dessableur et déshuileur

➤ **Traitement biologique**

Les eaux dessablées et déshuilées arrivent, en provenance du prétraitement, par l'intermédiaire d'une tuyauterie à la chambre de réparation entre les deux bassins d'aération distincts et accolés de forme rectangulaire. Afin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la



Figure.54 Oxymètre fixe

biodégradation des matières organique, un apport d'oxygène est donc indispensable pour le traitement biologique, une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg /l devrait être maintenue dans le système d'aération (Figure.54). La stabilisation (minéralisation) des boues s'effectuera également dans le bassin d'aération.



Figure.55 bassins d'aération

➤ **Décantation et pompage des boues en excès**

La liqueur mixte de boues activées est dirigée sur les ouvrages de décantation secondaire (Figure.56). Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient.



Figure.56 bassin de décantation

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers une fosse de pompage des boues de recirculation et d'excès. Les boues activées en excès produites par le processus biologique sont prélevées à partir de la fosse et refoulées en tête de l'épaississeur.

➤ **Désinfection et comptage de l'eau épurée**

A la sortie, les eaux, dites épurées, sont envoyées vers le bassin de chloration (Figure.57).



Figure.57 bassin de chloration

➤ **Épaississement des boues**

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Les boues en excès sont introduites par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre d'épaississeur (Figure.58).

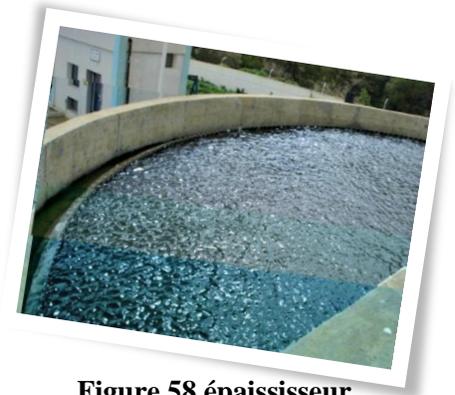


Figure.58 épaississeur

➤ **Séchage de boue**

La déshydratation des boues sur lits de séchage est un procédé de traitement qui permet l'épaississement, la minéralisation et le Storage (Figure.59).

Le principe est la filtration naturelle par gravité et le séchage à l'air de la boue.



Figure.59 lit de séchage

Annexe. IV Tableau XI. Résultats des analyses physicochimiques

Paramètres	Température		pH		Conductivité		MES		Taux de réduction de MES	DCO		Taux de réduction du DCO	DBO5		Taux de réduction du DBO5	Rapport DCO/DBO5	NH4-N		Taux de réduction du N-NH4	NO3-N		PO4		Taux de réduction du PO4
	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	%	mg O2/l	ET	%	EB	ET	%		EB	ET	%	EB	ET	EB	ET	%
Prélèvements	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET		EB	ET		EB	ET			EB	ET		EB	ET	EB	ET	
P1 : 18/03/2012	7.8	8.3	7.3	7.4	2550	2840	531	13	98	403.2	67.2	83	260	4	98	1.6	33	0.1	100	1.38	23.2	1.43	0.73	49
P2 : 27/03/2012	10.2	9.6	7.38	7.49	2760	2500	413	12	97	403.2	19.2	95	380	12	97	1.1	21	5.4	74	2	14.8	1.22	0.87	29
P3 : 01/04/2012	8.5	9.2	7.05	7.33	2750	2550	323	11.5	96	365	86.4	76	70	14	80	5.2	22	1.5	93	3	9.4	1.52	0.69	55
P4 : 08/04/2012	9.6	8.7	6.9	7.5	3120	2160	475	15	97	537.6	19.2	96	100	5	95	5.4	30	0.1	100	0.24	13.6	2.76	0.06	98
P5 : 15/04/2012	7.07	7.6	7.02	7.34	3220	2090	558	7	99	940.8	67.2	93	680	8	99	1.4	38.4	0.05	100	1.2	30.64	1.12	0.83	26
P6 : 22/04/2012	6.5	8.1	6.9	7.55	3210	2960	405	16.5	96	748.8	38.4	95	580	6	99	1.3	29	0.3	99	0.1	28.6	1.11	0.04	96
P7 : 29/04/2012	10	9.8	6.88	7.67	2880	2630	312	5	98	460.8	38.4	92	160	14	91	2.9	31	0.1	100	2.16	24.8	1.27	0.21	83
P8 : 06/05/2012	9.7	10.3	7.03	7.73	2740	2540	505	3.5	99	633.6	77.2	88	440	8	98	1.4	18.4	0.96	95	2.28	19.4	2.9	0.35	88
P9 : 13/05/2012	9.9	10	6.85	7.62	2880	2740	494	10	98	518.4	28.8	94	460	4	99	1.1	16	0.04	100	1.6	21.1	1.2	0.2	83
P10 : 20/05/2012	9.1	9.5	7.4	7.48	1341	1391	384	27	93	710.5	57.6	92	400	6	99	1.8	20.1	0.1	100	2	13.5	0.8	0.6	25
P11 : 27/05/2012	11.5	11	7.07	7.32	2740	2210	351	17.5	95	633.6	19.2	97	460	4	99	1.4	17.5	0.1	99	1.7	18.1	1	0.1	90
P12 : 04/06/2012	19.1	16.2	6.89	7.24	2790	2520	550	13.5	98	787.2	28.8	96	580	2	100	1.4	28.2	0.09	100	1.5	18	0.8	0.1	88
P13 : 10/06/2012	10.1	9.7	7.04	7.35	3220	2710	766	5	99	902.4	28.8	97	620	4	99	1.5	20	0.168	99	1.6	16.2	1.3	0.1	92
P14 : 17/06/2012	12.6	11.8	6.77	7.51	2810	2570	849	10	99	998.4	105.4	89	660	5	99	1.5	23.2	0.05	100	0.4	11.6	1.7	0.1	94
P15 : 24/06/2012	14.6	16.2	7.39	7.54	3050	1596	950	5	99	787.2	57.6	93	460	2	100	1.7	16.3	0.24	99	3.08	6.6	1	0	100
P16 : 01/07/2012	12	11.9	7.06	7.33	3150	2710	442	6.5	99	1094.4	38.4	96	750	4	99	1.5	19.8	0.064	100	3.5	6.4	1	0.1	90
P17 : 09/07/2012	14.4	15	6.83	7.63	4110	1622	413	9.5	98	595.2	28.8	95	360	1	100	1.7	13.6	0	100	4.52	22.3	1.2	0.1	92
P18 : 15/07/2012	15.3	14.5	7.05	7.44	2860	2660	813	4.5	99	576	19.2	97	220	3	99	2.6	35.2	0.01	100	2.68	27.7	0.88	0.08	91
Moyenne	11.00	10.97	7.05	7.47	2898.94	2388.83	529.67	10.67	97.61	672.02	45.88	92.44	424.44	5.89	97.22	2.03	24.04	0.52	97.67	1.94	18.11	1.35	0.29	76.06
écart type	3.21	2.75	0.20	0.14	518.33	452.98	190.13	5.95		215.20	26.04		202.03	3.91		1.28	7.31	1.28		1.14	7.28	0.59	0.30	

Tableau XII. Résultats des analyses Bactériologiques

Prélèvements	Coliformes totaux		Taux de réduction de CT	Coliformes fécaux		Taux de réduction de CF	Streptocoques fécaux		Taux de réduction de SF	ASR		Taux de réduction d'ASR	Salmonelles		Vibrien	
	EB	ET		EB	ET		EB	ET		EB	ET		EB	ET	EB	ET
P1 :18/03/2012	12.2x 10 ⁹	5.7x 10 ⁶	99,95	3.2x 10 ⁹	1.8 x 10 ⁶	99,94	2.1x 10 ⁹	3.1x 10 ⁵	99,98	2x 10 ⁶	2x 10 ³	99	0	0	0	0
P2 :27/03/2012	15.3x 10 ⁹	5.4 x 10 ⁶	99,96	4.1x 10 ⁹	2.2x 10 ⁶	99,95	2.3x 10 ⁹	3.2x 10 ⁵	99,98	3.3x 10 ⁶	2.8x 10 ³	99,15	-	-	-	-
P3 :01/04/2012	9x 10 ⁹	2.9x 10 ⁶	99,97	3.3x 10 ⁹	1.7x 10 ⁶	99,95	1.9x 10 ⁹	3.8x 10 ⁵	99,98	3.4x 10 ⁶	3.8x 10 ³	98,88	-	-	-	-
P4 :08/04/2012	11.6x 10 ⁹	4.2x 10 ⁶	99,96	3.8x 10 ⁹	1.2x 10 ⁶	99,97	2x 10 ⁹	3.4x 10 ⁵	99,99	2.2x 10 ⁶	3x 10 ³	98,64	-	-	-	-
P5 :15/04/2012	7.8x 10 ⁹	2.8x 10 ⁶	99,96	2.7x 10 ⁹	1.1x 10 ⁶	99,96	1.9x 10 ⁹	3.6x 10 ⁵	99,99	2.8x 10 ⁶	3.2x 10 ³	98,86	0	0	0	0
P6 :22/04/2012	8.4x 10 ⁹	3.5x 10 ⁶	99,96	3.2x 10 ⁹	1.3x 10 ⁶	99,96	2.2x 10 ⁹	3x 10 ⁵	99,98	2.9x 10 ⁶	3.5x 10 ³	98,79	-	-	-	-
P7 :29/04/2012	9.6x 10 ⁹	4.1x 10 ⁶	99,96	4.1x 10 ⁹	1.1x 10 ⁶	99,97	2.4x 10 ⁹	3.2x 10 ⁵	99,98	3.5x 10 ⁶	3.9x 10 ³	98,89	0	0	0	0
P8 :06/05/2012	8.6x 10 ⁹	3.3x 10 ⁶	99,96	3.5x 10 ⁹	1.2x 10 ⁶	99,97	2x 10 ⁹	3.5x 10 ⁵	99,98	3.2x 10 ⁶	2.9x 10 ³	99,09	-	-	-	-
P9 :13/05/2012	7.4x 10 ⁹	3.2x 10 ⁶	99,96	2.5x 10 ⁹	0.7x 10 ⁶	99,97	1.7x 10 ⁹	3.5x 10 ⁵	99,99	4x 10 ⁶	3.7x 10 ³	99,08	0	0	0	0
P10 :20/05/2012	7.7x 10 ⁹	2.1x 10 ⁶	99,97	2.2x 10 ⁹	0.9x 10 ⁶	99,96	1.9x 10 ⁹	3.7x 10 ⁵	99,98	3.6x 10 ⁶	3.8x 10 ³	98,94	0	0	0	0
P11 :27/05/2012	9.6x 10 ⁹	3.9x 10 ⁶	99,96	3.1x 10 ⁹	1.7x 10 ⁶	99,95	2.3x 10 ⁹	3.3x 10 ⁵	99,98	4.1x 10 ⁶	3.4x 10 ³	99,17	-	-	-	-
P12 :04/06/2012	7.5x 10 ⁹	3.2x 10 ⁶	99,96	2.6x 10 ⁹	1.2x 10 ⁶	99,95	2x 10 ⁹	4x 10 ⁵	99,98	4.6x 10 ⁶	3.7x 10 ³	99,20	-	-	-	-
P13 :10/06/2012	7.9x 10 ⁹	4x 10 ⁶	99,95	3.3x 10 ⁹	1.3x 10 ⁶	99,96	2.1x 10 ⁹	3.9x 10 ⁵	99,98	3.8x 10 ⁶	4.1x 10 ³	98,92	0	0	0	0
P14 :17/06/2012	8.2x 10 ⁹	3.4x 10 ⁶	99,96	4x 10 ⁹	1.7x 10 ⁶	99,96	2.5x 10 ⁹	4.2x 10 ⁵	99,98	3.6x 10 ⁶	3.9x 10 ³	98,92	0	0	0	0
P15 :24/06/2012	7.4x 10 ⁹	2.3x 10 ⁶	99,97	3.8x 10 ⁹	1.9x 10 ⁶	99,95	3x 10 ⁹	4.8x 10 ⁵	99,98	3.5x 10 ⁶	4.2x 10 ³	98,80	-	-	-	-
P16 :01/07/2012	9.2x 10 ⁹	4.5x 10 ⁶	99,95	4.4x 10 ⁹	1.5x 10 ⁶	99,97	3x 10 ⁹	5.1x 10 ⁵	99,98	4.2x 10 ⁶	4.7x 10 ³	98,88	0	0	0	0
P17 :09/07/2012	10.2x 10 ⁹	5.2x 10 ⁶	99,95	4.8x 10 ⁹	1.7x 10 ⁶	99,96	3.2x 10 ⁹	6.8x 10 ⁵	99,98	4.8x 10 ⁶	5.5x 10 ³	98,85	0	0	0	0
P18 :15/07/2012	9.5x 10 ⁹	4.8x 10 ⁶	99,95	4.3x 10 ⁹	1.9x 10 ⁶	99,96	3.1x 10 ⁹	6.6x 10 ⁵	99,98	2.2x 10 ⁶	5.1x 10 ³	97,68	0	0	0	0
Moyenne	9.28x 10 ⁹	3.81x10 ⁶	99,96	3.49x10 ⁹	1.45x 10 ⁶	99,96	2.31x10 ⁹	4.04x10 ⁵	99,98	3.43x 10 ⁶	3.73x 10 ³	98,91	0	0	0	0
Ecart Type	2,03x 10 ⁹	1,03 x10 ⁶		7,21 x10 ⁸	3,97 x 10 ⁵		4,65 x10 ⁸	1,12 x10 ⁵		7,91x 10 ³	83,67		0	0	0	0

Tableau XIII. Résultats des analyses Parasitologiques

Prélèvements espèces		P1 : 29/04/2012	P2 : 06/05/2012	P3 : 20/05/2012	P4 : 10/06/2012	P5 : 24/06/2012	P6 : 01/07/2012	P7 : 15/07/2012	TOTAL	Moyenne	Ecart type
Ascaris	EB	9.8	7.73	8.59	10	15.6	14.8	20	86.52	12.36	4.52
	ET	2.1	1.7	1.5	1.8	2.4	1.6	2.5	13.6	1.94	0.40
Ankylostome	EB	0	0	2.3	1.1	1.2	0.5	2.1	7.2	1.03	0.93
	ET	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Nematodirus	EB	0	0	0	0	2.6	3.8	5.3	11.7	1.67	2.23
	ET	0	0	0	0	0.3	0.1	0.3	0.7	0.10	0.14
Toxocara	EB	11.32	10.98	14.28	20.56	22	21.41	26.33	126.88	18.13	5.93
	ET	0.95	0.8	1.8	1.5	2.73	2.8	3.39	13.97	2.00	0.99
Strongyles	EB	1.32	1.17	1.45	2.1	1.89	1.74	1.97	11.64	1.66	0.35
	ET	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Total nématodes	EB	22.44	19.88	26.62	33.76	43.29	42.25	55.70	243.94	34.85	12.96
	ET	3.05	2.50	3.30	3.30	5.43	4.50	6.19	28.27	4.04	1.37
Taenia	EB	0	0	0	1.56	1.32	1.66	1.9	6.44	0.92	0.88
	ET	0	0	0	0	0	0	0.97	0.97	0.14	0.37
Hymenolepis Nana	EB	7.21	6.58	8.77	9.22	12.63	15.4	18.48	78.29	11.18	4.47
	ET	0.03	0.07	0.06	0.17	0.62	1.07	1.9	3.92	0.56	0.71
Hymenolepis diminuta	EB	4.51	5.2	5.13	7.22	7.85	7.69	8.19	45.79	6.54	1.53
	ET	0	0	0	0.2	0	0.13	0.17	0.5	0.07	0.09
Total Cestodes	EB	11.72	11.78	13.9	18	21.8	24.75	28.57	130.52	18.65	6.63
	ET	0.03	0.07	0.06	0.37	0.62	1.2	3.04	5.39	0.77	1.08
Entamoeba coli	EB	3.74	3.81	3.94	4.35	4.18	3.25	4.42	27.69	3.96	0.41
	ET	0	0	0	0	0.12	0	0.1	0.22	0.03	0.05
Giardia	EB	1.06	1.66	0.64	1.83	2.4	2.71	2.9	13.2	1.89	0.84
	ET	0	0	0	0	0.43	0.57	0.3	1.3	0.19	0.24
Blastocystis hominis	EB	0	0	0	0	0	1.83	4.88	6.71	0.96	1.86
	ET	0	0	0	0	0	0.07	0.2	0.27	0.04	0.08
Total Protozoaires	EB	4.8	5.47	4.58	6.18	6.58	7.79	12.2	47.6	6.80	2.62
	ET	0	0	0	0	0.55	0.64	0.6	1.79	0.26	0.32
TOTAL	EB	38.96	37.13	45.10	57.94	71.67	74.79	96.47	422.06	60.29	21.90
	ET	3.08	2.57	3.36	3.67	6.60	6.34	9.83	35.45	5.06	2.64

Annexe. V

Normes de rejet dans un milieu récepteur :

- Normes physico-chimiques

Tableau XIV. Valeurs limites des paramètres physicochimiques de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
pH	6,5 à 8,5	-
MES	35	mg/l
Turbidité	50	UTN
DBO5	35	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote Kjeldahl	30	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Aluminium	03	mg/l
Cadmium	0,2	mg/l
Fer	03	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0,01	mg/l
Nickel total	0,5	mg/l
Plomb total	0,5	mg/l
Cuivre total	0,5	mg/l
Zinc total	03	mg/l
Huiles et grasses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	10	mg/l
Indice Phénols	0,3	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Etain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l

(JORA, 2006)

Tableau XV. Normes physico-chimiques de rejets selon l’OMS (1989)

Paramètres	Unité	Normes
T°	°C	30
pH		6,5-8,5
O ₂	mg/l	5
DBO5	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	30
Zinc	mg/l	2
Chrome	mg/l	0,1
Azote total	mg/l	50
Phosphates	mg/l	2
Hydrocarbures	mg/l	10
Détergents	mg/l	1
Huiles et graisses	mg/l	20

- Normes Microbiologiques

Tableau XVI. Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées

Micro-organismes	Concentration (en nombre par l)
Virus	0 à 10 ³
Bactéries	
➤ Coliformes totaux	10 ³ - 10 ⁷
➤ <i>E. coli</i>	10 - 10 ⁶
➤ Entérocoques	10 - 10 ⁵
➤ Salmonelle	0 - 10
➤ Vibrion cholérique	0 - 10
Parasites	
➤ Giardia	10 - 10 ⁸
➤ Cryptosporidium	0 - 10 ²
➤ Œufs d’helminthes	0 - 10

Annexe. VI

Normes de rejet en vue de recyclage pour l'irrigation :

- Normes physico-chimiques

Tableau XVII. Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation

Paramètres	Unité	Normes
pH		6,5 à 8,5
Conductivité électrique	ms/cm	<3*
MES	(mg/l)	<70*
DCO (mg/l)	(mg/l)	<40*
DB05	(mg/l)	<30*
N0 ₃ ⁻	(mg/l)	<50*
N0 ₂ ⁻	(mg/l)	<1*
P0 ₄ ³⁻	(mg/l)	< 0.94*
HCO ₃	(mg/l)	500**
S0 ₄ ²⁺	(mg/l)	400**
CL	(mg/l)	1065**
Ca ²⁺	(mg/l)	400**
Na ⁺	(mg/l)	920**
Mg ²⁺	(mg/l)	60.75**
Cd ²⁺	(mg/l)	0.01*
Pb ²⁺	(mg/l)	0.05*
Zn ²⁺	(mg/l)	2*
Cr ⁶⁺	(mg/l)	0.1*
NH ₄ ⁺	(mg/l)	<2*

*OMS (1989), ** FAO (2003)

Tableau XVIII. Normes de qualité microbiologique recommandées pour les eaux résiduaires traitées en vue de leur recyclage pour l'irrigation ^a :

Catégorie	Conditions de recyclage	Groupe exposé	Nématodes intestinaux ^b (nombre moyen arithmétique d'œufs par litre ^c)	Coliformes fécaux (nombre moyen géométrique par 100ml ^c)	Traitement en principe nécessaire pour donner aux eaux résiduaires la qualité microbiologique requise
A	Irrigation de plantes destinées normalement à être consommées non cuites, arrosage de terrains de sport ou de parcs publics	Personnel, consommateurs, grand public	≤ 1	≤1000 ^d	Utilisation d'une série de bassins de stabilisation spécialement conçus à cet effet (ou traitement équivalent)
B	Irrigation de cultures céréalières, de cultures industrielles, de cultures fourragères, de pâturages et arrosage d'arbres ^e	Personnel	≤ 1	Aucune norme recommandée	Séjour pendant 8- 10 jours dans des bassins de stabilisation, ou traitement équivalent, en vue d'en éliminer les Helminthes et les coliformes fécaux
C	Irrigation localisée ^f , de cultures de la catégorie B si l'exposition du personnel et du grand public est exclue	Aucun	Sans objet	Sans objet	Traitement préliminaire exigé compte tenu de la technique d'irrigation utilisée, mais consistant au minimum dans une sédimentation primaire

(OMS, 1989)

^a: Dans certains cas, il faut tenir compte des facteurs épidémiologiques, socio-culturels et environnementaux locaux et, éventuellement, modifier les normes recommandées en conséquence.

^b: Parasites des genres *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

^c: Pendant la période d'irrigation.

^d: Une norme plus rigoureuse (≤ 200 coliformes fécaux par 100 ml) doit s'appliquer aux pelouses qui sont ouvertes au grand public, comme celles des hôtels, et comportent de ce fait un risque de contact direct.

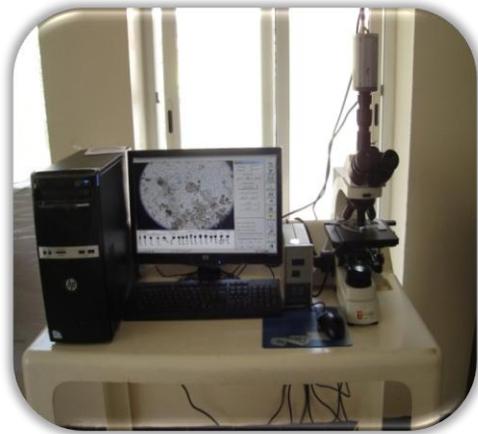
^e: Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit être terminée deux semaines avant la cueillette, et aucun fruit ne doit être ramassé par terre. L'irrigation par aspersion est à proscrire.

^f: Egalement appelée irrigation au goutte-à-goutte.

Annexe. VII



Four NABER



Microscope optique équipé d'un système d'acquisition d'images



Rampe de filtration



Compteur de colonies



Balance analytique Kern 220g



Dessicateur



Centrifugeuse HERMEL



Etuve BINDER



DCO mètre



DBO mètre numérique



Spectrophotomètre (HACH)



Hotte



Préleveur automatique



Tige de prélèvement