

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

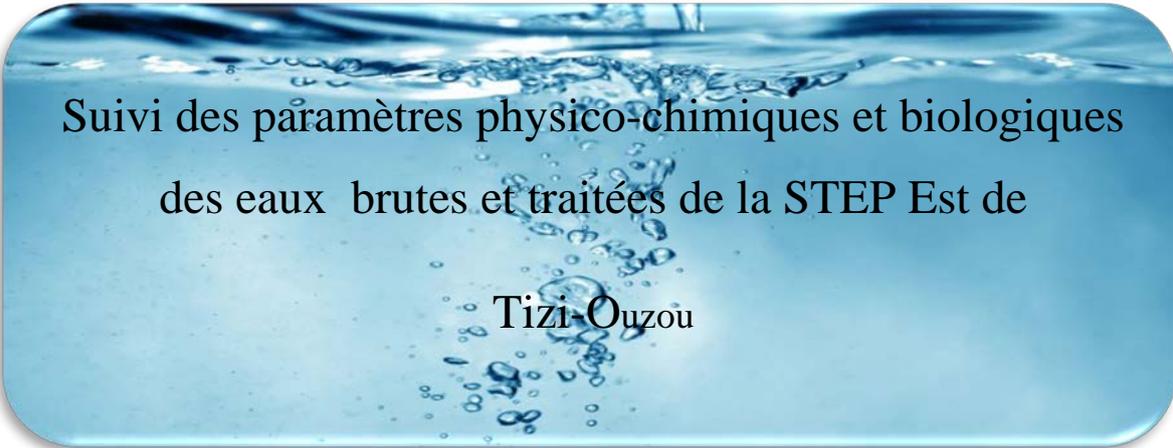


Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences
agronomiques
Département des sciences : Agronomiques

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtention d'un diplôme de Master

Spécialité: Eau et environnement



Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques
des eaux brutes et traitées de la STEP Est de
Tizi-Ouzou

Présenté par :

M^{lle} : Babou Lylia

M^{lle} : M'zyene Nacera

Devant le jury:

M^r BERRADJ.O MCB UMMTO

Président

D^r METAHRI.M.S MCA UMMTO

Promoteur

M^{me} CHAOUCHI. D Doctorante UMMTO

Co-promotrice

M^{me} BOUZID. K Doctorante UMMTO

Examinatrice

Année : 2017/2018

Remerciements

Une pensée pieuse à dieu qui a éclairé notre chemin et mené vers la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur Dr MEHARRI.M.S et notre Co-promotrice Mme Chaouchi pour leur aide, le temps qu'ils nous ont consacré et surtout pour leur patience tout au long de ce travail.

Nos remerciements vont également aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail.

En fin Nous remercions toute les personnes qui nous ont soutenues et encouragées pour aller au bout de ce travail, en particulier nos familles et nos amis proches.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Ma famille, ma mère et mon père pour
leur patience, conseils, aide et aussi de
m'avoir encouragée pour la réalisation de
ce travail ;*

A mes très chères sœurs et mon frère;

A ma très chère amie Sabrina;

*A tous mes amis (es) de la promotion eau
et environnement en particulier mon
binôme Lylia, et notre ami Farid.*

M. Nacera

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents pour leur amour et
pour le courage et la volonté qu'ils m'ont
inculquée ;*

A mes très chères sœurs et mon frère ;

A mon cher ami Farid ;

*A la mémoire de mon cher ami Ramdane
Si Salem;*

*A tous mes amies en particulier mon
binôme Nacera ; Fatima et Rabiha.*

B. Lyfia

Liste des abréviations

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs.

BCPL: Bouillon lactosé au Pourpre de Bromocrésol.

BEA : Bile Esculine Azide.

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

D/C : Double Concentration

DBO: Demande biologique en oxygène

DCO: Demande chimique en oxygène

E, coli: Escherichia coli

K : coefficient de biodégradabilité

MES : Matières en suspension

MMS: matières minérales sèches

MVS: matières volatiles sèches

NPP : Nombre Plus Probable.

NTU : Norme françaises d'utilisation.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ONA : Office national d'assainissement

pH : Potentiel d'hydrogène

S/C : Simple concentration

ST : Streptocoques fécaux.

STEP: Station d'épuration.

T : Température.

UFC : Unités Formant Colonies.

VF : Viande foie.

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Normes de rejet de l'O.M.S, appliquées en Algérie	12
02	Caractéristiques techniques de la station d'épuration Est de la ville Tizi Ouzou	25
03	Différents ouvrages de traitement	25
04	Programmes du colorimètre utilisés pour la méthode colorimétrique	40
05	Echelle de mesure de la DBO ₅	42
06	Résultats de dénombrement de la flore mésophile pathogène et saprophyte	56
07	Résultats du dénombrement des clostridium sulfito- réducteurs	57
08	Résultats de dénombrement des coliformes fécaux et des streptocoques	58
09	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux	59
10	Représentation de la description morphologique de certains parasites observés	61

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Dégrilleur grossier	6
02	Déshuileur	7
03	Stabilisateur	10
04	Schéma de fonctionnement d'un traitement par boues activées	11
05	Escherichia-coli sous microscope électronique à G X 1000	20
06	Photo originale, 2018 des streptocoques sp sous microscope x G1000	21
07	Streptocoques fécaux	21
08	Photographie des Clostridium perfringens observée au microscope optique G×1000	22
09	Situation géographique de la STEP	24
10	Point de prélèvement d'eau brute	26
11	Dénombrement de la flore mésophile pathogène et saprophyte	30
12	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	33
13	Dénombrement des streptocoques totaux et fécaux	35
14	Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane	36
15	Dénombrement des streptocoques fécaux par filtration	37
16	Dénombrement des spores des clostridium sulfite-réducteurs	38
17	DBO mètre	42
18	Photo originale du colorimètre, 2018	45
19	Variations des valeurs de température de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP	47
20	Variations des valeurs de pH de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP	48
21	Variations des valeurs de la conductivité de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP	49
22	Variation des teneurs en MES de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP	50
23	Variation de la turbidité de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration	50
24	Variations de la DBO ₅ de l'eau brute et traitée de la STEP Est	51
25	Variations de DCO de l'eau brute et épurée de la STEP Est	52
26	Variations de l'ammonium de l'eau brute et épurée de la STEP Est	52
27	Variations des Nitrites à l'entrée et la sortie de la STEP	53
28	Variations des teneurs en Nitrates à l'entrée et la sortie de la STEP	54

29	Les variations des ions PO_4^{-3} à l'entrée et la sortie de la station d'épuration	55
30	Représentation des tubes correspondant à la recherche et dénombrement des spores sulfito-réductrices	57
31	Représentation des boîtes de pétries correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux	60
32	Représentation d'une boîte de pétrie correspondant à la recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	60

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et l'épuration	
I-1-Introduction	2
I-2-Définition des eaux usées	2
I-3-Nature et origine.....	2
I-3-1-Les eaux usées domestiques	2
I-3-2-Les eaux usées pluviales	3
I-3-3-Les eaux usées agricoles	3
I-3-4-Les eaux usées industrielles	3
I-4-Définition de la pollution	4
I-5-Types de pollution.....	4
I-5-1-Pollution organique.....	4
I-5-2-Pollution physique	4
I-5-2-1-Pollution thermique	4
I-5-2-2Pollution radioactive	4
I-5-2-3-Pollution mécanique	5
I-5-3-Pollution chimique	5
I-5-4-La pollution microbienne.....	5
I-6-Les différents types d'assainissement	5
I-7-Procédés d'épuration	6
I-7-1-Définition et objectif d'épuration	6
I-7-2-les prétraitements	6
I-7-2-1-Le dégrillage	6
I-7-2-2-Le dessablage.....	7
I-7-2-3-Le dégraissage-déshuilage	7
I-7-3-Le traitement primaire	7
I-7-4-Le traitement secondaire	8

Sommaire

I-7-4-1-Les traitements anaérobies	8
I-7-4-2-Les traitements aérobies	8
I-7-4-2-1-La boue activée (culture libre)	8
I-7-4-2-2-La technique de fonctionnement	9
I-7-4-2-3-Traitement des boues.....	10
I-7-5-Traitements tertiaires	10
I-8-Normes de rejet	11
I-9-Conclusion.....	12

Chapitre II: paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux usées

II-1-Introduction.....	13
II-2-Paramètres physico-chimiques	13
II-2-1-La température	13
II-2-2-Le potentiel d'hydrogène.....	13
II-2-3-La turbidité	14
II-2-4-Les matières en suspension	14
II-2-5-La conductivité	14
II-2-6-L'oxygène dissous	14
II-2-7-La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	14
II-2-8-La demande chimique en oxygène DCO	15
II-2-9-La biodégradabilité	15
II-2-10- Nitrites (NO ₂ ⁻)	15
II-2-11- Nitrates (NO ₃ ⁻)	16
II-2-12-L'azote.....	16
II-2-13- Le phosphore	16
II-3-Paramètres bactériologiques	16
II-3-1-La croissance bactérienne.....	17
II-3-1-1- Influences des facteurs physiques et chimiques sur la croissance bactérienne.....	17

Sommaire

II-3-1-1-1-Température	17
II-3-1-1-2-L'eau	18
II-3-1-1-3-Exigences gazeuses	18
II-3-1-1-4-Le pH	18
II-3-1-1-5-Les substances nutritives.....	19
II-3-2-Métabolisme des bactéries	19
II-3-3-Quelques germes indicateurs de pollution fécale	19
II-3-3-1-Les coliformes	19
II-3-3-1-1-Les coliformes fécaux	19
II-3-3-1-1-2-Métabolisme et habitat des coliformes fécaux	20
II-3-3-2-Les streptocoques	20
II-3-3-2-1-Les streptocoques fécaux	21
II-3-3-2-2-Métabolisme et habitat.....	21
II-3-3-3-Les clostridiums	22
II-3-3-3-1-Les clostridiums sulfito-réducteurs	22
II-3-3-3-2-Métabolisme et habitat.....	22
II-4- Paramètres parasitologiques	23
II-5-Conclusion	23

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I-Introduction	24
I-1-Présentation de la station	24
I-2- Situation géographique.....	24
I-2-1-Fiche technique de la station d'épuration	25
I-2-2-Description des ouvrages de la STEP	25
I-3-Le prélèvement d'eau	26
I-4- Le transport des échantillons d'eau.....	26

Sommaire

I-5-Analyses bactériologiques.....	27
I-5-1-Matériels utilisés	27
I-5-2-Produits utilisés	28
I-5-3-Dénombrement de la flore mésophile totale à 37 ⁰ c et à 22 ⁰ c	28
I-5-4- Méthode de dénombrement de nombre le plus probable NPP.....	31
I-5-4-1-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	31
I-5-4-1-1-Test de présomption	31
I-5-4-1-2-Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.....	32
I-5-4-2-Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide sur ROTHE.....	34
I-5-4-2-1-Test présomptif	34
I-5-4-2-2-Test de confirmation	34
I-5-5-Recherche et dénombrement sur milieu solide	36
I-5-5-1-Recherche et dénombrement des coliformes par la méthode de filtration sur membrane	36
I-5-5-2- Dénombrement des streptocoques fécaux	37
I-5-6-La recherche et le dénombrement des Clostridiums sulfito-réducteurs	37
I-6-Analyses physico-chimiques	39
I-6-1-Prélèvement et échantillonnage	39
I-6-2-Matériels utilisés	39
I-6-3-Produits utilisés	39
I-6-4-Programmes utilisés	40
I-7-Détermination des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées	40
I-7-1-Analyses quotidiennes	40
I-7-1-1-Détermination de la température	40
I-7-1-2-Mesure de pH	40
I-7-1-3 Détermination de la conductivité	40
I-7-1-4- Détermination de la turbidité	41

Sommaire

I-7-1-5-Détermination des matières en suspension MES (norme ISO 8006)	41
I-7-2- Analyses complémentaires.....	41
I-7-2-1-La DBO ₅	41
I-7-2-2-La DCO	43
I-7-2-3-Les nitrites NO ₂ ⁻	43
I-7-2-4-Les NO ₃ ⁻	44
I-7-2-5- Les Ortho-phosphates PO ₄ ⁻³	44
I-7-2-6- Détermination de l'azote ammoniacal (N-NH ₃)	44
I-8-Paramètres parasitologiques.....	45
I-8-1- Matériel et produits utilisés.....	45

Chapitre II: Résultats et discussion

II-Introduction	47
II-1- Suivi physico-chimique des eaux usées	47
II-1-1-La température.....	47
II-1-2-Le pH.....	48
II-1-3-Conductivité électrique.....	49
II-1-4-Matières en suspension MES	49
II-1-5-La turbidité	50
II-1-6-Demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO ₅).....	51
II-1-7-Demande chimique on oxygène (DCO).....	52
II-1-8-L'ammonium (NH ₄ ⁺)	52
II-1-9-Ions nitrites	53
II-1-10-Nitrates	54
II-1-11-Ortho-phosphates.....	55
II-2-Suivi bactériologique	55
II-2-1-Dénombrement des germes totaux	55
II-2-2-Dénombrement des spores des clostridium sulfito-réductrices.....	57

Sommaire

II-2-3-Dénombrement des streptocoques fécaux et des coliformes fécaux avec la méthode NPP.....	58
II-2-4-Dénombrement par la méthode de filtration sur membrane.....	58
II-3-Interprétation des résultats parasitologiques.....	60
Conclusion	61
Conclusion générale.....	63
Références bibliographies.....	64

Introduction générale

Introduction générale

Depuis toujours l'eau est indissociable de l'activité humaine. Considérée comme un instrument d'aménagement du territoire, elle est devenue un bien économique qu'il faut valoriser et distribuer au mieux en qualité et en continuité.

L'humanité se trouve devant une croissance alarmante de la pollution des eaux par des matières organiques diverses, des pesticides, des détergents, des métaux lourds, et autres substances toxiques. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets brutes polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

Le traitement de l'eau usée a pour objectif de réduire le niveau de contamination en divers éléments, pour la rendre respectueuses des milieux récepteurs ou facilement réutilisable en agriculture ou en industrie. Différentes méthodes sont utilisées dans le domaine de l'épuration, telles que la méthode à boues activées, l'utilisation des algues fixatrices pour éliminer certains nutriments, méthodes de stockage et traitement suivies d'utilisation directe ou d'épandage dans la nature. Dans le traitement par boues activées, l'élimination de la charge polluante organique est assurée par les communautés de microorganismes de l'eau et des sédiments appelées biomasse épuratrice composées d'algues, de bactéries et de parasites.

L'objectif de ce travail, consiste à suivre la qualité physicochimique et biologique des eaux usées brutes et épurées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.

Pour atteindre cet objectif :

L'étude sera divisée en deux parties : une partie bibliographique et une partie expérimentale. La première partie comportera deux chapitres. Le premier chapitre sera consacré pour les généralités sur les eaux usées et l'épuration. Le deuxième chapitre va décrire les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées.

La deuxième partie contiendra un chapitre qui résume l'échantillonnage et les méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques et parasitaires ainsi qu'un deuxième chapitre qui va regrouper les principaux résultats et les discussions.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

1-Introduction

L'eau, est la denrée la plus utilisée par l'homme, finit par être rejetée une fois utilisée pour la consommation humaine, les activités domestiques, l'industrie, l'agriculture, etc. On parle alors d'eau usée pouvant contenir toutes sortes de pollution, elle ne doit pas être directement rejetée dans le milieu naturel, car sans traitement elle peut engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent elle devrait être dirigée vers des stations d'épurations.

2-Définition des eaux usées

Les eaux usées concernent toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques, qui parviennent jusqu'aux canalisations d'assainissement afin d'y subir un traitement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante susceptible d'engendrer au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Dugniole, 1980 ; Glanic et Benneton, 1989).

3-Nature et origine

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre origines (Metahri, 2012) :

3-1-Les eaux usées domestiques

Ce sont les eaux utilisées par l'homme pour des besoins domestiques (Chocat, 1997) elles constituent essentiellement de la pollution et se composent :

- Des eaux de cuisine : qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à de matières organiques à base (glucides, lipides ; protides), et des produits détergents.
- Des eaux de buanderie : contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains : chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes : qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées (Chocat, 1997 et Franck, 2002)

3-2-Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie par deux mécanismes :

Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées

La remise en suspension des dépôts des collecteurs

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques avec des métaux lourds et des éléments toxiques (plomb ; zinc ; hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile (Frank, 2002).

3-3-Les eaux usées agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole.
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés; de désherbants ; d'insecticides (Richard, 1996).

3-4-Les eaux usées industrielles

Elles proviennent généralement des usines ; elles sont caractérisées par une grande diversité.

Suivant l'utilisation de l'eau ; tous les produits ou sous-produit de l'activité humaine se trouvent concentrés dans l'eau .la composition des eaux usée industrielles varie selon la nature des rejets ; on distingue les pollutions spécifiques suivantes :

- Matières radioactives (centres nucléaires ; traitement des déchets radioactifs...)
- Sels métalliques (traitement de surface ; métallurgie...)
- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires...)
- Acides ; bases ; produits chimiques divers (industries chimiques ; tanneries...)
- Eaux chaudes (circuit de refroidissement des centrales thermiques...)

La contribution importante des industries à la pollution des eaux s'effectue de plusieurs manières :

- Par rejets d'effluents dans le réseau d'assainissement avec ou sans épuration avant le retour au milieu naturel.
- Par rejet direct dans le milieu naturel avec ou sans prétraitement des eaux résiduaires. (Loumi et Yefsah, 2010).

4-Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une modification néfaste de la composition des eaux par l'ajout des substances susceptibles d'altérer leur qualité ; leur aspect esthétique et compromettre leur consommation.

L'agent polluant peut être de nature physique ; chimique ; ou biologique ; il provoque soit une gêne ; une nuisance ou une contamination (Loumi et Yefsah, 2010).

5-Types de pollution

5-1-Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries(Liu et al, 1997).

5-2-Pollution physique

5-2-1-Pollution thermique

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques.

5-2-2-Pollution radioactive

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des

contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (Kourchi, 2010)

5-2-3-Pollution mécanique

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entraînant de boues importants (Kourchi, 2010).

5-3-Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines (Kourchi, 2010).

5-4-La pollution microbienne

C'est une pollution d'origine humaine et animale; elle est engendrée par les rejets urbains.

La pollution microbienne devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu pouvant être utilisé comme moyen de loisir (eau de mer ; lac ; rivière etc.)

La présence de microorganismes pathogènes (E – coli ; Streptocoques fécaux ; salmonelle ; vibrions) peut être à l'origine des maladies infectieuses (fièvre typhoïde ; choléra) (Loumi ; Yefsah, 2010)

6-Les différents types d'assainissement

L'assainissement de l'eau constitue l'ensemble des dispositions relatives à l'évacuation des liquides d'une agglomération et à leurs traitements, de manière à ce qu'ils ne puissent provoquer aucune nuisance pour l'hygiène publique (Ladjel, 2006), on distingue trois systèmes d'assainissement :

 Système unitaire

 Système séparatif

 Système pseudo séparatif

7-Procédés d'épuration

7-1-Définition et objectif d'épuration

L'épuration est l'ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour la réutiliser ou la recycler les eaux usées dans le milieu naturel (Zeghoud, 2014).

Le principal objectif est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu(les boues) et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques.

7-2-les prétraitements

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tous les éléments susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements : déchets volumineux (dégrillage), sable (dessablage) et corps gras (dégraissage, déshuilage).

7-2-1-Le dégrillage

Les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage, qui consiste à faire passer l'eau à travers d'une grille dont les barreaux sont plus ou moins espacés, permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants.

Le dégrillage permet de protéger la station contre l'arrivage des gros objets susceptible de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.



Figure1 : dégrilleur grossier (2018)

7-2-2-Le dessablage

Le dessablage vise à éliminer les sables, les graviers et les particules plus au moins fines par une décantation. Ces particules sont aspirées ensuite par une pompe.

7-2-3-Le dégraissage-déshuilage

Dégraissage c'est généralement le principe de la « flottation » par air dissous qui est utilisé pour l'élimination des huiles.

Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage ; permettant de faire remonter rapidement les graisses, leur élimination se fait par raclage de la surface.



Figure 2 : déshuileur (2018)

7-3-Le traitement primaire

Le traitement primaire est destiné pour l'élimination des matières en suspension facilement décantables. (Grosclaude, 1999). Le traitement des eaux est seulement physique ou éventuellement physico-chimique à travers un décanteur primaire (Bordet, 2007).

Les eaux usées sont acheminées vers une cuve de sédimentation dans laquelle elles subissent une décantation primaire, afin d'éliminer les matières volumineuses en suspension (décantation physique), par contre le traitement physico-chimique a pour objet d'accélérer l'effet gravitationnel des particules encore en suspension dans les eaux usées grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (coagulants ou floculent). (Bouziani, 2000).

7-4-Le traitement secondaire

Les traitements recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (Carbone, azote et phosphore) .Dans la majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques.

Eau+ pollution organique + micro-organismes + oxygène
Micro- organismes en excès + CO₂ + H₂O

L'épuration biologique est et restera sans doute encore longtemps, le mode de traitement le plus utilisé pour assurer l'élimination de la pollution organique biodégradable des effluents urbains, car de loin le plus économique en exploitation. Elle s'effectue par voie aérobie ou anaérobie (Metahri, 2012)

7-4-1-Les traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme son nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique et à degrés moindre de CO₂ (Metahri, 2012).

7-4-2-Les traitements aérobies

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène (Metahri, 2012). On distingue cinq méthodes essentielles :

- Les cultures fixées (lits bactériens et disques biologiques)
- Le lagunage
- Infiltration/percolation
- Filtres plantés
- Les cultures libres (boue activée)

7-4-2-1-La boue activée (culture libre)

Les boues activées constituent le traitement biologique le plus répandu, la culture bactérienne est maintenue en suspension dans le courant des eaux usées à traiter, il s'agit du procédé de boue activée. C'est le traitement le plus simple et le plus fréquemment utilisé.

Le procédé d'épuration par boues activées est un procédé relativement récent il est mis au point par ARDERN et LOCKET en 1914 à Manchester (Ladjel, 2006).

C'est un procédé qui consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons dans un bassin aéré, alimenté par l'eau usée à traiter.

Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte).

L'aération qui peut se faire avec l'air, ou avec l'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte.

7-4-2-2-La technique de fonctionnement

Le développement des boues est assuré par un brassage de la masse formée et surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations, l'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un bassin appelé décanteur secondaire destiné à séparer l'eau épurée des boues.

Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération, pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent est extrait du système et évacué vers les ouvrages de traitement des boues.

7-4-2-3-Traitement des boues

Les boues activées sont stabilisées dans deux ouvrages qui sont :

-Stabilisateur : les boues stabilisées sont envoyées vers l'épaississeur par des groupes de pompage (Loumi; Yefsah, 2010)



Figure3: Stabilisateur (ONA, 2018)

-L'épaississeur : il a pour fonction de limiter le volume d'eau à transformer sur les airs de séchage.

7-5-Traitements tertiaires

Appelés aussi traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée.

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie (Metahri, 2012).

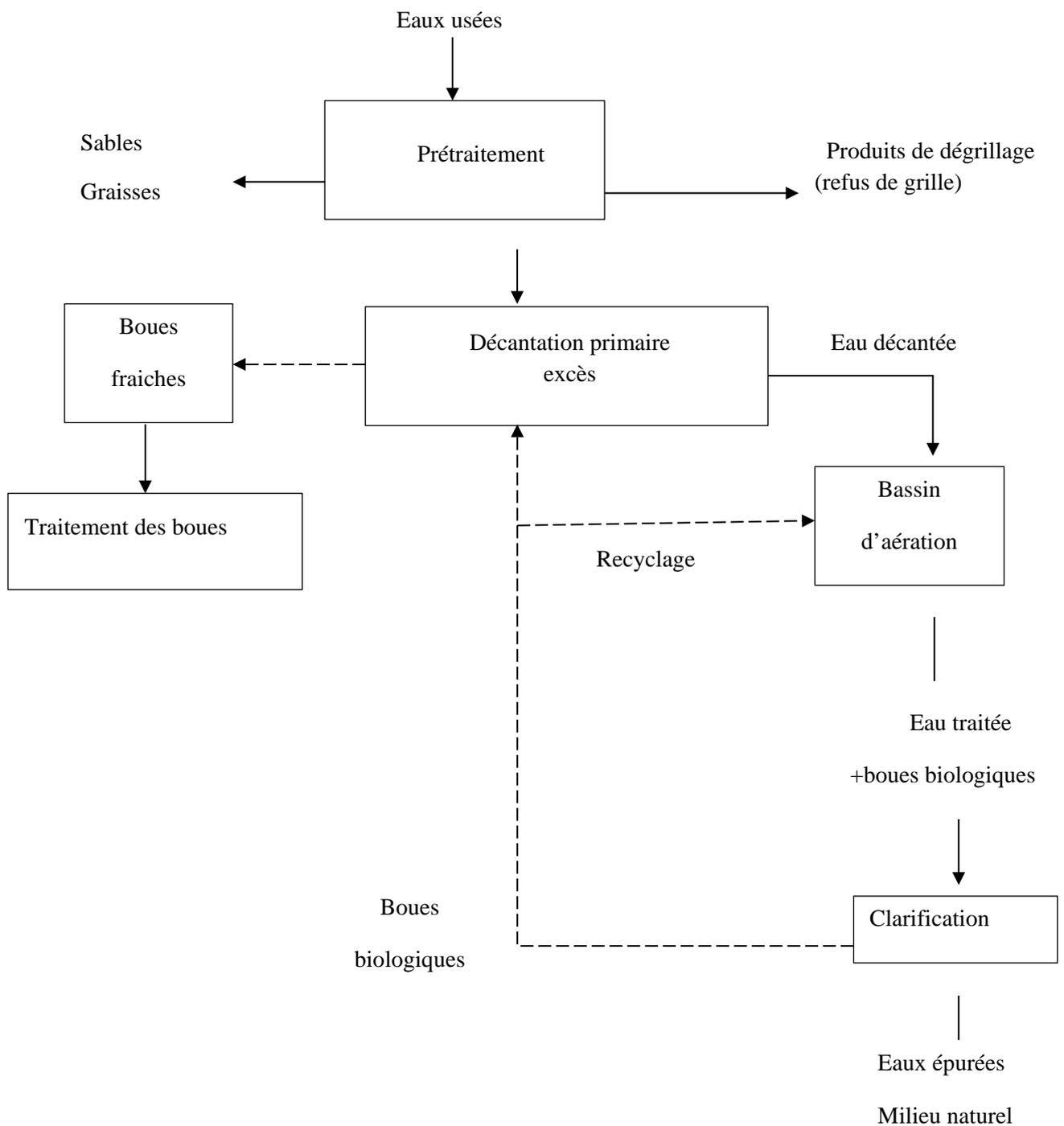


Figure4: Schéma de fonctionnement d'un traitement par boues activées (ONA, 2013)

8-Normes de rejet

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé(OMS), les normes de rejets des eaux usées en Algérie sont résumées dans le tableau1 :

Tableau 1: normes de rejet de l'O.M.S, appliquées en Algérie.(2003)

Paramètres		Normes
T°	(°C)	> 30
pH	(mg/l)	6.5 - 8.5
O ₂	(mg/l)	5
DBO5	(mg/l)	30
DCO	(mg/l)	90
MES	(mg/l)	120
Zinc	(mg/l)	2
Chrome	(mg/l)	0.1
Azote total	(mg/l)	50
Phosphore total	(mg/l)	2
Hydrocarbures	(mg/l)	10
Détergents	(mg/l)	1
Huiles et graisses	(mg/l)	20

9-Conclusion

Les conséquences de la pollution des eaux sont multiples ; que ce soit sur l'homme directement ou sur le milieu où il vit.

Pour minimiser ces conséquences une épuration des eaux résiduaires avant leur rejet dans le milieu récepteur est nécessaire car elle répond à deux préoccupations essentielles :

-Préserver les ressources en eau.

-Lutte et prévention contre les différentes catégories maladies hydriques.

CHAPITRE II

1-Introduction

Avant d'apprécier l'impact des rejets des eaux usées sur le milieu récepteur, il paraît logique de présenter les caractéristiques et les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et traitées, l'utilisation de ces paramètres constitue un bon moyen pour l'estimation de la qualité de ces rejets urbain et de leur impact sur l'environnement.

La qualité bactériologique de l'eau rend compte de la charge en microorganismes de l'eau. Les microorganismes sont en fait omniprésents dans l'environnement et leur présence n'est pas toujours synonyme de risque sanitaire. Ce sont les microorganismes pathogènes qui présentent un danger sur la santé du consommateur d'une eau polluée. En effet, L'eau contaminée pourrait entraîner la cause d'une épidémie (Bengoumi et al, 2004).

2-Paramètres physico-chimiques

2-1-La température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique influençant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (Rodier et al 1996).

2-2-Le potentiel d'hydrogène

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxide (OH^-) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique Au-dessous de 7, la substance est acide (OMS, 2007).

2-3-La turbidité

La turbidité c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejeseck, 2002).

2-4-Les matières en suspension

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

2-5-La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Zeghoud, 2014).

2-6-L'oxygène dissous

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

2-7-La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis, 1993).

2-8-La 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. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes.

➤ Différence entre DCO et DBO

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau. Lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O₂ par litre (Devillers et *al*, 2005).

2-9-La biodégradabilité

C'est la propriété des composés chimiques susceptible de subir une biodégradabilité sous l'action des micro-organismes décomposeurs présents dans le biotope où ils sont rejetés.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K tel que $K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$. (Ramade.F.1989)

Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement Biodégradables.

Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables (Metahri, 2012).

2-10- Nitrites (NO₂⁻)

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

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

2-11- Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier et al, 2009).

2-12-L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral.

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (Rodier, 2005).

2-13- Le phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (Rejsek, 2002). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant (Degrémont, 2005).

3-Paramètres bactériologiques

On trouve naturellement dans les eaux usées une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien de l'équilibre aquatique et de la chaîne trophique (Hébert et Légaré, 2000). Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale

et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastroentérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants) et *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisés pour évaluer le niveau de décontamination bactériologique des eaux (Brouillet et Quellet, 2013)

3-1-La croissance bactérienne

Dans une population bactérienne la croissance se traduit par une augmentation du nombre de bactéries c'est-à-dire de la masse cellulaire. La croissance bactérienne dépend de plusieurs facteurs de nature physiques et chimiques (Annie, Françoise, 2001).

3-1-1- Influences des facteurs physiques et chimiques sur la croissance bactérienne

En plus de l'apport en éléments nutritifs et énergétiques, plusieurs facteurs modifient l'évolution de la croissance bactérienne (Annie et Françoise, 2001).

3-1-1-1-Température

C'est l'un des facteurs les plus importants influençant les conditions de croissance et de survie (Annie, 2001). Généralement, un type de bactérie donné croît plus rapidement à une certaine température : la température optimale de croissance. La vitesse de croissance se réduit lorsque la température s'écarte de cet optimum. Pour toute bactérie, il y a une température maximum et une température au-delà desquelles la croissance s'arrête (Singleton, 2002)

- Les bactéries thermophiles sont celles dont la température de croissance optimale est 45 °C (*E.coli*)
- Les bactéries thermotolérantes peuvent survivre, mais ne pas nécessairement croître à des températures qui tueraient normalement la plupart des autres bactéries végétatives.
- Bactéries mésophiles ont une croissance optimale à des températures comprises entre 15 et 45°C.
- Les bactéries psychrophiles croissent de façon optimale à ou au-dessous de 15°C.

Les bactéries psychrotrophes peuvent croître à basse température (0 à 5°C). (Singleton, 2002)

3-1-1-2-L'eau

L'eau contribue à la masse d'une bactérie pour 80 % ou plus et au cours de leur croissance, les substances nutritives et les déchets pénètrent et quittent respectivement la cellule, en solution. Par conséquent, les bactéries ne peuvent croître que dans ou sur des matières contenant suffisamment d'eau libre (disponible). Dans une matière donnée toute d'eau n'est pas nécessairement disponible pour la croissance bactérienne ; une partie peut, par exemple, être liée à des gels hydrophiles ou à des ions en solution (Singleton, 2002).

3-1-1-3-Exigences gazeuses

➤ CO₂

Le carbone entre dans la composition du squelette de toutes les molécules organiques et est à ce titre un des éléments les plus abondants de la cellule (50% du poids sec). Les autotrophes métabolisent la molécule carbonée la plus simple, le CO₂ atmosphérique comme seule source de carbone. Les hétéotrophes utilisent des molécules organiques complexes dont la diversité est étonnante (Annie et Françoise, 2001).

➤ L'Oxygène O₂

Les bactéries aérobies poussent en présence de l'oxygène de l'air. Quand elles manifestent une dépendance absolue vis-à-vis de ce gaz, elles sont aérobies « stricts » (Annie, Françoise, 2001).

Les anaérobies stricts ne croîtront normalement que si l'oxygène est absent. Ces organismes se trouvent, par exemple, dans la vase des cours d'eau et dans le rumen.

Les bactéries qui croissent normalement en présence d'oxygène mais peuvent quand même se développer en anaérobiose (absence d'oxygène) s'appellent les anaérobies facultatifs. De la même façon, celles qui croissent normalement en anaérobiose mais peuvent aussi s'accommoder de la présence d'oxygène, ont reçu le nom d'aérobies facultatifs (Singleton, 2002).

3-1-1-4-Le pH

Le pH optimum pour la croissance de la plupart des bactéries se situe aux environs de 7 (pH neutre) car la majorité des espèces ne peuvent se développer dans des milieux très acides ou très alcalin. Toutefois, certaines bactéries non seulement tolèrent, mais préfèrent des

conditions acides ou fortement acides. Parmi ces organismes *acidophiles*, on peut citer *thiobacillus thiooxidans* (Singleton, 2002).

3-1-1-5-Les substances nutritives

Les substances nutritives servent de matières premières aux cellules bactériennes pour leur croissance, leur entretien et leur division. Considérées dans leur ensemble, les bactéries utilisent pour se nourrir une vaste gamme de composés ; ceux-ci incluent divers sucres et hydrate, de carbone, de méthane, des sels inorganiques, d'azote, de phosphore ; de soufre et d'autre matières dont a besoin la substance vivante (Hacene, 2016).

3-2-Métabolisme des bactéries

Le métabolisme est l'ensemble des réactions biochimiques mises en jeu par un organisme pour permettre sa croissance. Les réactions métaboliques peuvent être classées en deux catégories:

- Celles qui produisent de l'énergie: catabolisme.
- Celles qui consomment de l'énergie: anabolisme ou biosynthèse (Annie et Françoise, 2001)

3-3-Quelques germes indicateurs de pollution fécale

3-3-1-Les coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux (Rodier, 2009).

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négatifs facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36⁰ C et 37⁰ C.

Elles existent dans la matière fécale mais se développent également dans les milieux naturels (Leyral et al ; 2002).

3-3-1-1-Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant,

capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* (Hacene, 2016) (voir figure 05).



Figure 05: *Escherichia coli* sous microscope électronique à G X 1000 (Denis F et al, 2000)

3-3-1-1-2-Métabolisme et habitat des coliformes fécaux

Hôte normal de l'intestin et des animaux, c'est l'espèce aérobique la plus représentée dans le tube digestif. La présence de colibacilles ou espèces voisines dans l'eau est un témoin de contamination fécale. *Escherichia coli* exprime les caractères généraux des entérobactéries.

Il est en outre :

- | | |
|---------------|-----------------------|
| -Lactose(+) | - H ₂ S(-) |
| -Indole(+) | - Gaz(+) |
| -Citrate(-) | - Uréase (-) |
| -Acétoïne (-) | |

3-3-2-Les streptocoques

Les streptocoques appartiennent à la famille des streptococcaceae. Ce sont des cocci à Gram positif arrondis ou ovoïdes ou rarement allongés en bâtonnets (Hacene, 2016). Les streptocoques nécessitent pour leur multiplication de nombreux facteurs de croissance qui sont présents dans la gélose au sang frais (voir figure 06).

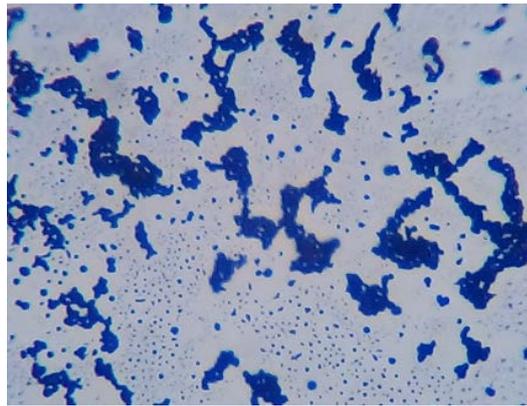


Figure 6 : Photo originale 2018 des streptocoques sp sous microscope x G1000

3-3-2-1-Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe des streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 2004).

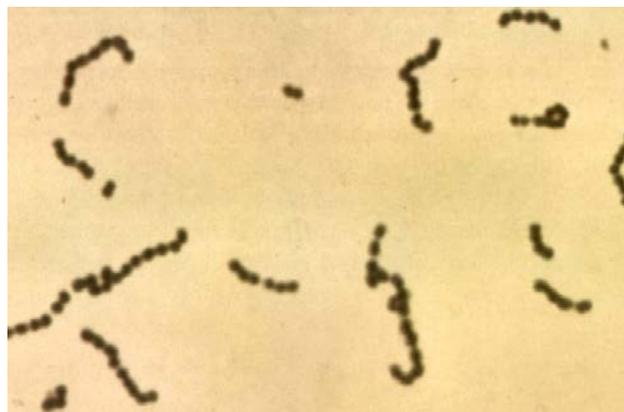


Figure 07: streptocoques fécaux (www.wikipedia.com)

3-2-2-Métabolisme et habitat

Les streptocoques ont un métabolisme anaérobie, la plupart des souches tolèrent l'oxygène et peuvent être cultivées in vitro en aérobie, ils n'ont pas de catalase. Leur croissance est favorisée par l'apport de CO₂ ou par atmosphère anaérobie (Hacene, 2016).

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, saprophytes, ils sont retrouvés aussi bien dans l'eau que dans l'air et le sol.

3-3-3-Les clostridiums

Le genre clostridium est un genre bactérien regroupant des bacilles gram positif anaérobies souvent sporulés anaérobies stricts pour la plupart, mobiles en général par l'intermédiaire de flagelles péritriches (Annie et Françoise, 2001).

3-3-3-1-Les clostridiums sulfito-réducteurs

Les Anaérobies Sulfito- Réducteurs (ASR) sont des germes telluriques (présents dans le milieu extérieur : sol, eau, air, etc... capables d'y résister très longtemps sous forme de spore (Nathaolie,2002), présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur (Figarellaet al, 2001).A la différence des Coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (ISO, 1986).

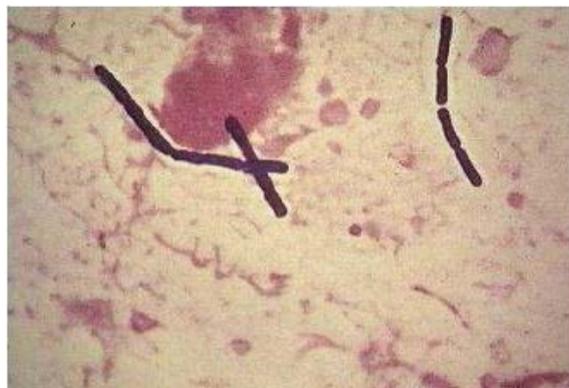


Figure 08 : Photographie de Clostridium perfringens observée au microscope optique G×1000 (POURCHER, 2007)

3-3-3-2-Métabolisme et habitat

Les clostridium sulfato-réductrices sont des bactéries anaérobies; ce sont les sulfates qui remplacent l'oxygène pour la respiration cellulaire. Au cours du métabolisme, les sulfates sont réduits en sulfures. Ils sont présents dans le sol, tube digestif de l'homme et des animaux. (Singleton, 1999).

4- Paramètres parasitologiques

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, les parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS a, classé les parasites, en 2003 parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde.

➤ Les helminthes :

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10³ germes/L (Tfeyeche, 2014). Le dénombrement des helminthes dans les eaux usées traitées est d'une importance capitale, en particulier lorsque ils sont rejetées dans le milieu naturel. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (Faby, 1997). Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (Baumont et al. 2004).

➤ Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (Baumont *et al*, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* (Asano, 1998).

5-Conclusion

Les paramètres physiques et chimiques des eaux permettent d'évaluer l'efficacité du traitement d'une station donnée. L'examen bactériologique est le moyen le plus précis de déceler les pollutions fécales récentes, donc potentiellement dangereuses, pour apprécier la qualité des eaux usées traitées en vue de leur rejet dans le milieu naturel.

PARTIE
EXPERIMENTALE

Introduction

Au cours de ce chapitre, on a procédé au prélèvement et l'échantillonnage afin d'analyser l'eau usée brute et épurée de la ville de Tizi Ouzou traitée par la STEP Est. L'analyse effectuée touche les paramètres bactériologiques, physico-chimique ainsi qu'une étude parasitaire afin de faire apparaître les lacunes qui peuvent exister dans la STEP concernée

1-Présentation de la station

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en marche en 2000.

Cette dernière est un établissement classé, d'une capacité de 120 000 équivalents habitants, qui a été conçue pour épurer les eaux usées urbaines afin de protéger le milieu récepteur, en l'occurrence l'Oued Sebaou.

2- Situation géographique

Elle est située à l'endroit du pont de bougie situé à 3 Km à l'Est de la ville de T.O.

Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'Oued Sebaou présentant une pente d'orientation Nord-Sud l'altitude moyenne de site est de 70m (voir figure 09).

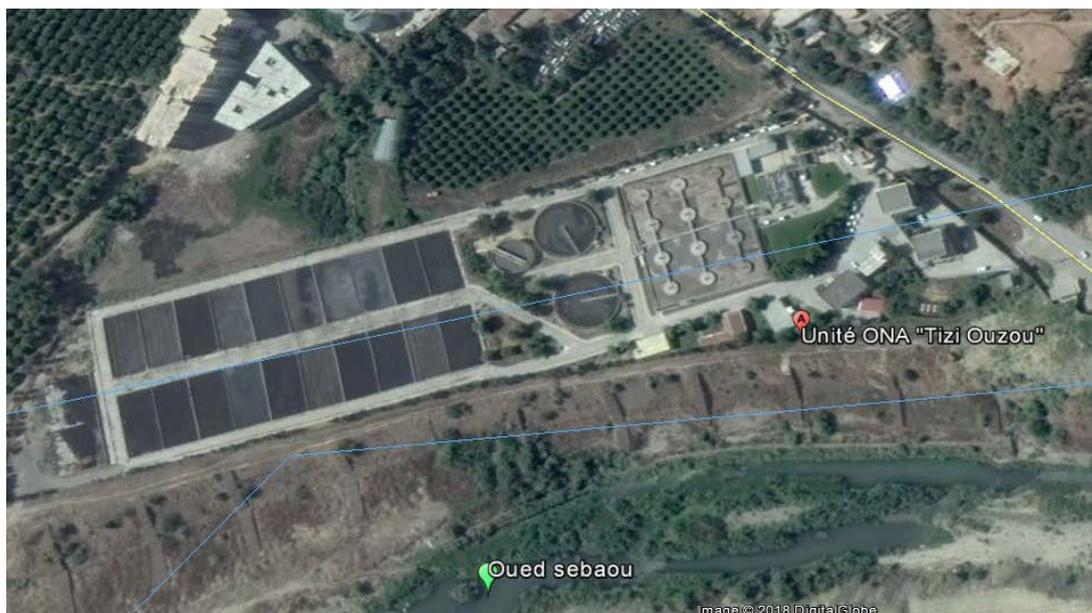


Figure 09 : situation géographique de la STEP, (ONA, 2018).

2-1-Fiche technique de la station d'épuration

Les caractéristiques techniques de la STEP Est, sont précisées dans le (Tableau 2)

Tableau 2 : Caractéristiques techniques de la station d'épuration Est de la ville Tizi Ouzou (ONA ; 2003)

Désignation	Valeurs
Type de réseau	Unitaire
Nature des brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Débit journalier en temps sec	18 000m ³ /j
Débitmoyenjournalier	750m ³ /h
Débit de pointe en temps sec	1260m ³ /h
Caractéristique techniques de STEP (ONA, 2013)	

2-2-Description des ouvrages de la STEP

La station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou est composée de plusieurs ouvrages illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Différents ouvrages de traitement (MANACEUR et SAIDJK, 2013)

Différents traitements	Nom d'ouvrage	Nombre
Prétraitements	Dégrilleur grossier (manuel)	1
	Dégrilleur fin (mécanique et manuel)	
	Dessaleur déshuileur	2
Traitement secondaire	Bassin d'aération	2
Clarification	Décanteur racleur	2
Stabilisation	Bassin de stabilisation	2
Déshydratation	Lit de séchage	20

3-Le prélèvement d'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

Au cours de notre étude, le prélèvement s'est fait dans deux points différents de la STEP Est de Tizi-Ouzou, le premier est à l'entrée (eau brute) et l'autre à la sortie, dans des flacons stériles. Ceux-ci sont immergés en position verticale à 30 Cm de profondeur en tenant le fond de chaque flacon dirigé en sens contraire du courant, puis on les remonte en exécutant un mouvement en « U ». Le choix d'échantillonnage est le suivant :

- Echantillon composite : l'échantillon préparé par mélange de plusieurs échantillons ponctuels, de volume constant, prélevé à intervalle de temps constant (voir figure 10).



Figure10 : point de prélèvement d'eau brute (ONA, 2018)

4- Le transport des échantillons d'eau

La norme NF T 90-420 de février 1987 indique que les échantillons doivent être maintenus à une température comprise entre 1 et 4°C dès leur prélèvement, dans des emballages isothermes (glacières) pour empêcher la prolifération des germes.

Tous les flacons portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

- La nature de l'eau
- Le lieu de prélèvement
- La date de prélèvement

- Condition climatiques
- Nom de préleveur

5-Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et dénombrement des germes existant dans l'eau brute et traitée à analyser.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérile, Selon un mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé au moins après 6 heures dans des conditions satisfaisantes (Rodier , 2009).

En raison de la diversité des espèces bactériologiques, des tests vont être analysés et qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux.

Les analyses de l'eau brute et l'eau traitée ont été effectuées au sein du laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'université Mouloud Mammeri durant trois mois, en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- La flore mésophile saprophyte et pathogène.
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Clostridium sulfito-réducteurs.

5-1-Matériels utilisés

- Bec-bunsen
- Boîtes de pétries
- Filtres de 0.45 µm
- Flacons stériles
- Rampe de filtration
- Eprouvettes
- Pince à épiler
- Entonnoirs
- Etuve 22⁰c, 37⁰c ,44⁰c
- Etiquettes
- Pipettes pasteur
- Conteur colonies
- Bain marie
- Portoirs
- Tubes à essais stériles
- Plaque chauffante

5-2-Produits utilisés

- Milieu de culture gélose TGEA ;
- Milieu de culture BCPL ;
- Milieu Schubert ;
- Milieu de culture ROTHE ;
- Milieu LITSKY EVA ;
- Milieu gélose viande de foie (VF)
- Réactif de Kovacs, alun de fer, sulfite de sodium et l'huile de vaseline.
- Milieu tergitol préparé
- Milieu Slanetz
- Milieu BEA

5-3-Dénombrement de la flore mésophile totale à 37°C et à 22°C

❖ Principe

Selon les normes internationales les germes totaux se définissent comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai. Les milieux les plus utilisés sont le milieu CPA ou TGEA. Le double dénombrement à 22°C et à 37°C permet la culture d'une gamme plus étendue de micro-organismes.

❖ Mode opératoire

- Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère et prélever 1mL d'échantillon à l'aide d'une pipette, dans la zone d'asepsie.
- Ouvrir le tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, flamber l'ouverture y introduire le volume prélevé sur la paroi (dilution décimale). Eviter tout contact entre la pipette et l'inoculum et le diluant. Flamber et refermer le tube.
- Agiter ce tube puis prélever 1mL et verser dans un autre tube contenant 9mL d'eau physiologique stérile. L'opération est renouvelée en changeant de pipettes et en versant 1mL de nouveau dans un autre tube et ainsi de suite jusqu'à la sixième dilution (10^{-6}).
- Ensuite, en zone stérile, ensemercer en masse deux séries de boîtes de pétri pour chaque dilution en versant 1mL d'inoculum et de ses dilutions décimales successives.
- Couler la gélose TGEA maintenue en surfusion mais légèrement refroidie (45°C)
- Homogénéiser avec des mouvements circulaires. Laisser refroidir la gélose sans la bouger en zone stérile.

- Couvercle en bas.

-Incuber une série de boîtes durant 72 heures à 37⁰C pour la recherche des germes pathogènes et incuber l'autre série à 22⁰ C pour la recherche des germes saprophytes.

❖ Lecture

-Compter toutes les colonies à l'aide d'un compteur de colonies en marquant chaque colonie sur le fond avec un marqueur indélébile. On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est entre 30 et 300. Au-dessus de 300 elles sont indénombrables et en dessous de 30, on considère qu'elles sont rares pour être dénombrées.

-calculer le nombre de bactéries par ml avec la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{des colonies}}{V_{ml} \times (n_1 + 0.1n_2) \times d_1}$$

- N : Nombre d'UFC par ml de produit initial ;
- $\sum \text{des colonies}$: Sommes des colonies des boîtes interprétables ;
- V_{ml} : Volume d'inoculum déposé par boîte (1ml) ;
- n_1 : Nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;
- n_2 : Nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;
- d_1 : Facteur de la première dilution retenue

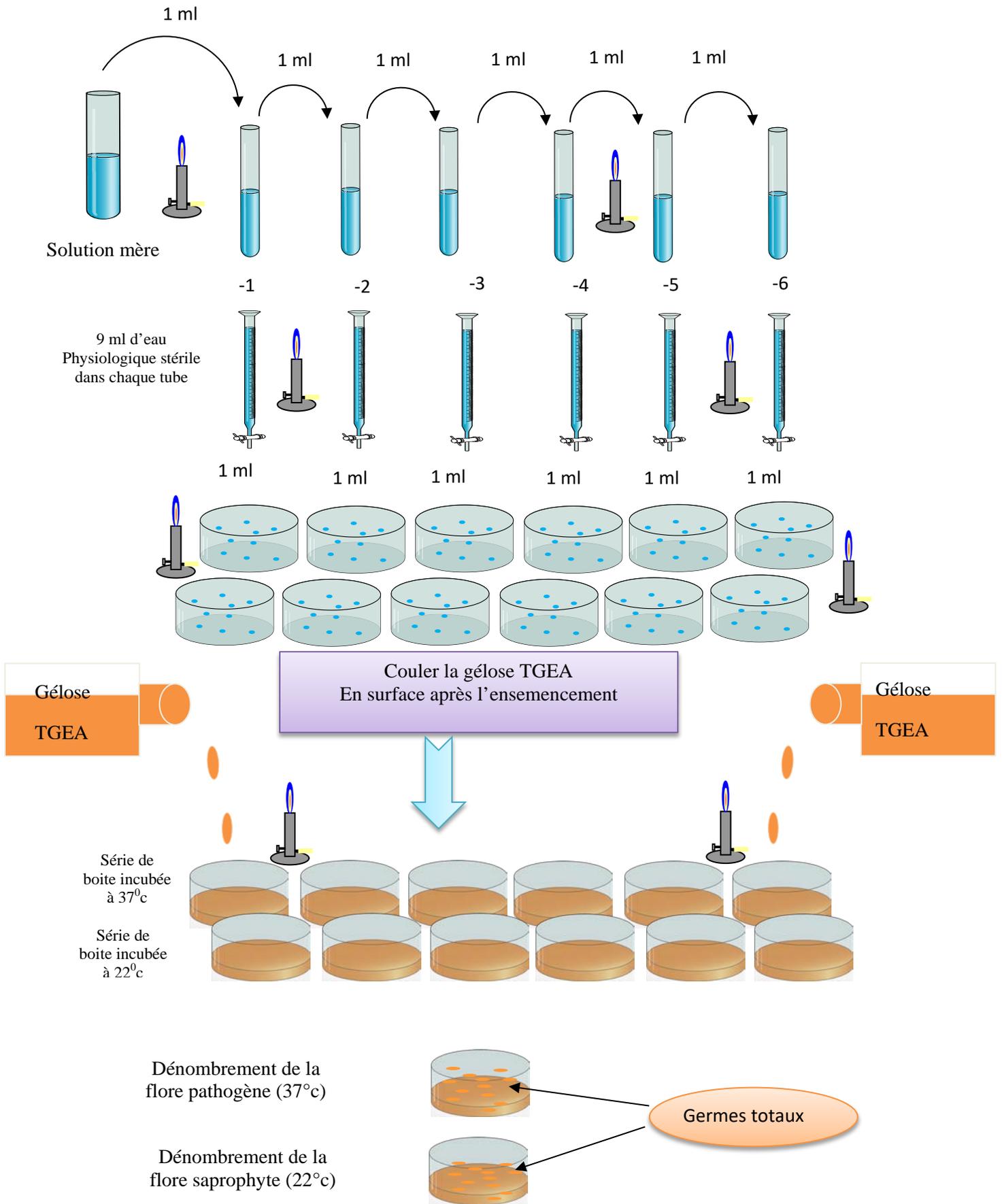


Figure 11 : dénombrement de la flore mésophile pathogène et saprophyte (2018)

5-4- Méthode de dénombrement de nombre le plus probable NPP

Le dénombrement des coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable (NPP) de la table de Mac Grady (Annexe 1).

❖ Principe

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière aléatoire. Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de couleur) (Rodier, 2009). Un jugement quantitatif est possible en jouant sur les volumes de la prise d'essai. Le NPP estimé est dans 100ml d'eau.

5-4-1-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes dans les eaux en milieu liquide par la technique du NPP.

✓ Technique en milieu liquide sur BCPL

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la Recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption

5-4-1-1-Test de présomption

Le dénombrement présomptif des coliformes totaux est réalisé sur bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL).

❖ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement et ensemençer :

- Un flacon contenant 50ml de milieu BCPLD/C muni d'une cloche de Durham avec 50 ml d'échantillon
- 5 tubes contenant 10ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham avec 5 ml.
- 5 tubes contenant 10ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham avec 1 ml.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37⁰c pendant 24 à 48 heures.

❖ La lecture

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

- un dégagement de gaz (supérieur 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. la lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP.

5-4-1-2-Test de confirmation ou test de Mac Kenzie

❖ Principe

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44⁰c. Escherichia coli est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

- Produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44⁰c,
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyle,
- Ne produit pas de l'acétyl méthyle carbinol,
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

❖ Mode opératoire

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes, feront l'objet d'un repiquage de quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 44⁰c pendant 24 heures.

❖ Lecture

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

- Un dégagement gazeux,
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

Les résultats sont exprimés sous la forme du nombre le plus probable de coliformes totaux et d'*E. coli*

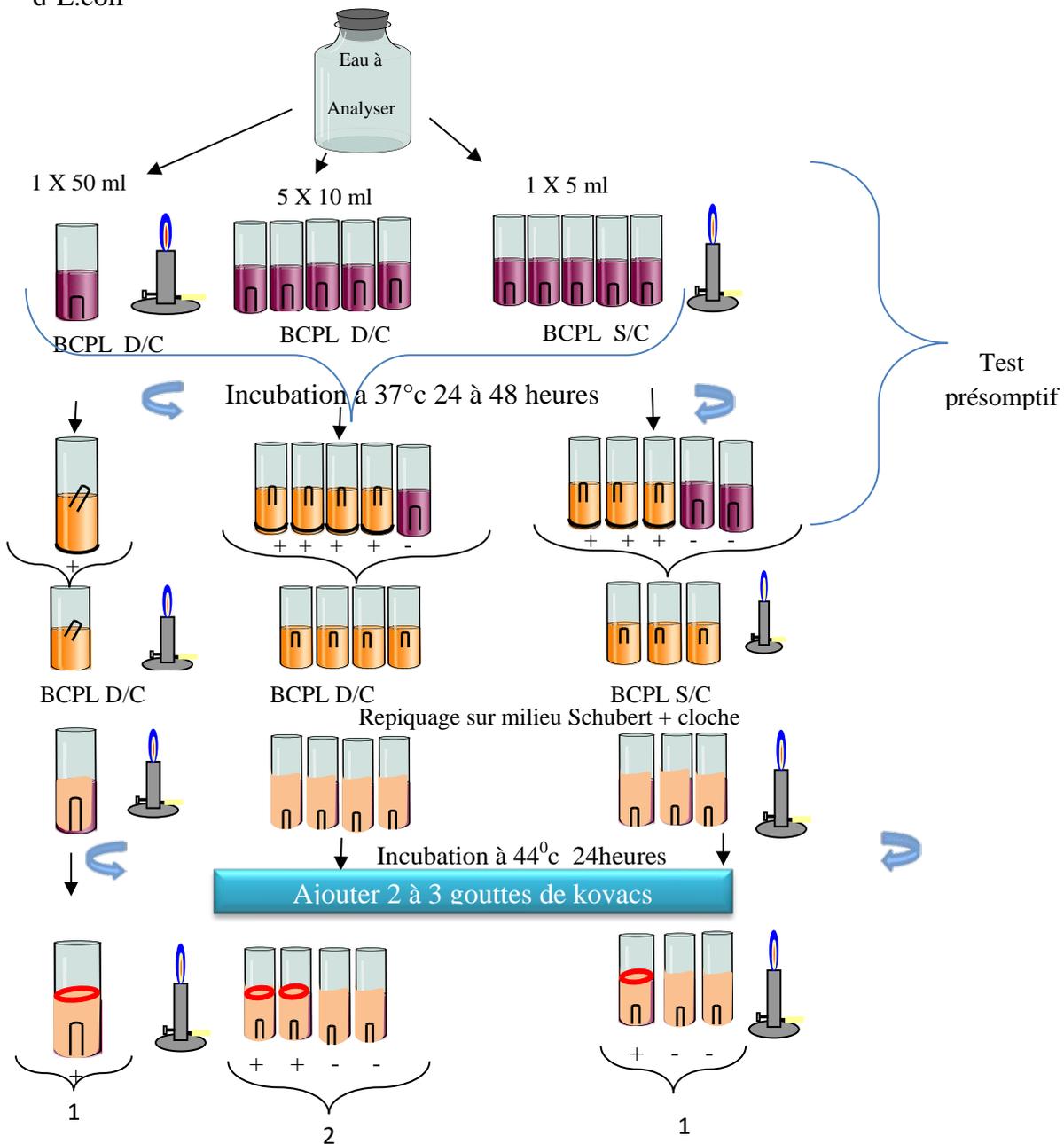


Figure 12: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (2018)

5-4-2-Recherche et dénombrement des streptocoques en milieu liquide sur ROTHE

Conformément à la norme NF T 90-411 et tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des streptocoques sur bouillon de Rothe.
- Le test de confirmation: réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux sur bouillon de Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test.

5-4-2-1-Test présomptif

La numérotation présomptive est réalisée à l'aide de milieu ROTHE à l'azide de sodium. Ce dernier inhibe la croissance des micro-organismes à Gram négatif et par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

❖ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50ml dans un flacon contenant 50ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10ml dans 5 tubes contenant 10ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 1ml dans 5 tubes contenant 10ml de milieu Rothe S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37⁰c pendant 24 à 48 heures.

❖ La lecture

Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien seulement ces derniers :

- Ne doivent pas faire l'objet de dénombrement,
- Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur litsky EVA dans le but d'être justement confirmés.

5-4-2-2-Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette bouclée dans les tubes contenant le milieu EVA Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

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

❖ La lecture

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

- Un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP

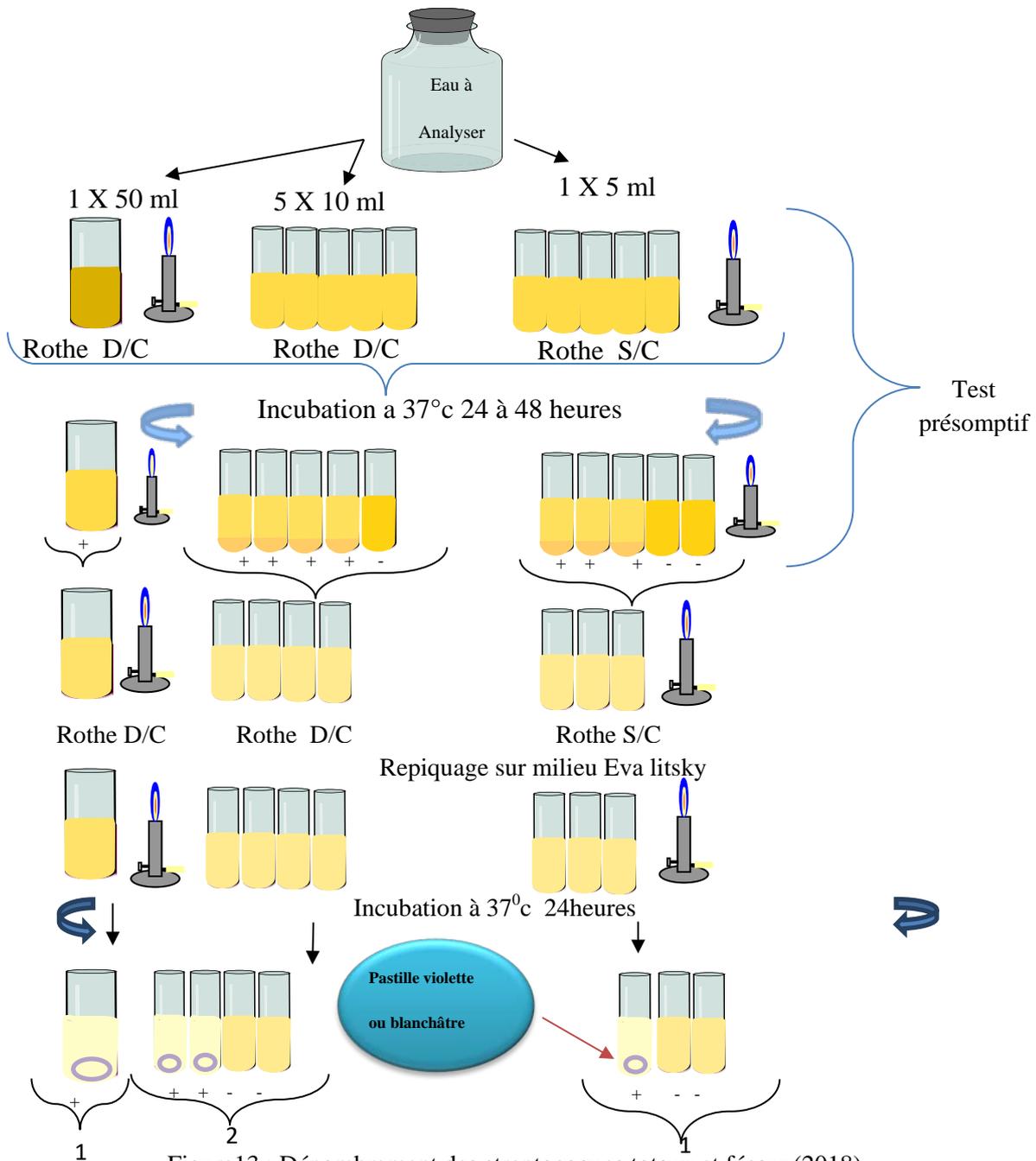


Figure13 : Dénombrement des streptocoques totaux et fécaux(2018)

5-5-Recherche et dénombrement sur milieu solide

5-5-1-Recherche et dénombrement des coliformes par la méthode de filtration sur membrane (la norme ISO9308-1)

Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer des *Escherichia coli* et des coliformes qui sont présentes dans tous types d'eau. En utilisant une rampe de filtration et des filtres de 0.45µm.

❖ Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir gradué en verre ainsi que le filtre poreux en les faisant passer à travers la flamme du bec bunsen.
- Refroidir avec de l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée ;
- Flamber la pince et transférer dans conditions d'asepsie la membrane poreuse de 0.45µm et la mettre entre l'entonnoir et le filtre poreux ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Verser ensuite aseptiquement entre deux bacs bunsens les échantillons à analyser (eau brute et eau épurée) ;
- Actionner la pompe à vider pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Après avoir filtré toute la quantité d'eau (100ml), arrêter la pompe et retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et la transférer immédiatement sur la surface d'une plaque de gélose Tergitol préalablement préparée.
- Incuber les boîtes de pétries couvercles en bas à Incuber à 37 C°; pendant 24h (jusqu'à 48 h) pour les coliformes totaux, et incuber à 44°C pendant 24 heures afin d'avoir les coliformes fécaux.
- Après incubation, considérer les colonies lactose positif comme caractéristiques, des coliformes, quelle que soit leur taille, si le milieu présente une coloration jaune sous la membrane.

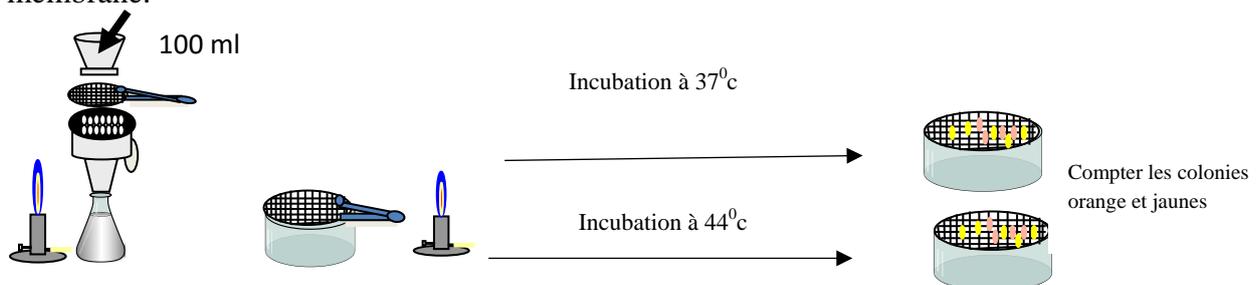


Figure 14: Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane (2018)

5-5-2-Dénombrement des streptocoques fécaux

- La technique de filtration est la même que celle précédemment décrite. Seulement le milieu utilisé dans ce cas-là est le milieu Slanetz.
- les milieux ont été incubés à 37°C pendant 48h.
- Des colonies roses à marrons avec un diamètre de 0.5 à 2 mm peuvent être observées.

Test confirmatif

- Un repiquage des colonies est effectué sur milieu BEA et l'incubation est réalisée à 44°C pendant 24 heures.
- La présence des colonies noires indique la présence des Streptocoques.
- Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml.

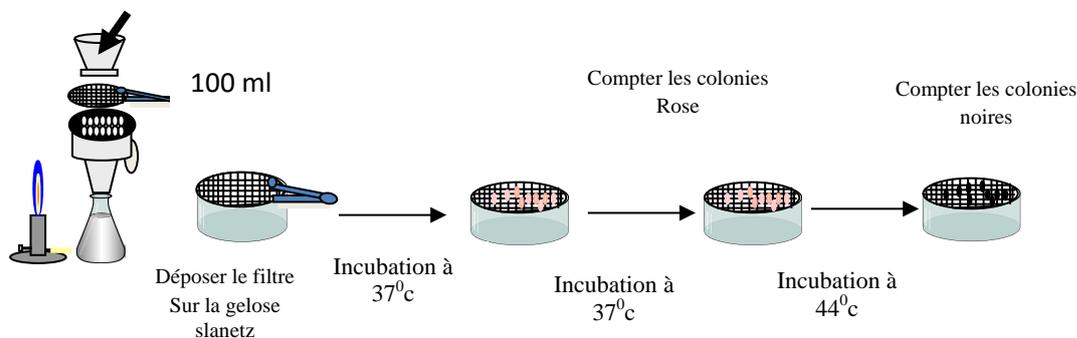


Figure 15 : dénombrement des streptocoques fécaux par filtration (2018)

5-6-La recherche et le dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

❖ Principe

Conformément à la norme NF T 90-415, après destruction des formes végétatives par un chauffage à 80°C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, additionné de sulfite de sodium et de sel de fer. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir autour des colonies.

❖ Mode opératoire

- Dans la zone stérile, porter dans 4 tubes 5ml de l'échantillon à analyser ;
- Elaborer pour les quatre tubes un chauffage à 80°C pendant 10 minutes ; puis un refroidissement brutale sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative) ;
- Compléter ensuite chaque tube avec environ 15ml de la gélose VF+Alun de fer et sulfite de sodium et mélanger avec précaution ;

- Ajouter une couche de vaseline.

❖ **Lecture**

- Des colonies noires apparaissent sur la gélose. Les bactéries sulfito-réductrices détectées appartiennent souvent à l'espèce *Clostridium perfringens*

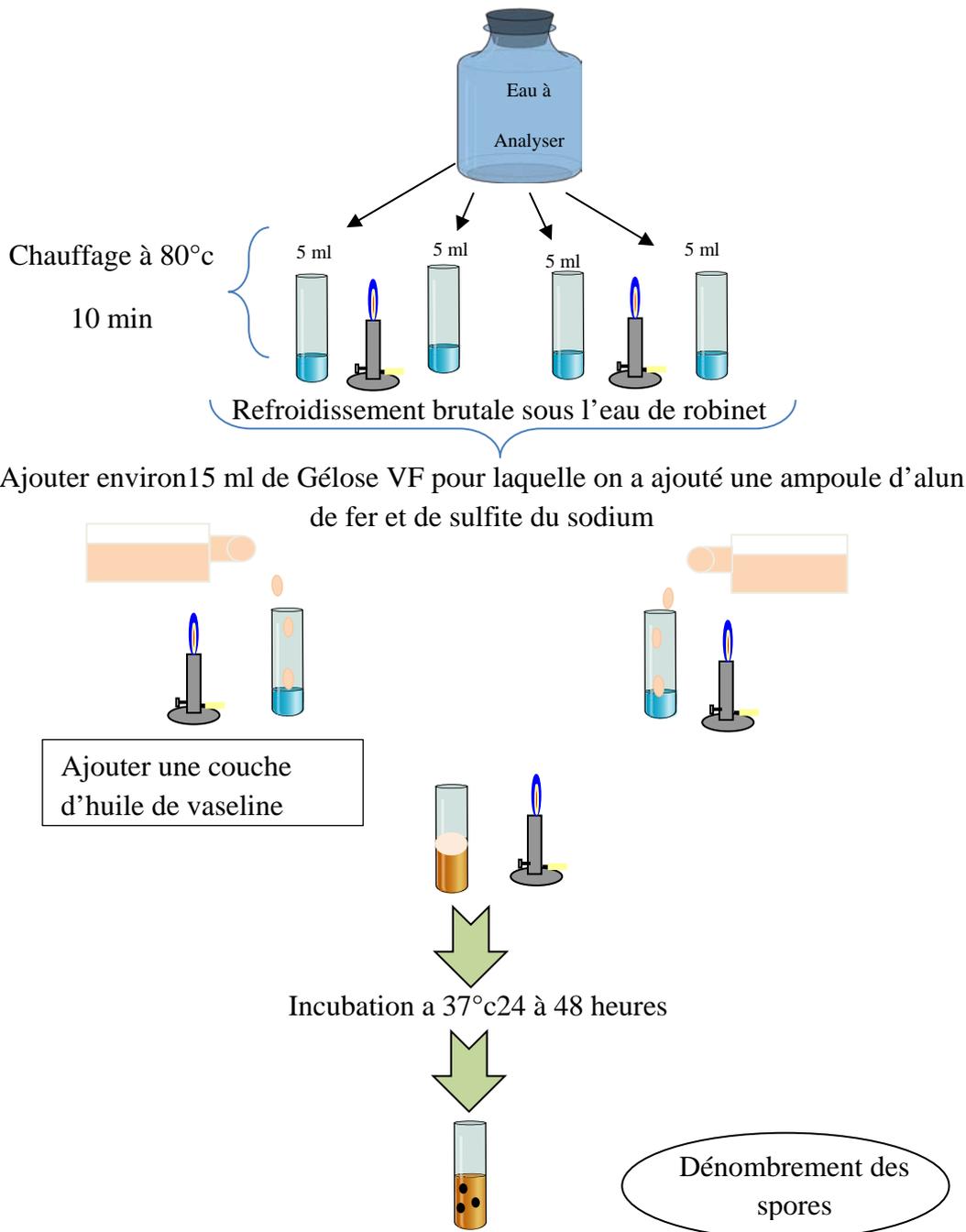


Figure 16 : Dénombrement des spores des clostridiens sulfite-réducteurs (2018)

6-Analyses physico-chimiques

Afin d'évaluer les performances de la station d'épuration Est de la ville Tizi Ouzou en matière d'abattement de la pollution de l'eau, une série d'analyses sur les paramètres de pollution de l'eau ont été effectuées respectivement à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux traitées) de cette STEP. , nous avons suivi les paramètres suivant : T°, pH, conductivité, turbidité, DBO₅, DCO, MES, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, et PO₄⁻³.

Ces séries d'analyses peuvent être résumées en :

- ✓ Analyses quotidiennes : MES, température, PH conductivité et turbidité
- ✓ Analyses complètes : MVS, DBO₅, DCO, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, et PO₄⁻³.

6-1-Prélèvement et échantillonnage

La méthode appliquée dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est également celle de l'échantillon composite.

Cette méthode permet donc de récolter une fraction de l'ensemble de matières polluantes qui s'écoulent durant la journée à travers les installations.

6-2-Matériels utilisés

- | | |
|-----------------------------|---|
| - L'eau distillée ; | - Conductimètre ; |
| - Papiers absorbants ; | - Réacteur DCO ; |
| - Flacons colorimétriques ; | - DBO mètre ; |
| - Barreaux magnétiques ; | - PH mètre ; |
| - filtres | - Incubateurs à (20°C, 105°C, et 155°C) ; |

6-3-Produits utilisés

- Des pastilles (Nitra Ver 5), (Nitri Ver 3), (Nitra Ver 6), (salicylate ammoniacale), (cyanurâtes ammoniacale).
- Acide sulfurique, acide sulfurique sulfate d'argent, féroïne, acide sulfurique 04mol/l
- Solution d'hydroxyde de potassium, hydrogénophthalate de potassium.
- Sulfate de fer et d'ammonium.

6-4-Programmes utilisés

Le tableau 4 présente les programmes du colorimètre utilisés pour la méthode chlorométrique

Tableau 4: programmes utilisés pour détermination de quelques paramètres physico-chimiques

Les paramètres	Programmes
NO ₂ ⁻	60
PO ₄ ⁻³	79
NH ₄	64
MES	94
Turbidité	95
NO ₃ ⁻	55

7-Détermination des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées

7-1-Analyses quotidiennes

Ces analyses sont effectuées pour les eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques.

7-1-1-Détermination de la température

Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à l'irrigation, elle est mesurée par un thermomètre (Tfeyeche, 2014).

7-1-2-Mesure de pH

❖ Mode opératoire

- Allumer le pH mètre.
- Prendre une quantité suffisante d'échantillon, pour immerger l'électrode et la sonde, dans un bécher.
- Plonger successivement la sonde de température et l'électrode de pH dans l'échantillon.
- Attendre la stabilisation de la mesure pour faire la lecture.

7-1-3 Détermination de la conductivité

❖ Mode opératoire

- Préparer et étalonner le conductimètre.

- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- Allumer le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture, le résultat obtenu est exprimé en « μ S/cm ».

7-1-4- Détermination de la turbidité

- On prélève 10 ml d'échantillon à analyser et on le met dans des flacons spéciaux
- On allume le colorimètre
- On choisit le numéro du programme approprié.
- On étalonne avec 10 ml d'eau distillée (le blanc).
- On place les échantillons l'un après l'autre et on fait la lecture.

7-1-5-Détermination des matières en suspension MES (norme ISO 8006)

La méthode de photométrie de détermination des MES est une mesure directe, simple qui ne nécessite ni filtration, ni séchage, ni pesée.

On homogénéise l'échantillon de l'eau brute et épurée, on verse ensuite 10 ml dans le flacon colorimétrique, la lecture des résultats se fait suivant les étapes citées ci-dessous :

- On choisit le numéro du programme,
- Verser le blanc (10 ml eau distillée) et l'échantillon (10 ml eau brute, 10 ml eau épurée) dans les cuvettes de colorimètre.
- Placer le blanc dans le puits de mesure
- Presser sur zéro,
- Agiter puis placer l'échantillon dans le puits du colorimètre,
- Remettre le capuchon de l'appareil et presser read et noter le résultat.

7-2- Analyses complémentaires

7-2-1-La DBO₅

❖ Mode opératoire

- Mettre en marche le DBO mètre tout en réglant le thermostat à $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

- Préparer les flacons DBO, (rincer avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser).

Le tableau 5 indique les volumes et les échelles utilisés pour la détermination de la DBO₅

Tableau 5: Echelles et volume de mesure de la DBO₅.

Volume d'échantillon	Echelle de mesure
97ml	0-800 mg O ₂ /l
365ml	0-80mg O ₂ /l

- On remplit les bouteilles de :

- ✓ 97ml d'eau d'entrée.
- ✓ 365ml d'eau de sortie.

-Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.

-Placer dans l'incubateur pendant une heure pour permettre à l'échantillon d'atteindre la température de 20°C.

-Placer du KOH dans les couvercles (le KOH permet de fixer le CO₂ dégagé).

-Placer les oxytop sur les flacons en les serrant bien.

-Programmer les oxytop tout en choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi.

-Les échantillons sont ainsi laissés dans le DBO mètre à température constante (20°C) et dans l'obscurité pendant 5 jours.

-Après 5 jours, on procède à la lecture.



Figure17: DBO mètre (2018)

7-2-2-La DCO (DR/890 colorimeter)

On prépare :

- Un échantillon témoin avec 10ml de solution d'hydrogénophthalate de potassium (étalon).
- 10ml d'eau distillée.
- 10ml d'eau usée (entrée).
- 10ml d'eau traitée (sortie).
- On ajoute à chaque flacon 5 ml de dichromate de potassium, 15 ml d'acide sulfurique sulfate d'argent.
- On ajoute ensuite deux régulateurs d'ébullition dans chaque tube.
- On met ces derniers dans le réacteur à DCO pendant 2heures à 150°C.
- Après refroidissement on ajoute pour chaque flacon 45 ml d'eau distillée.
- Puis on titre le tout avec le sulfate de fer et d'ammonium.
- Puis on procède au calcul en utilisant la formule suivante :

$$DCO = \frac{8000 \cdot c (V_1 - V_2)}{V_0}$$

Où :

C : est la concentration en quantité de matière, exprimée en moles par litre de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium.

V₀ : est le volume, en millimètres, de la prise d'essai avant dilution.

V₁ : est le volume, en millimètres, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium.

V₂ : est le volume, en millimètres, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium.

8000 : est la masse molaire, en milligrammes par litre, de ½ d'O₂

7-2-3-Les nitrites NO₂⁻**❖ Mode opératoire**

- On effectue une dilution à l'eau de sortie à ½ ou à 1/5.
- On prélève 10 ml d'échantillon, on y ajoute le réactif Nitriver 3 avec agitation puis 15 minutes de réaction.

-Les blancs sont les échantillons sans réactifs.

On règle le colorimètre en choisissant le programme et on fait la lecture.

7-2-4-Les NO_3^-

❖ Mode opératoire

✓ Entrée

-On prend 10 ml d'eau d'entrée, on y ajoute le réactif nitruver 6 (nitrate LR) avec 3 min d'agitation et 2 min de décantation.

-On y ajoute le nitruver 3 et on laisse réagir pendant 10 min.

-Entre temps, on prépare le colorimètre.

-On prendra comme blanc 25 ml de l'échantillon sans réactif.

✓ Sortie

-On adapte le colorimètre aux nitrates (en choisissant le programme).

-On introduit 10 ml d'eau de sortie dans un flacon.

-On y ajoute le nitruver 5 (nitrate HR) avec agitation d'une minute et 5 min de réaction.

-On règle le zéro du colorimètre puis placer l'échantillon et on fait la lecture.

7-2-5- Les Ortho-phosphates PO_4^{-3}

❖ Mode opératoire

-Tout d'abord, on effectue des dilutions des échantillons (entrée et sortie) à 1/10) (1ml d'échantillon+ 9ml d'eau distillé

-On ajoute aux échantillons le réactif phosphover 3 et on agite et on lui laisse deux minutes de réaction.

-On allume le colorimètre et on choisit le programme approprié.

- Pour le blanc, chacun des deux échantillons aura son propre blanc et c'est l'échantillon lui-même mais sans réactif.

$$[\text{PO}_4^{-3}] = (\text{résultats} \times \text{dilution}) - \text{blanc}.$$

7-2-6- Détermination de l'azote ammoniacal (N-NH_3)

Pour ce paramètre, on effectue des dilutions que ce soit à l'entrée ou à la sortie.

- Entrée on fera une dilution à 1/100.
- Sortie on fera une dilution à 1/25.

❖ Mode opératoire

- On prélève 10 ml d'échantillon dilué qu'on mettra dans des flacons appropriés.
- On prélève 10 ml d'eau distillée.
- On ajoute pour chaque flacon du salicylate ammoniacal (réactif contenu dans des petites gélules), on agite pour dissoudre et on le laisse 3 minutes pour que la réaction se fasse.
- On ajoute pour chaque flacon le réactif cyanurates ammoniacales (grandes gélules), on agite et on laisse réagir pendant 15 minutes.
- Entre temps, on prépare le colorimètre et on choisit le numéro du programme approprié.
- Après les 15 minutes de réaction, on procède à la lecture.

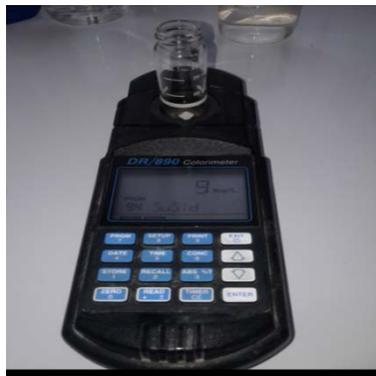


Figure 18 : photo originale du colorimètre, 2018

8-Paramètres parasitologiques**8-1- Matériel et produits utilisés**

- Microscope photonique
- Lames et lamelles
- Pipettes pasteur
- Bouteille pour l'eau prélevée
- Centrifugeuse
- Tubes à centrifuger à fond conique
- Gants en plastique

-Le lugol

❖ **Mode opératoire**

- Agiter le prélèvement d'eau, puis laisser décanter 8 à 12 heures.
- Transférer la totalité de sédiment dans des tubes à centrifuger.
- Centrifuger 15 minutes à 1000 tours/min.
- Reprendre le culot de centrifugation.
- A l'aide d'une pipette prélever du culot et bien l'étaler sur une lame.
- Ajouter quelques gouttes du lugol.
- Observer au microscope photonique au grossissement faible (X10) puis moyen (X40).

Introduction

Dans cette partie du travail, nous avons analysé les paramètres bactériologiques, physico-chimiques et parasitaires des eaux usées épurées de la station Est de Tizi-Ouzou durant un période de trois mois. Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation afin de cibler les anomalies qui peuvent exister dans les différentes étapes de ladite STEP.

1- Suivi physico-chimique des eaux usées

Le suivi de la qualité physico-chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution. Il s'agit de faire le bilan journalier et mensuel de la pollution, par la mesure de la température, du pH, de la conductivité, des matières en suspension (MES, turbidité), de la pollution organique carbonée (DCO, DBO₅), des différentes formes d'azote (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻) et enfin des ortho-phosphates.

1-1-La température

La figure 19 représente les variations des valeurs de la température de l'eau brute et traitée de la STEP Est.

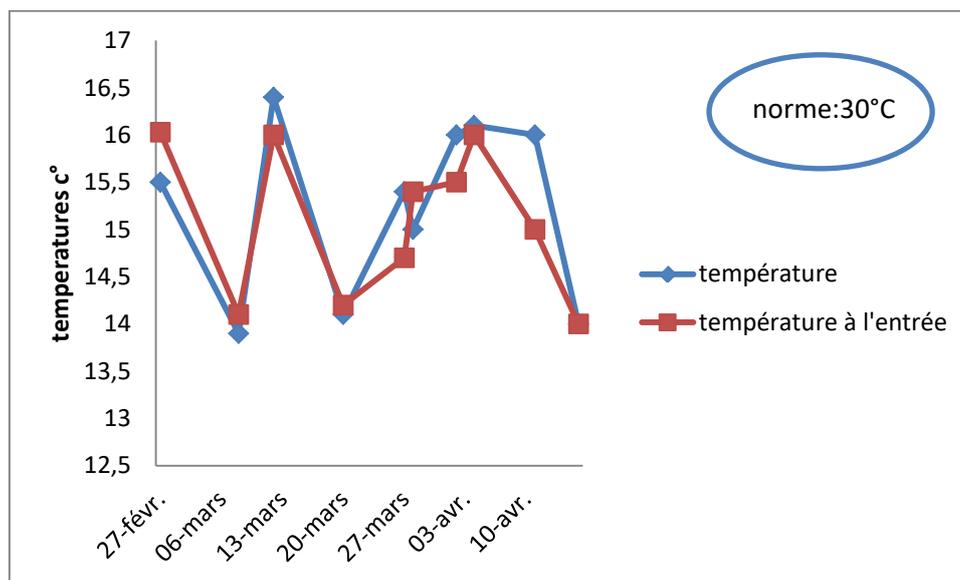


Figure 19 : variations des valeurs de la température de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP

Les températures relevées dans la station d'étude (figure 19) sont très proches, avec des valeurs comprises entre 14 et 16°C et une moyenne de 15,09°C ±0,81°C pour l'eau brute et 15,24°C ±0,94°C pour l'eau épurée. Ces dernières restent largement inférieures à 30°C qui est

la valeur limite de rejet dans le milieu récepteur fixée par l’OMS (2004) et également inférieurs aux résultats de l’étude menée par (Coulibaly, 2000) (21°C).

1-2-Le pH

Les variations du pH de l’eau usée à l’entrée et la sortie de la STEP sont représentés sur la figure 20.

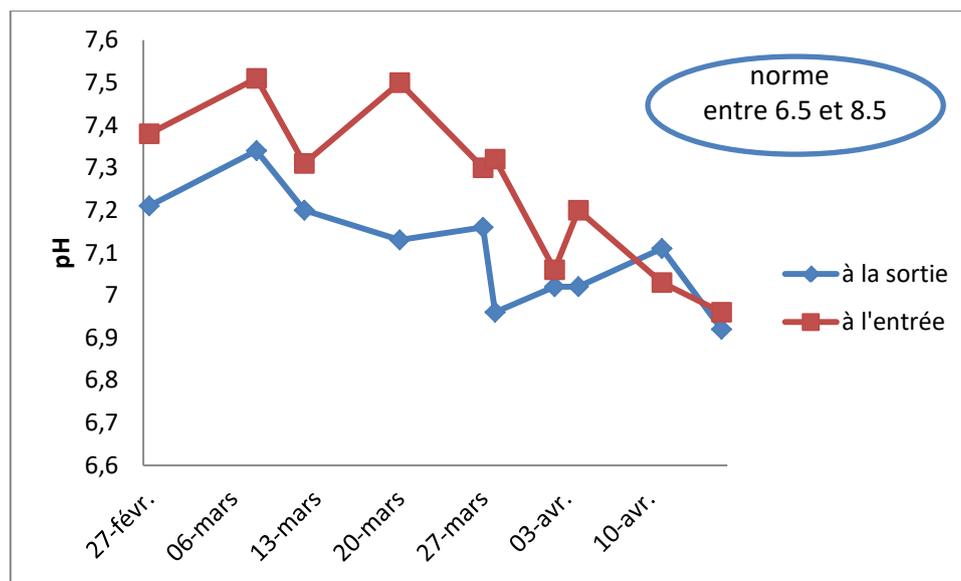


Figure 20 : variations des valeurs du pH de l’eau usée à l’entrée et la sortie de la STEP

La représentation graphique ci-dessus sur la figure20, nous montre que les valeurs du pH se situent dans la fourchette de 6.9 et 7.5. On remarque que les valeurs de pH de l’eau brute et l’eau épurée sont très voisines avec une légère diminution pour les eaux de sortie due à la minéralisation de la matière organique. Ces moyennes se situent dans les normes de rejet comprises entre 6.5 et 8.5 (OMS, 2004). Ceci implique que le pH des échantillons analysés est propice pour l’activité des microorganismes (Boubkki, 2016). Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par (Hamek et Mekrane 2018) avec une valeur de 7.17.

1-3-Conductivité électrique

Les valeurs enregistrées de la conductivité sont représentées dans la figure21

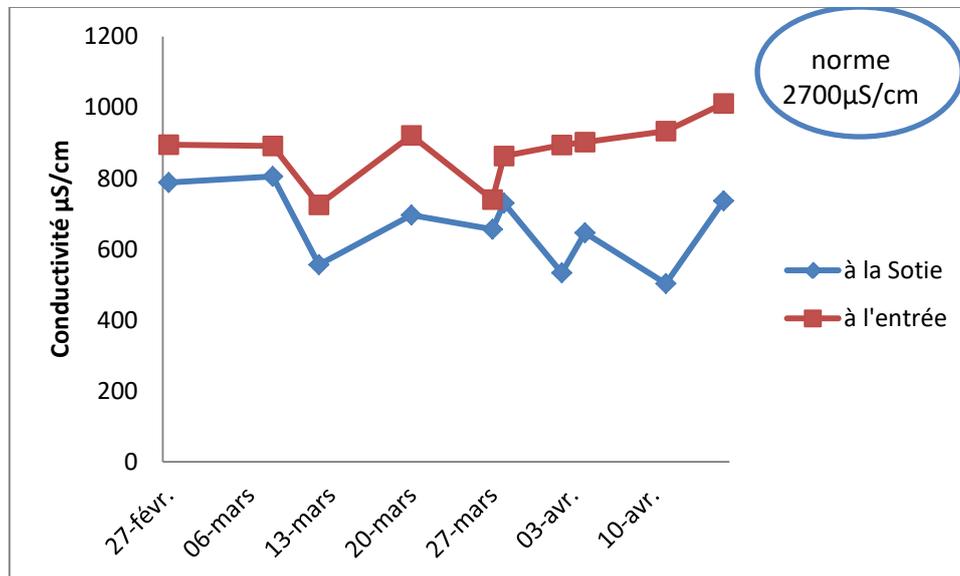


Figure 21 : variations des valeurs de la conductivité de l'eau usée à l'entrée et la sortie de la STEP Est

Les valeurs de la conductivité enregistrées durant la période d'étude varient de 727µS/cm et 1011µS/cm avec une moyenne de $877.5 \pm 85.97 \mu\text{S/cm}$ pour l'eau brute. Concernant l'eau traitée, les valeurs sont comprises entre 503 µS/cm et 805 µS/cm avec une moyenne de $664.9 \mu\text{S/cm} \pm 105.90 \mu\text{S/cm}$ (figure21). On remarque une diminution de la conductivité d'eau épurée par rapport à celle de l'eau brute qui est due à la sédimentation des éléments minéraux. Ces valeurs restent nettement inférieures à la norme fixée par l'OMS (2004) qui est de 2700µS/cm.

1-4-Matières en suspension MES

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10µm, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES).

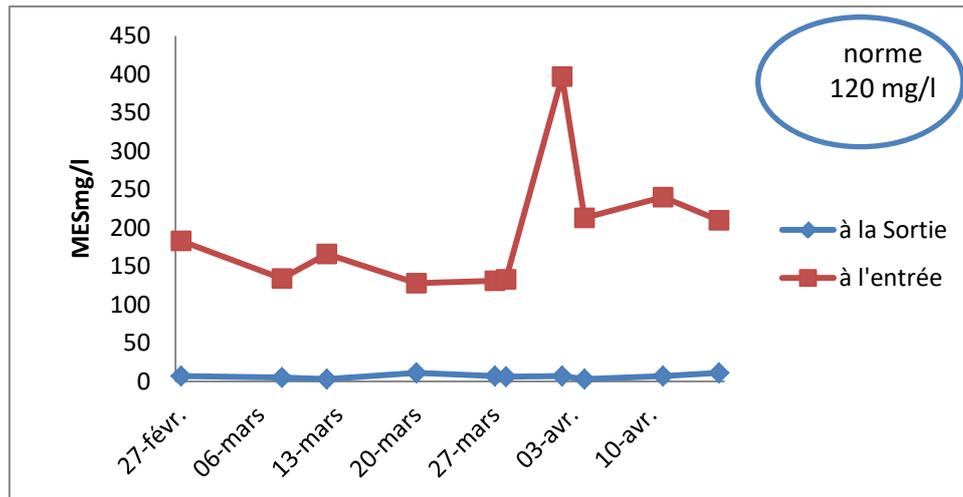


Figure 22 : Variation des teneurs en MES de l’eau usée à l’entrée et la sortie de la STEP

La figure 22 montre la variation de la concentration des MES à l’entrée et à la sortie de la STEP en fonction du temps, avec une moyenne de 193.5mg/l ±81.98mg/l pour l’eau brute. La teneur en MES de l’eau épurée est très faible avec une moyenne de 6.7±2.75mg/l, ceci est dû à la décantation des matières décantables. Cette valeur reste largement inférieure à la norme de rejet 120 mg/l fixée par l’OMS(2004), ce qui explique une bonne élimination des MES.

Selon l’étude faite par (Benzahi et Boudjema, 2016), les résultats obtenus sur la teneur en MES sont comparativement supérieurs à ceux que nous avons trouvés avec une moyenne de 12.54 mg/l.

1-5-La turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble (Rejsek., 2005).Les valeurs de la turbidité enregistrées durant la période d’étude sont illustrés dans la figure 23

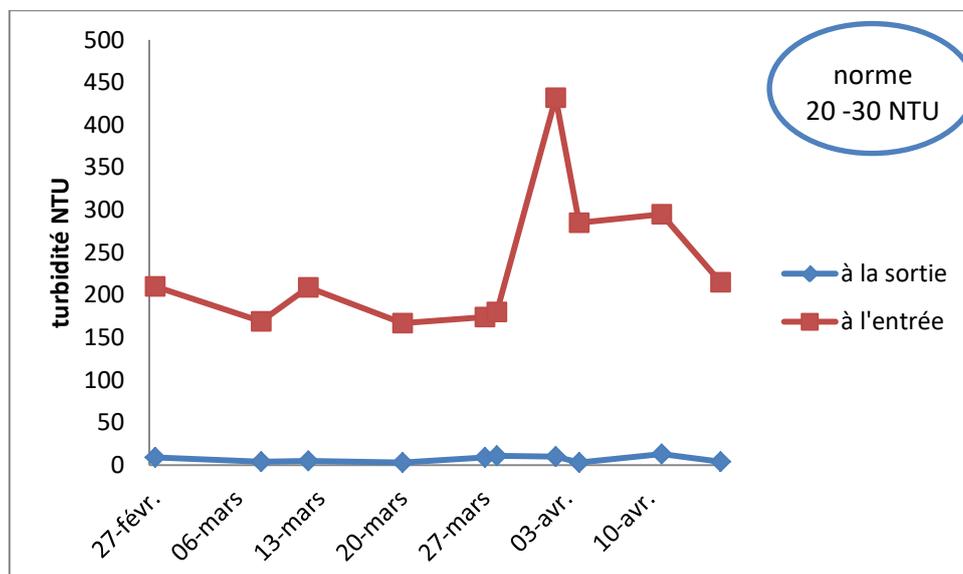


Figure 23: variation de la turbidité de l’eau usée à l’entrée et à la sortie de la station d’épuration

Les résultats obtenus varient de 165 NTU à 432 NTU avec une moyenne de 233.6 ± 83.21 NTU pour l'eau brute et diminuent dans l'effluent traité pour atteindre des valeurs qui varient entre 3 NTU et 13 NTU avec une moyenne de 7.1 ± 3.69 NTU qui est supérieure à la norme recommandée par l'OMS et qui est de 20-30 NTU.

En résumé la turbidité de l'effluent traité est conforme à la norme, Selon l'étude réalisée par (Meneceur, 2013), les résultats obtenus sur la turbidité sont comparativement inférieurs à ceux que nous avons trouvés avec une valeur moyenne de 13 NTU.

1-6-Demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est exprimée par mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau.

Les valeurs enregistrées durant la période d'analyses sont indiquées dans la figure 24.

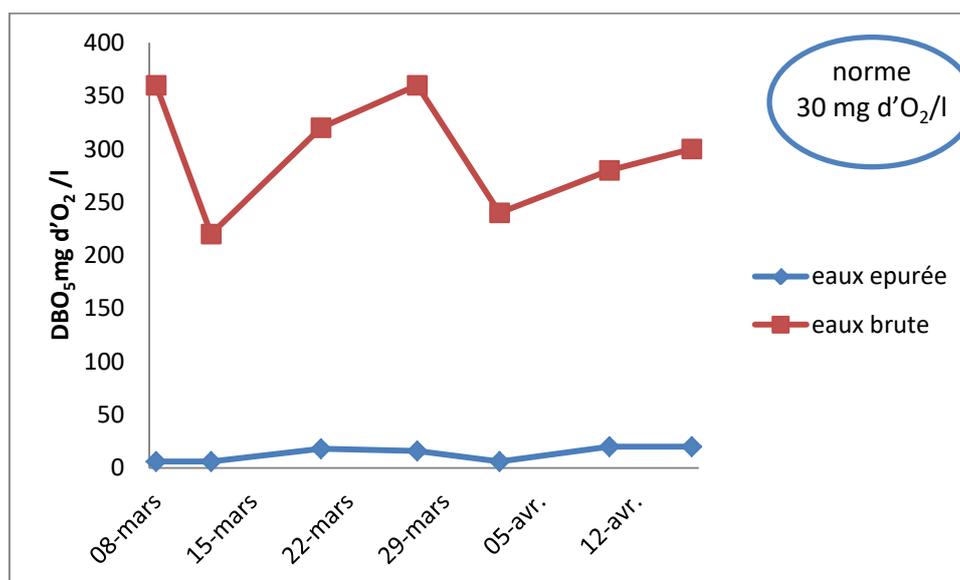


Figure 24: variations de la DBO₅ de l'eau brute et traitée de la STEP Est

Selon la figure 24, la concentration de la DBO₅ de l'eau brute aboutit à une moyenne de 297.14 ± 54.68 mg d'O₂ /l qui arrive jusqu'à 13.14 mg d'O₂ /l après traitement, ce qui signifie que le traitement biologique effectué sur l'eau est très acceptable surtout par rapport à la norme de rejet de l'ordre de 30 mg d'O₂/l et que l'eau à l'entrée de STEP chargée en matières organiques biodégradables. Ces résultats trouvés concordent à ceux trouvés par (Meneceur, 2013) avec une valeur de 13.7 mg d'O₂/l.

1-7-Demande chimique on oxygène (DCO)

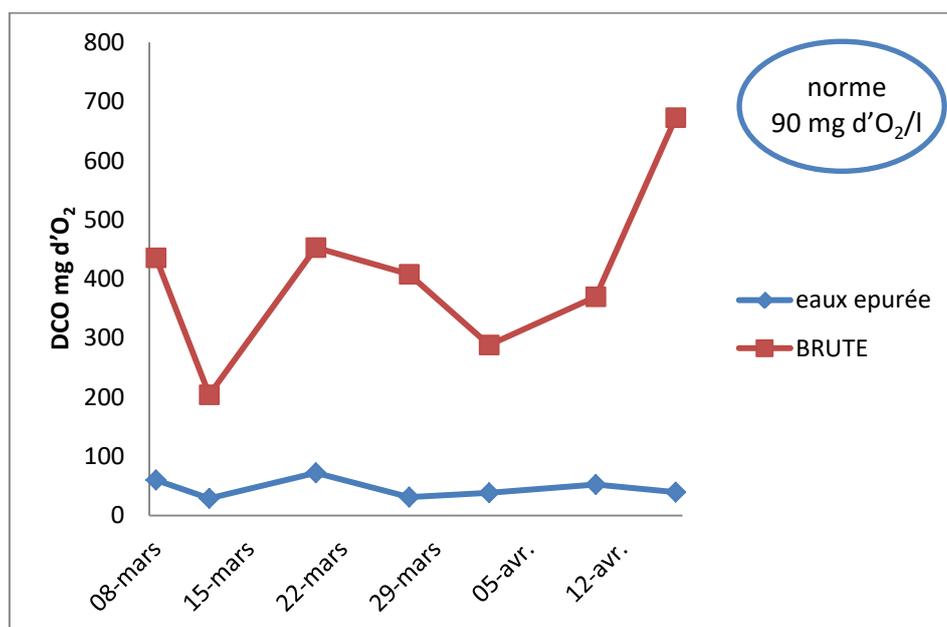


Figure 25: Variations de DCO de l'eau brute et épurée de la STEP Est

La valeur moyenne de la DCO enregistrée de l'eau usée, à l'entrée et la sortie de la STEP est indiquée sur la figure 25 qui est de l'ordre de $404.51 \text{ mg d'O}_2 \pm 147.33 \text{ mg d'O}_2/\text{l}$ et $46.03 \text{ mg d'O}_2 \pm 15.92 \text{ mg d'O}_2$, cette dernière est inférieure à celle de l'eau brute, ce qui signifie que le traitement effectué sur l'eau brute est très acceptable par rapport à la norme de rejet qui est de $90 \text{ mg d'O}_2/\text{l}$ (OMS, 2004) nos résultats sont comparativement inférieurs à ceux trouvés par (Hamek et Mekrane, 2018) avec une moyenne de $43.2 \text{ mg d'O}_2/\text{l}$.

1-8-L'ammonium (NH₄⁺)

La figure 26 illustre les variations de l'ammonium à l'entrée et à la sortie de la STEP.

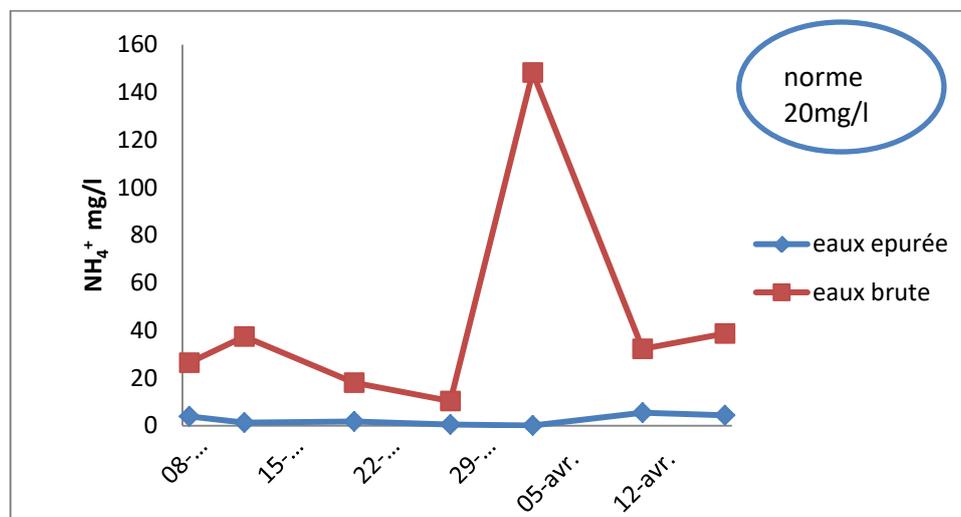


Figure 26: variations de l'ammonium de l'eau brute et épurée de la STEP Est

Les variations de la concentration des (NH_4^+) au niveau des eaux brutes et traitées sont illustrées sur la figure (26). Cette concentration est d'une moyenne de $44.49 \text{ mg/l} \pm 46.90$ pour les eaux brutes et de $2.46 \text{ mg/l} \pm 2.08$ pour les eaux épurées. On remarque une diminution considérable de l'ammonium même si cette dernière, est inférieure à la norme fixée par l'OMS(2004) qui est de (20mg/l). Les résultats dans l'ensemble sont satisfaisants donc ils sont conformes à la norme et confirment l'étude menée par (Hamek et Mekrane, 2018) avec une valeur de 2.21mg/l .

1-9-Ions nitrites

Les nitrites (NO_2^-) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates (Boualem, 2009).

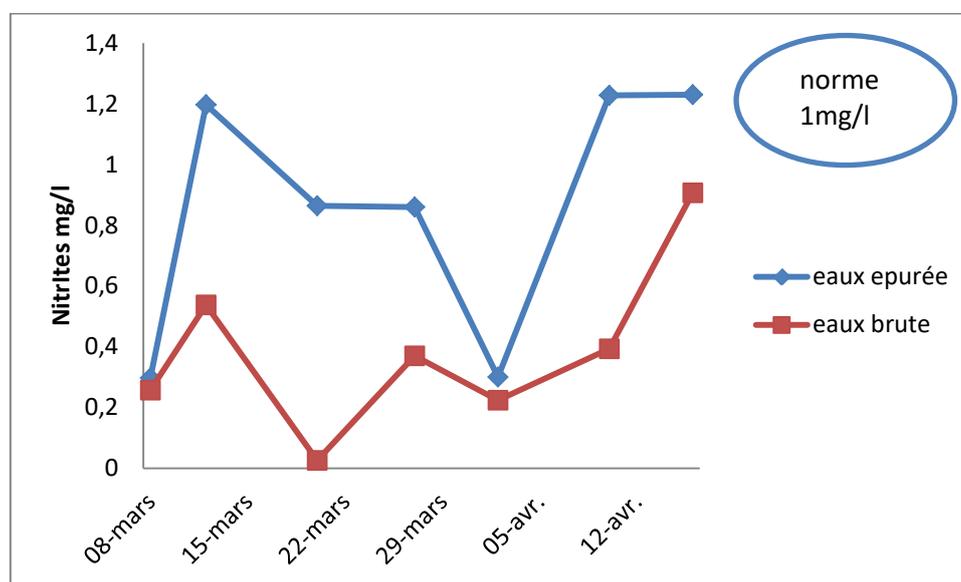


Figure27 : Variations des Nitrites à l'entrée et la sortie de la STEP

La représentation graphique, montre que les teneurs en nitrites sont inférieures à la norme de l'OMS(2004) qui est de 1mg/l . La moyenne enregistrée est de $0.38\text{mg/l} \pm 0.27$ pour l'eau brute et $0.85 \text{ mg/l} \pm 0.41$ pour l'eau épurée, Contrairement aux résultats de l'analyse faite par Coulibaly, 2010 sur « contribution à l'analyse des eaux usées urbaines de la nouvelle station d'épuration Est de Tizi Ouzou » qui marque une diminution de la teneur en nitrates à la sortie de 1.98 à 0.85mg/l , nos résultats indiquent une augmentation des nitrates dans l'eau traitée, ceci peut être expliqué par le phénomène de la nitrification (Boubki, 2016) (l'oxydation de l'azote ammoniacale (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-)) Dans l'ensemble ces résultats sont satisfaisants.

1-10-Nitrates

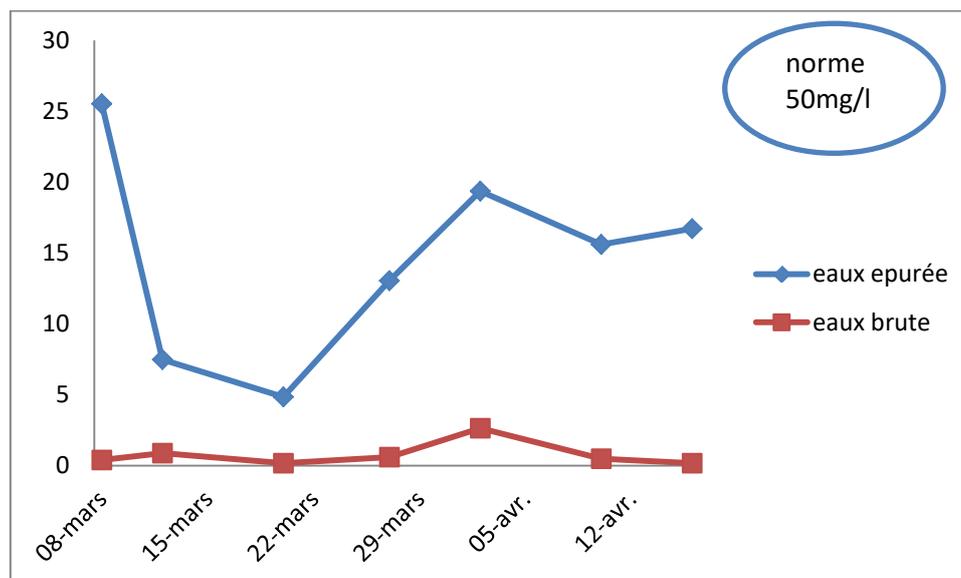


Figure 28: variations des teneurs en nitrates à l'entrée et la sortie de la STEP

La figure 28 représente la variation des nitrates des eaux usées entre l'entrée et la sortie de la STEP. Elle montre que les teneurs en nitrates augmentent à la sortie de 0.76mg/l vers 14.65 mg/l et que la variation est aléatoire. Malgré cette augmentation, les résultats obtenus restent nettement inférieurs à la norme fixée par OMS (2004) qui est de 50mg/l. La moyenne de la teneur en nitrates de l'eau traitée que nous avons enregistrée est supérieure à celle trouvée par (Hamek et Mekrane, 2018) sur évaluation de la qualité des eaux usées brutes et traitées de la ville de Tizi-Ouzou » qui est de 6.22 mg/l.

L'augmentation de la teneur en nitrate dans les eaux usées est liée à la nitrification, ce qui signifie la transformation des nitrites en nitrates par les Nitrobacter.

Cette augmentation est rendue possible par l'absence de dénitrification qui réduit les nitrates en azote gazeux et ceci est dû aux fortes concentrations en oxygène (O_2) fournis par le réacteur de surface (dans le bassin biologique) (Boubki, 2016).

1-11-Ortho phosphates

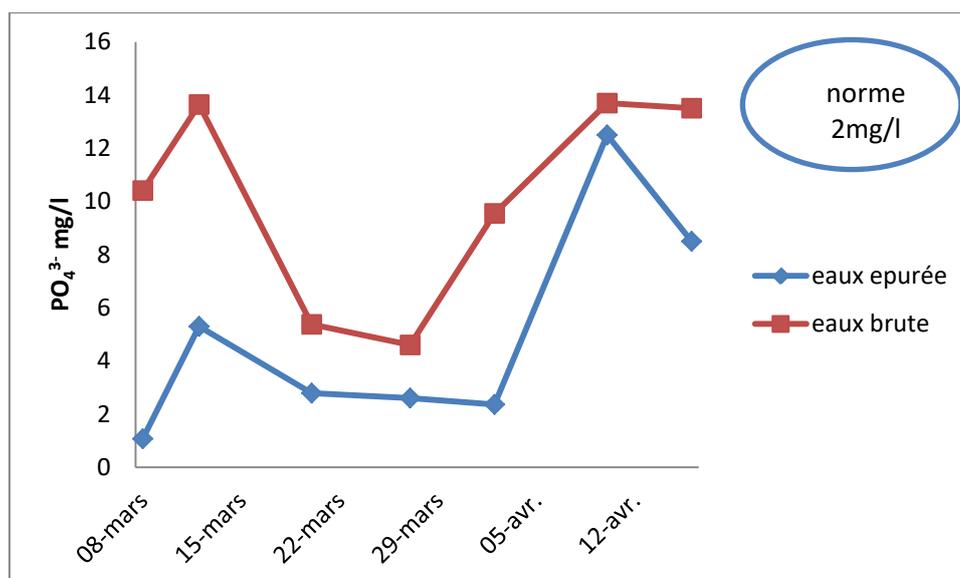


Figure 29 : les variations des ions PO_4^{3-} à l'entrée et la sortie de la station d'épuration

D'après la présentation graphique ci-dessus (figure 29), les moyennes des ortho phosphates de l'effluent brute et traité sont comme suite : 10.11 ± 3.87 mg/l, 5.01 ± 4.11 mg/l. On remarque une diminution de la teneur en PO_4^{3-} même s'elles ne sont pas conformes à la norme fixée par l'OMS (2004) qui est de 2mg/l, et aussi nos résultats sont inférieurs à ceux trouvés pas (Meneceur, 2013) avec une valeur de 10.56mg/l. Ceci s'explique par une perturbation du processus biologique responsable de la dégradation de phosphore, ou bien à l'arrivée excessive de phosphates dans la station d'épuration, du moment qu'il n'y pas de traitement tertiaire (colibaly, 2000) et cela est probablement dû au phénomène de Bulking.

2-Suivi bactériologique

2-1-Dénombrement des germes totaux

Ce sont des micro-organismes capables de proliférer sur des géloses ordinaires à des températures avoisinant 20 à 37°C. Ces dernières sont considérées comme indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre en UFC présent dans un échantillon donné.

Les résultats obtenus du dénombrement de la flore mésophile à 22°C et à 37°C sur gélose TGEA sont illustrés dans le tableau 6.

Tableau 6: Résultats de dénombrement de la flore mésophile pathogène et saprophyte

Flores	Analyse1 23/04/18		Analyse2 07/05/18		Analyse3 15/05/18	
	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml
Flores mésophiles saprophytes à 22°c	3.98×10^7	4.51×10^7	3.61×10^7	3.93×10^7	IND	IND
Flores mésophiles pathogènes à 37°c	4.11×10^7	4.65×10^7	2.99×10^7	2.16×10^8	IND	IND

D'après les résultats illustrés dans le tableau7, on remarque que le nombre de germes banaux saprophytes et pathogènes sont plus élevés dans les effluents traités soit (4.51×10^7 UFC, 4.65×10^7 UFC) qu'à ceux trouvés dans les eaux brutes de la STEP qui sont respectivement de l'ordre de (3.98×10^7 UFC, 3.98×10^7 UFC).

Ce cas de figure illustre bien un diagnostic de foisonnement dans le réacteur biologique, d'où une déperdition de boues due à une mauvaise décantation dans le clarificateur secondaire.

Ces résultats concordent à ceux trouvés par (Hamek et Mokrane, 2018) dans leur travail réalisée Mars-Avril 2018 sur « l'évaluation de la qualité des eaux usées brutes et traitées de la STEP de la ville de TIZI-OUZOU » dans laquelle, les résultats enregistrés dans la deuxième analyse concernant les germes totaux qui sont plus élevés dans les eaux traitées que dans les eaux brutes de la STEP respectivement de (3.8×10^5 UFC, 2.0×10^4 UFC) pour les germes pathogènes et (3.1×10^5 UFC, 2.2×10^5 UFC) pour les germes saprophytes, mais leurs concentrations restent inférieurs à celles que nous avons enregistrés. Cette différence s'explique par les périodes hydrauliques distinctes dont nous avons travaillé à savoir le mois d'avril qui était plus humide avec une dilution plus importante que mois mai et la fin d'avril. Cette situation peut s'accroître durant la période des basses eaux.

2-2-Dénombrement des spores des clostridiums sulfito-réductrices

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau7: Résultats du dénombrement des clostridiums sulfito- réducteurs

	Analyse1 23/04/18		Analyse2 07/05/18		Analyse3 15/05/18	
clostridium sulfito- reductrices	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml
	IND	IND	IND	IND	IND	IND

Les résultats illustrés dans le tableau 7 et la figure 30 indiquent que les spores de clostridiums perfringens ne peuvent être dénombrées que ce soient pour l'eau d'entrée ou pour l'eau de sortie et cela signifie que leur charge bactériologique est très élevée et qu'il n'y a pas eu de réduction ou de diminution au cours du traitement.

Une étude est faite par (Tfyeche, 2014) sur « suivi de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement » dont il a trouvé dans la première analyse que les spores des clostridiums sulfito- réducteurs sont indénombrables et dans la troisième analyse, 53 spores ont été dénombrées.



Figure30 : Représentation des tubes correspondant à la recherche et dénombrement des spores sulfito-réductrices

2-3-Dénombrement des streptocoques fécaux et des coliformes fécaux avec la méthode NPP

Le tableau 8 résume l'essentiel des résultats concernant les streptocoques fécaux et les coliformes fécaux par la méthode NPP.

Tableau 8: Résultats de dénombrement des coliformes fécaux et des streptocoques

	Analyse1 25/04/2018		Analyse2 09/05/2018		Analyse 15/05/2018	
	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée
Streptocoques Fécaux	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)
Coliformes fécaux	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)	IND (>240)

D'après les résultats obtenus sur le tableau 8 du dénombrement des coliformes et des streptocoques fécaux sur milieu liquide, on remarque que ces dénombrements sont au-delà de la limite supérieure de quantification ce qui signifie que la charge microbienne concernant ces germes est très élevée. Afin d'apporter plus de précision nous avons procédé par la méthode du dénombrement par filtration et les résultats sont exprimés dans le tableau 8.

2-4-Dénombrement par la méthode de filtration sur membrane

Le tableau 9 illustre les résultats du dénombrement des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux

Tableau 9 : dénombrement des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux

	Analyse1 03/07/2018		Analyse2 08/07/2018	
	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée
Coliformes totaux	>30000	>30000	>30000	29600
Coliformes Fécaux	>30000	>30000	>30000	13000
Streptocoques Fécaux	>30000	21700	15600	14100

A la lumière de ces résultats, il ressort que, les résultats obtenus pour les deux analyses des coliformes fécaux restent très élevés et sont supérieurs à 30000 UFC/100ml. Pour l'eau traitée dans la deuxième analyse la concentration est de l'ordre de 13000 UFC/100ml, ce qui signifie qu'il y a eu une légère réduction dans le nombre de ces germes. L'ensemble des résultats obtenus restent largement supérieurs à la norme de rejet recommandée par l'OMS (2001) qui est de 2000 UFC. En résumé, ils ne sont pas conformes à la norme du rejet. Ces analyses ne font que confirmer le phénomène de Bulking avec ces répercussions sur la décantation des boues dans le clarificateur secondaire.

Concernant, les streptocoques fécaux qui ont été mis en évidence suite à l'analyse de Gram et confirmés sur gélose BEA, voir la figure 32 et le tableau 9 les résultats révèlent des concentrations élevées surtout par rapport à la première analyse avec des valeurs moins élevées pour l'eau épurée, ces charges restent supérieures à la norme fixée par (OMS, 2001) qui est de 1000 UFC/100ml.

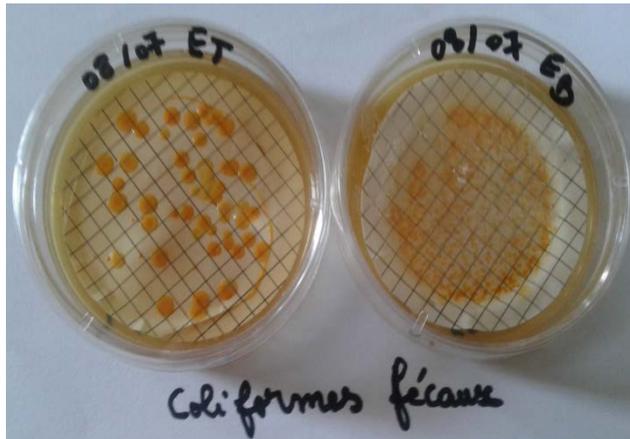


Figure 31: Représentation des boites de pétries
Correspondant à la recherche et dénombrement des
coliformes fécaux

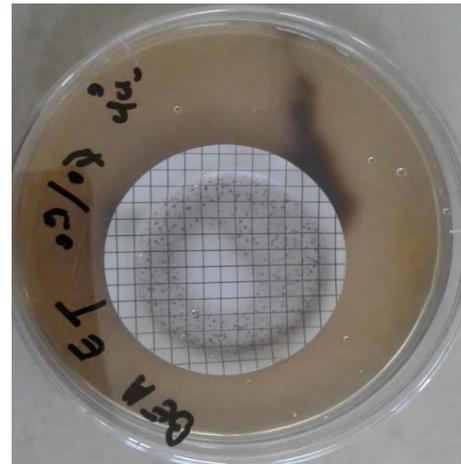


Figure 32 : Représentation d'une boîte de
pétrie correspondant à la recherche et
dénombrement des streptocoques fécaux

D'après les résultats obtenus le taux des coliformes totaux est supérieur au coliformes fécaux, ce qui coïncide avec les données théoriques étant données que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, les résultats obtenus des coliformes totaux révèlent que les nombres trouvés sont six fois supérieurs à la norme de l'OMS qui est de 5000 UFC.

3-Interprétation des résultats parasitologiques

Après avoir effectué plusieurs observations, nous avons pu observer différentes formes de parasites.

Afin d'identifier les diverses formes parasitaires observées, nous nous sommes appliquées et référées au catalogue de parasitologie de (Guillaume, 2007) dont l'identification est réalisée à l'aide d'une description morphologique du parasite.

La description morphologique des parasites observés est citée dans le tableau.

Tableau 10 : Représentation de la description de certains parasites observés(2018)

Parasites observés	La taille	La forme	Nombre de noyaux	Description morphologique
<i>Entamoeba coli</i>	De 18 à 20 μm	Ronde ou allongée	1 à 8 noyaux définitifs	Kyste jeune, glycogène abondant, vacuole, noyaux repoussés vers la paroi.
<i>Taenia saginata</i>	50 μm de diamètre	Arrondie ou légèrement ovale		Compose de deux parties : mince et embryophore
<i>Entamoeba histolytica</i>	12 à 14 μm	Arrondie, ou ovale.	1 à 4 noyaux	Présence de cristalloïdes à extrémités arrondies.
<i>Giardia duodenalis</i>	15 μm	Kyste	1 seul noyau	Présence de petits restes flagellaires.
Larves de nématodes	De 10 à 200 μm	Larve		Ver allongé, cylindrique à corps non segmenté.
<i>Dicrocoelium dentriticum</i>	40 μm X 25 μm	Œuf asymétrique		Coque lisse, épaisse, foncée, non déformée par l'opercule.

Conclusion

Au terme du suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux usées brutes et épurées, nous avons dégagé un certain nombre d'observations. Les analyses physico-chimiques obtenues ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP présentent une pollution organique et azotée assez élevée, on peut également conclure que la STEP Est permet une bonne élimination de la matière organique. Par ailleurs, les teneurs en nitrates semblent augmenter légèrement à la sortie.

Les résultats d'analyses microbiologiques des effluent brutes et traités, renseignent sur une forte contamination par les anaérobies sulfite-réducteurs durant la période d'étude et également une forte contamination par les bactéries indicatrices de la pollution fécale (SF, CF, CT) d'origine animale ou humaine qui dépassent les normes destinées aux diversément des eaux usées traitées dans le milieu récepteur.

Les résultats des analyses parasitologiques des eaux traitées, ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires qui prédominent : *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* et de *Giardia duodenalis*.

Conclusion générale

En s'appuyant sur les procédés physico-chimiques et biologiques, les stations d'épuration ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de deux effluents secondaires, l'eau épurée et les boues. Les résidus peuvent faire objet d'une valorisation agricole, industrielle, municipale ou injectés dans les milieux récepteurs en respectant les normes de rejets adaptées à ce sujet.

En entreprenant cette étude, une évaluation de l'efficacité dudit traitement sur les paramètres physicochimiques et biologiques, des eaux usées domestiques brutes et traitées au niveau de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou par les procédés biologiques a été effectuée.

Le suivi au laboratoire des paramètres de qualité à savoir :

- Paramètres organiques (DCO et DBO₅),
- Paramètres physiques (les MES, la température, le potentiel hydrique, la turbidité),
- Paramètres chimiques (l'ammonium, nitrite, nitrate, phosphore et pH),
- Paramètres biologiques (la recherche des coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, la flore mésophile pathogène et saprophyte, les Clostridium Sulfito-réducteurs et les parasites).

Nous ont permis de tirer les conclusions suivantes.

- 1- Les analyses physicochimiques montrent, un abattement remarquable des paramètres de pollution physique, organiques ainsi que pour les différentes formes azotées mesurées à la sortie de la STEP qui sont conformes aux normes de rejet fixées par l'OMS et la législation Algérienne ; cependant la quantité de phosphore mesurée est supérieure à la valeur limite préconisée par l'OMS voir 2mg/l.
- 2- Du point de vue bactériologique les eaux traitées de la STEP Est, présentent des concentrations très élevées en germes pathogènes, saprophytes et de contamination fécale qui sont plus abondantes à la sortie qu'à l'entrée et sont alors, nettement et largement supérieures aux normes prescrites par l'OMS.
- 3- L'étude microscopique des parasites dans l'eau traitée montre la présence de protozoaires, *Entamoeba histolytica* qui est une amibe pathogène et *Giardia duodenalis* et des helminthes (larves de nématodes).

A la lueur de ces résultats, il est important d'optimiser le processus épuratoire des eaux usées en vue d'éliminer au maximum la pollution de l'eau notamment la pollution biologique

Conclusion générale

(bactéries et parasites) et chimiques afin de diminuer l'impact de ces nuisances sur le milieu récepteur.

Au terme de cette étude, nous tenons à signaler que nous avons diagnostiqué le phénomène de foisonnement bactérien au niveau du réacteur biologique. Cette maladie appelée communément le Bulking, a induit une mauvaise décantation des boues au niveau du clarificateur secondaire, ce qui génère une déperdition importante de la biomasse épuratrice globale (bactéries et parasites) dans les milieux récepteurs. Cet état de fait, compromettrait les objectifs de qualité escomptés.

A cet effet, nous préconisons une étude approfondie afin de mettre en place un processus de traitement le plus adéquat.

Aminot et Chaussepied, (1983). Manuels d'analyses chimiques en milieu marin, p : 993.

Annie C et Françoise P, (2001). Le préparateur en pharmacie, dossier 4 : Microbiologie – Immunologie, Broché– décembre 2000.

Asano T , (1998). Wastewater reclamation and reuse. Ed,Water quality management library, 1475p.

Bengoumi, (2004). Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

Boualem, (2009). Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, p : 20-33.

Boubki T et Boudjema H, (2016). Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki Alger, Mémoire Master, Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou

Bouziani M, (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, édition Ibn Khaldoun

Bordet, (2007). L'eau dans son environnement rural, 317pages.

Chocat, (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed. Tec & Doc.

Colibaly, (2000). La contribution à l'analyse des eaux usées urbaines de la nouvelle station d'épuration Est Tizi-Ouzou.

Degrémont, (2005). Mémento technique de l'eau : vol 2. 10^{ème} édition.

Denis F ; Dabernat H. ; Monteil H, (2000). Bacteriologie clinique.2^{ème} édition Marketing, paris.

Devillers J ; Squilbin M ; Yourassowsky C, (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement

Dugniole, (1980). L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC - revue n° 3- septembre, pp. 44-52

Faby, (1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages

Figarellaet Guy L et Michèle T, (2001). MICROBIOLOGIE. Tome 2, Microbiologie Appliquée, Volume 2,10 oct. 2001 - 240 pages.

Frank, (2002). Table de MAC-GRADY (NPP)

GLANIC R et BENNETON J-P, (1989). Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome - TSM - L'eau -84 année - N 11pp. 573-584.

Grosclaude ; Gérard ; dir, (1999). L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche, 204 p. et 210.

Guillaume V, (2007).Fiches pratiques parasitologie : Auto-évaluation Manipulations Poche – 30 mars 2007

Hacene H, (2016). Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome1,477p

Hamek et Mekrane, (2018). Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de Tizi-Ozou ; analyse physico chimique ; bactériologique ; Anti biorésistance et parasitaires.

Hébert et Légaré, (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau, par le Ministère de l'environnement et le Gouvernement du Québec,

ISO, (1986). Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia)-partie 1 : méthode par enrichissement dans un milieu liquide

Kourchi, (2010). Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO.

Ladjel F, (2006). Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p.

Leyral G ; RONNEFOY C ; GUILLET F, (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, p : 245.

Liu F; Mitchell C; Odom J; W, Hill D.T; Rochester E.W, (1997). Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

Loumi et Yefsah, (2010). Valorisation des eaux usées traitées en irrigation ; cas de la station d'épuration Est de T.O. Mémoire d'ingénieur UMMTO p 134.

Manaceur R et Saidjk K, (2013). Caractéristiques des paramètres physico chimiques et quantification des nutriments des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.

Metahri M S, (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.

OMS, (2001). Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050.

OMS, (2004). Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050.

OMS, (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.

ONA, (2013). Rapport de l'office national de l'assainissement Algérie.

Pourcher S,(2007). Apport diagnostique du dénombrement de clostridium perfringens dans l'intestin grêle des ruminants suspects d'enterotoxémie.

Ramade F, (1989). Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Edition Ediscience internationale,Paris.

Rejeseq, (2002). « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

Rejeseq, (2005). « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

RICHARDS S.M,(1982). HUNT B.W. Clostridium sordellii in lambs. Vet. Rec., 1982, 22

Rodier j ;Bernard I ;Nicole M, (1996). « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. DUNOD. PARIS.

Rodier j, Bernard I ;Nicole M, (2005). Mémento technique de l'eau : vol 2. 10ème édition.

Rodier J, (2009). « (L'analyse de l'eau » 9ème édition, Dunond, Paris,

Singleton, (1999). Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine by Paul Singleton.1999.

Singleton, (2002). Dictionary of Microbiology and Molecular Biology by Paul Singleton. 2002.

Références bibliographiques

Tfeyeche, (2014). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire master. universite kasdi merbah ouargla.

Xanthoulis, (1993). Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires.

Zeghoud, (2014). L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued.

<http://id.eaufrance.fr/par/5479>)

ANNEXES

ANNEXE I : Tableau représentant les résultats des paramètres physiques à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou

Paramétré	Dates	27/02	8/03	12/03	20/03	27/03	28/03	2/04	2/04	11/04	16/04
température	entrée	16,03	14,1	16	14,2	14,7	15,4	15,5	16	15	14
	sortie	15,5	13,9	16,4	14,1	15,4	15	16	16,1	16	14
PH	entrée	7,38	7,51	7,31	7,5	7,3	7,32	7,06	7,2	7,03	6,96
	sortie	7,21	7,34	7,2	7,13	7,16	6,96	7,02	7,02	7,11	6,96
MES	entrée	183	134	166	128	131	133	397	213	240	210
	sortie	7	5	3	11	7	6	7	3	7	11
conductivité	entrée	895	891	725	921	740	863	894	902	933	1011
	sortie	788	805	556	696	656	730	533	646	503	736
turbidité	entrée	210	169	209	167	174	180	432	285	295	215
	sortie	9	4	5	3	9	11	10	3	13	4

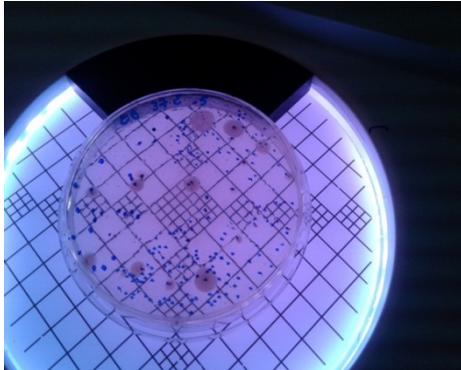
ANNEXE II : Tableau représentant les résultats des paramètres chimiques mesurés à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou

Paramétré	Dates	8/03	12/03	20/03	27/03	02/03	10/04	16/04
NH_4^+	BRUTE	26,44	37,41	18,06	10,32	148,3	32,25	38,7
	EPUREE	3,87	1,29	1,74	0,45	0,064	5,42	4,38
PO_4^{-3}	BRUTE	10,41	13,65	5,38	4,6	9,55	13,7	13,51
	EPUREE	1,07	5,3	2,79	2,6	2,36	12,5	8,5
NO_2^{-2}	BRUTE	0,25	0,53	0,02	0,37	0,22	0,39	0,90
	EPUREE	0,29	1,19	0,86	0,86	0,3	1,22	1,23
$PO-4$	BRUTE	10,41	13,65	5,38	4,6	9,55	13,7	13,51
	EPUREE	1,07	5,3	2,79	2,6	2,36	12,5	8,5
NO_3^{-3}	BRUTE	0,39	0,88	0,17	0,60	2,64	0,48	0,17
	EPUREE	25,52	7,48	4,84	13,04	19,36	15,6	16,72
DBO_5	BRUTE	360	220	320	360	240	280	300
	EPUREE	6	6	18	16	6	20	20
DCO	BRUTE	435,6	204	453,1	408	288,3	369,7	672,8
	EPUREE	60	29	72	31,2	38,37	52,3	39,36

ANNEXE III : Tableau représentant la table de Macgrady par le nombre le plus probable et intervalle de confiance

Nombre de tubes Donnant une réaction positive sur			NPP Dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
1 tube De 50 mL	5 tubes De 10 mL	5 tubes De 1 mL		Limites Inférieure	Limite supérieure
0	0	1	1	< 0.5	4
0	0	2	2	< 0.5	6
0	1	0	1	< 0.5	4
0	1	1	2	< 0.5	6
0	1	2	3	< 0.5	8
0	2	0	2	< 0.5	6
0	2	1	3	< 0.5	8
0	2	2	4	< 0.5	11
0	3	0	3	< 0.5	8
0	3	1	5	< 0.5	13
0	4	0	5	< 0.5	13
1	0	0	1	< 0.5	4
1	0	1	3	< 0.5	8
1	0	2	4	< 0.5	11
1	0	3	6	< 0.5	15
1	1	0	3	< 0.5	8
1	1	1	5	< 0.5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	< 0.5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	56
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	69
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	101
1	4	5	43	15	117
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	101
1	5	2	54	18	138
1	5	3	92	27	217
1	5	4	161	39	> 450

ANNEXE IV : Appareillage utilisé pour les analyses effectuées



Compteur de colonies



Centrifugeuse



ph-mètre

ANNEXE V : Tubes correspondant à la mise en évidence de l'indole



Résumé

Les eaux usées de la ville de Tizi-ouzou sont essentiellement d'origine domestique ; elles sont traitées par la STEP Est qui a été conçu pour abattre et réduire les charges polluantes des eaux usées par le procédé à boues activées ; une fois traitées ces eaux sont diversées dans l'Oued Sebaou. L'objectif de notre travail consiste à suivre la qualité physico-chimique et bactériologique des effluents brutes et traités afin de détecter les anomalies qui peuvent exister au niveau de la STEP. Les résultats physico-chimiques obtenus indiquent une réduction remarquable des paramètres de pollution organique (DCO, DBO₅) ; chimique (azote et phosphore) des effluents traités de la STEP Est qui restent toujours conformes aux normes recommandées par l'OMS, la concentration des orthophosphates quant-à-elle dépasse la valeur limite du rejet. Cependant, les analyses bactériologiques révèlent des concentrations très élevées en germes sulfito-réducteurs, en germes pathogènes et saprophytes qui sont plus abondants à la sortie qu'à l'entrée et de germes fécaux qui sont nettement supérieurs aux normes établies par l'OMS ; l'observation microscopique montre la présence de parasites et des helminthes pathogènes tel que : Entamoeba histlytica, Entamoeba coli et Giardia duodenalis. La qualité des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou peut constituer un danger majeur pour l'environnement et la santé humaine et animale.

Mots clés : eaux usées, boues activées, parasites, germes, pollution.

Abstract

Wastewater of the city of Tizi-Ouzou is mainly of domestic origin; they are treated by STEP East, which was designed to fold back and reduce the pollutant loads of wastewater by the activated sludge process. Once treated, these waters are diversified in the Oued Sebaou. The objective of our work is to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of raw and treated effluents in order to detect anomalies that the STEP can contain. The physicochemical results obtained indicate a remarkable reduction of the organic pollution parameters (COD, BOD₅); chemical (total nitrogen and phosphorus) treated effluents of STEP East that still comply with the standards recommended by the WHO, exepting the concentration of orthophosphates which exceeds the limit value of the discharge. However, the bacteriological analyzes reveal very high concentrations of sulfito-reducing germs, pathogenic and saprophytic germs which are more abundant at the exit than at the entry and of fecal germs which are well above the standards established by WHO; microscopic observation shows the presence of parasites and pathogenic helminths such as: Entamoeba histlytica, Entamoeba coli and Giardia duodenalis. The quality of the discharges from the STEP East of Tizi-Ouzou can constitute a major danger for the environment and human and animal health.

Key words: Wastewater, activated sludge, parasites, germs, pollution.