

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité/Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire
Département: Biologie

**Thème : Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des
eaux usées (STEP- Guelma).**

Présenté par :

- ❖ AYAICHA Marwa
- ❖ BAHLOUL Aicha
- ❖ FECIH Hadjer

Devant le jury composé de :

Présidente:	Mme. ZIDIS	M.A.A	Université de Guelma
Examinatrice:	Mme. KHALLEF.M	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur:	Mme. GRARA.N	M.C.A	Université de Guelma

Juin 2016

Remerciement

Nous remercions tout d'abord le dieu le tout puissant de la force et la patience qu'il nous accordé.

Nous remercie chaleureusement notre encadreur M^{elc}. GRARA Nedjoud pour nous avoir guidéesdurant la réalisation de ce travail.

Nous remercierons également les membres de jury tout d'abord M^{me} KHALLEF et M^{elc} ZIDI qui nous on a fait l'honneur de juger notre travail.

Nous sommes redevables à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation durant ces cinq dernières années.

Nous voulons exprimer nos remerciements et notre gratitude à toutes les personnes de la direction de santé de la wilaya de Guelma en particulier Mr.DJERADI ABD AL RAHMANE.

Nous remercions également tous les personnels du laboratoire de station d'épuration des eaux usées Guelma DOUNIA et en particulier Mr. BOUDJEHEM.

Un remerciement particulier à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches amis, qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

Merci à toutes les personnes qui nous ont accompagnés de près ou de loin dans ce parcours de formation.

A la fin une pensée particulière est adressée à l'ensemble des enseignants du département de SNV, qui nous ont procuré une formation honorable.

Aicha, Hadjer, Marwa.

Dédicace

Ce moment est le plus cher dans ma vie parce que ma voie d'apprentissage qui pleine de jovialité et très courte est terminée avec la réussite.

Je profite l'occasion pour dédier se modeste travail à :

Mon rayon d'espoir et la lumière de ma vie; mes parents « Fatma » et « Miloud », les sources de tendresse, de l'amour, l'adresse du don, et aussi d'amitié, ils m'accompagnés de la première étape jusqu'au maintenant, sans eux je ne vivrais plus et je ne ferais rien, je les aime à la folie.

A mes jolies et mes sœurs ; Selma, je la souhaite la réussite dans le baccalauréat et Amel, je la souhaite la réussite dans sa vie avec son époux Malek et leurs petites fleurs (Israa, Anes, Aous).

A mon chère frère Noureddine et son épouse Sabrina et mon chère frère Ridha.

Je les dis qu'ils sont les plus importants pour moi que d'autre chose.

A mes amies les intimes, les plus proches pour moi que moi, un très grand bisou pour elles ;

A mon trinôme (Aicha et Hadjer).

A tout mes collègues et mes enseignants et pour tout qu'il connaisse et aime Marwa.

Ayaicha Marwa.

Dédicace

Ce moment est le plus cher dans ma vie parce que ma voie d'apprentissage qui pleine de jovialité et très courte est terminée avec la réussite.

Je profite l'occasion pour dédier se modeste travail à :

Mon rayon d'espoir et la lumière de ma vie mes parents «Bariza » et « Mouhamed », les sources de tendresse, de l'amour, l'adresse du don, et aussi d'amitié, ils m'accompagnés de la première étape jusqu'au maintenant, sans eux je ne vivrais plus et je ne ferais rien, je les aime à la folie.

A mes cousins et cousines (Rima, soumia, chahra zed).

A mes proches ; mes petites fleurs (Aya, Anfal, Abed eldjalil, Ammar).

A mes amies les intimes (Hatem, Marwa, Hayat, Asma, Radia).

A mon trinôme (Marwa et Hadjer).

Les plus proches pour moi que moi, un très grand bisou pour elles.

A tout mes collègues et mes enseignants et pour tout qu'il connaisse et aime aïcha.

Bahloul aïcha.

Dédicace

Ce moment est le plus cher dans ma vie parce que ma voie d'apprentissage qui pleine de jovialité et très courte est terminée avec la réussite.

Je profite l'occasion pour dédier se modeste travail à :

Mon rayon d'espoir et la lumière de ma vie mes parents « fatiha » et « hocine », les sources de tendresse, de l'amour, l'adresse du don, et aussi d'amitié, ils m'accompagnés de la première étape jusqu'au maintenant, sans eux je ne vivrais plus et je ne ferais rien, je les aime à la folie.

A ma jolie et ma seule sœur (soror), je la souhaite la réussite dans sa vie et à son petit-fils sadjed.

A mon petit et poli frère (salaheddine), je le souhaite la réussite dans le baccalauréat.

Je les dis qu'ils sont les plus importants pour moi que d'autre chose.

A mes amies les intimes, les plus proches pour moi que moi, un très grand bisou pour elles.

A mon trinôme (Marwa et Aicha).

A mon fiancé, mon futur époux (fayçal).

A tout mes collègues et mes enseignants et pour tout qu'il connaisse et aime hadjer.

Fecih hadjer

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la wilaya de Guelma 4

2. Réseau hydrographique du versant de Guelma 5

2.1. Principaux Oueds 6

2.2. Bassin versant de la Seybouse 6

3. Présentation et localisation de la STEP 7

3.1. Origine et nature des eaux à traiter 8

4. Climatologie 8

4.1. Température 9

4.2. Précipitations 9

4.3. Humidité relative de l'air 10

4.4. Vent 11

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II. Matériel et méthodes 12

1. Technique de prélèvement 12

2. Point et période de prélèvement 12

3. Transport et conservation des échantillons 13

4. Méthodes d'analyses 14

4.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques 14

4.1.1. Mesure *in situ* 14

4.1.1.1. Température (T°) 14

4.1.1.2. Potentiel hydrogène (pH) 14

4.1.1.3. Conductivité électrique 15

4.1.1.4. Oxygène dissous (OD) 16

4.1.1.5.Potentiel d'oxydoréduction (Eh).....	16
4.1.2. Méthodes volumétriques	16
4.1.2.1.Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	16
4.1.2.2.Demande chimique en oxygène (DCO).....	17
4.1.2.3.Détermination des matières en suspension (MES).....	18
4.1.3.Méthodes spectrométriques	19
4.1.3.1. Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻)	19
4.1.3.2. Dosage des nitrites (NO ₂ ⁻).....	20
4.1.3.3. Détermination de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	20
4.1.3.4. Dosage des Orthophosphates (OPO ₄ ³⁻).....	21
4.2.Méthodes d'analyses bactériologiques	21
4.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	21
4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux	24
4.2.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	27
4.2.4. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	29
4.2.5. Recherche des germes pathogènes	30
4.2.5.1.Recherche des Staphylocoques	30
4.2.5.2.Recherche des Salmonelles	32
4.2.5.3.Recherche des Shigelles.....	34
4.2.5.4.Recherche de <i>Vibrio</i>	35

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Résultats	38
1.1 Résultat des analyses physico-chimiques de l'eau usée brute et traitée de la STEP	38
1.2 Résultat des analyses bactériologiques de l'eau usée brute et traitée de la STEP	45
2. Discussion	50
Conclusion.....	50
Références bibliographiques	60

Annexe

Résumé

La ville de Guelma dispose d'une station d'épuration depuis 2008 qui sert à réduire la pollution des eaux usées pour une éventuelle réutilisation en irrigation. Dans cette étude nous nous sommes intéressées à la caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Guelma avant et après traitement par la STEP. La caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes a montré qu'elles constituent des mélanges complexes très chargés en matières organiques avec des valeurs moyennes de MES : 208,75 mg/l, en DBO₅ : 202,37 mg d'O₂/l en DCO : 323,25 mg d'O₂/l, en NO₃⁻ : 2,16 mg/l, en NO₂⁻ : 1,47 mg/l, en NH₄⁺ : 27,49 mg/l, et en OPO₄³⁻ : 1,14 mg/l. Cependant, la caractérisation bactériologique des eaux usées a montré une richesse des eaux, en bactérie indicatrice de contamination fécale et en germes pathogènes avec des valeurs moyennes 6,18.10⁴ FMAT/ml, 13.10⁴ CT/100 ml, 13.10⁴ CF/100ml, 3,22.10⁴ SF/100 ml, absence des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* et présence des Staphylocoques. Le rapport (CF/SF= 4,28) souligne que l'origine de contamination de ces eaux usées est d'origine humaine. Le traitement des eaux usées ont permis un abattement des indicateurs physico-chimiques de la pollution de l'ordre de : 96,42% MES, 93,73% DBO₅, 97,63% DCO, respectivement de l'eau brute traitée par la STEP. Concernant les indicateurs bactériologiques de la pollution, le traitement utilisé dans notre étude a permis une réduction de l'ordre de 99 % de CT, 99,97 % des CF, 98,73 % des SF dans l'eau brute traitée par la STEP. Concernant la recherche des germes pathogènes dans l'eau brute traitée, nous constatons une absence des Salmonelles, de *Vibrio cholérique* et des Staphylocoques.

Mots clés : Traitement biologique, STEP, Suivi physico-chimique, Qualité bactériologique, Réutilisation.

ملخص:

مدينة قالمة لديها محطة للمعالجة منذ عام 2008 تعمل على الحد من تلوث مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في السقي. في هذه الدراسة وضعنا اهتمامنا على الخصائص الفيزيو-كيميائية و البكتريولوجية لنوعية مياه الصرف الصحي لمحطة معالجة المياه بمدينة قالمة قبل وبعد العلاج من قبل STEP. أظهرت الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الصرف أنها تتكون من خليط معقد جد غني بالمواد العضوية بقيم متوسطة لكل من (DCO = 323.25 ملغ/ل) ؛ (DBO₅ = 202.37 ملغ/ل) ؛ (MES = 208.75 ملغ/ل) ؛ (NO₃⁻ = 2,16 ملغ/ل) ؛ (OPO₄³⁻ = 1,14) ؛ (NH₄⁺ (27,49) (1,47mg/l) NO₂⁻ بينما أظهرت التحاليل البكتريولوجية غنى هذه المياه بالجراثيم وبمؤشرات التلوث البرازي بمعدل (10⁴ × 6,18 جراثيم كلية/ 100 مل)؛ مجموع القلونييات (13 × 10⁴ مل) ؛ القلونييات البرازية (13 × 10⁴ مل) والعقديات البرازية (3.22 × 10⁴ / 1 مل) مع غياب الجراثيم اللاهوائية المطثية تؤكد النسبة (SF/CF = 4.28) أن أصل تلوث هذه المطروحات هو انساني. معالجة مياه الصرف الصحي سمحت بإعطاء نتائج مردود المؤشرات الفيزيوكيميائية للتلوث حسب الترتيب التالي DCO 97,63%، MES 96,42% للمياه المعالجة من طرف STEP. فيما يخص المؤشرات البكتريولوجية للتلوث العلاج المستعمل أثناء دراستنا سمح بانخفاض المردود الى 99% القلونييات , 99,97% القلونييات البرازية و 98,73% العقديات البرازية والجراثيم اللاهوائية المطثية للمياه المعالجة من طرف STEP. فيما يخص البحث عن الجراثيم في المياه المعالجة, سجلنا غياب كل من سالمونيللا, والكوليرا الضمة والمكورات العنقودية .

الكلمات الرئيسية: المعالجة البيولوجية , محطة تنقية المياه , المتابعة الفيزيو-كيميائية، النوعية البيولوجية , اعادة الاستخدام.

Abstract:

The city of Guelma has a treatment plant since 2008 serves to reduce the pollution of wastewater for possible reuse in irrigation. In this study we were interested in physico-chemical and bacteriological characterization of wastewater in the purification station of Guelma before and after treatment using STEP. The physico-chemical characterization of wastewater proves to be constituted of complex mixtures loaded with organic substance with average COD values (Mean = 323.25 mgO₂/l), BOD₅ (Mean = 202.37 mgO₂/l) and MES (Mean = 208.75 mgO₂/l), NO₃⁻ (Mean = 2.16 mg/l), NO₂⁻ (Mean = 1.47 mg/l), NH₄⁺ (Mean = 27.49 mg/l), and OPO₄³⁻ (Mean = 1.14 mg/l), the bacteriological characterization of wastewater denotes a big richness of water, faecal indicator bacteria and pathogenic germs with average values 6.18.10⁴ MTAF/ml, 13.10⁴ CT/100 ml, 13.10⁴ CF/100ml, 3.22.10⁴ SF/100ml and absence of ASR and presence of staphylococci. The ratio (CF/SF=4.28) states that the main reason of contamination is highly human. Wastewater treatment allows a deterioration of physico-chemical indicators of pollution as follows 96.42% MES ; 93.73% BOD₅ ; 97.63 % COD respectively of brute water treated by the STEP. Concerning the bacteriological pollution indicators, the treatments used in our study sets a reduction in the order from 99% of CT, 99.97% of CF and 98.73% of CSR in the brute water treated by STEP. The research for pathogenic germs in brute water treated, we state an absence of salmonella, of vibrio cholerae and a staphylococcus.

Key words: Biological treatment, STEP, physico-chemical monitoring, bacteriological quality, Reuse

Liste des figures

N° : Figures	Titres	N° : Pages
01	Image satellitaire représentant la localisation de la wilaya de Guelma.	04
02	Situation géographique bassin-versant de la Seybouse (Algérie).	06
03	Image satellitaire représentant la localisation de la station d'épuration de Guelma.	07
04	Température moyenne de 10 ans (2005 – 2015).	09
05	Précipitation moyenne de 10 ans (2005 – 2015).	10
06	Humidité moyenne de 10 ans (2005 – 2015).	10
07	Vent moyenne de 10 ans (2005 – 2015).	11
08	Recherche et dénombrement des germes totaux.	23
09	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux (<i>E .coli</i>) dans l'eau.	26
10	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux.	28

11	Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs.	30
12	Recherche des Staphylocoques, Shigelles.	32
13	Recherche des Salmonelles.	34
14	Recherche et identification de Vibrio dans les eaux.	37
15	Evolution de la T° de l'eau brute et traitée de la STEP.	38
16	Evolution du pH de l'eau brute et traitée de la STEP.	39
17	Evolution de la CE de l'eau brute et traitée de la STEP.	39
18	Evolution de l'OD de l'eau brute et traitée de la STEP.	40
19	Evolution de l'Eh de l'eau brute et traitée de la STEP.	40
20	Evolution du DBO ₅ de l'eau brute et traitée de la STEP.	41
21	Evolution de la DCO de l'eau brute et traitée de la STEP.	42

22	Evolution du MES de l'eau brute et traitée de la STEP.	42
23	Evolution du NO_3^- de l'eau brute et traitée de la STEP.	43
24	Evolution du NO_2^- de l'eau brute et traitée de la STEP.	43
25	Evolution du NH_4^+ de l'eau brute et traitée de la STEP.	44
26	Evolution de l' OPO_4^{3-} de l'eau brute et traitée de la STEP.	44
27	Evolution de la FMAT de l'eau brute et traitée de la STEP.	45
28	Evolution des coliformes totaux de l'eau brute et traitée de la STEP.	46
29	Evolution des coliformes fécaux de l'eau brute et traitée de la STEP.	46
30	Evolution des Streptocoques fécaux de l'eau brute et traitée de la STEP.	47

Liste des tableaux

N° : Tableaux	Titres	N° : Pages
01	Nature et période de prélèvement.	13
02	Résultat d'analyse bactériologique de l'eau brute et traitée de la STEP.	48
03	Résultat de recherche des germes pathogènes d'eau brute et traitée de la STEP	49

Liste des abréviations

ABHCSM : agence des bassins hydrographiques constantinois –seybouse- Mellegue.

ADH: Arginine Dihydrolase.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

AgSO₄ : Sulfate d'Argent.

ASR: Anaérobies sulfito-réducteurs.

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

BGN : Bacille Gram négative.

CE : Conductivité électrique.

CF: Coliforme fécaux.

CSR : Clostridium sulfito réducteur.

CT: Coliformes totaux.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DSP : direction de la santé et de la population.

EB : Eau brute.

E. coli : *Escherichia coli*.

Eh : Potentiel d'oxydoréduction.

EPA : Eau Peptonée Alcaline.

ERT : Eaux Usées Résiduaire Urbaines.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FMAT : Flore mésophile aérobie totale.

g : gramme.

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline de Billé.

h: heure.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

H₂S : Hydrogène sulfuré.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

K₂C₂O₇: dichromate de potassium.

Km: kilomètre.

Km²: kilomètre carré.
mg/l: Milligramme par litre.
ml: Millilitre.
mM : milli-molaire.
mn: Minute.
m³ : Mètre cube.
mV: milli Volt.
Min: minimum.
Max: maximum.
Moy: moyenne.
MES : Matière En Suspension.
N : Nord.
NaCl :Chlorure de Sodium.
NaOH : Hydroxyle de sodium.
NH₄⁺: Azoteammoniacal.
NO₃⁻ : Nitrate.
NO₂⁻: Nitrite.
NPP : Nombre le plus probable.
OD : Oxygène dissoute.
ODC: Ornithine Décarboxylase.
O₂: Dioxygène.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
ONPG: Ortho-Nitrophénol-B-D-Galactosidase.
OPO₄³⁻ : Orthophosphates.
P : prélèvement.
pH : Potentiel d'Hydrogène.
RM: Rouge de Méthyle.
RN : Route Nationale.
S : Station.
SR : Station de Relevage.
STEP : Station d'épuration des eaux usées.
S: Station.
SFB : Bouillon Sélénite Cystéine.

SF : Streptocoque fécaux.

SS : *Salmonella-Shigella*.

t : temps.

T° : température.

TDA: Tryptophane Décarboxylase.

TGEA :Tryptone – Glucose – Extrait de levure – Agar.

TSI : Triple SugarIron.

UFC: Unité formant colonie.

µm : Micromètre.

UV : Ultra Violet.

µs/cm: micro simens par centimètre.

VF : Viande Foi.

VP : Voges de Proskauer.

Introduction Générale

L'eau est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée (Djeddi, 2006).

Face au déficit hydrique, aux changements climatiques, à la croissance démographique élevée, et aux taux de croissance économique élevés que connaissent notre pays, les eaux usées peuvent être considérées comme une source non négligeable en eau (Eddabra, 2011).

Donc le recours à la réutilisation des eaux usées, essentiellement en agriculture, en tant que ressource non conventionnelle est inévitable, elles peuvent soulager l'exploitation des ressources en eaux traditionnelles qui ne peuvent plus répondre aux besoins d'une agriculture intensive et réduire le déficit hydrique (Nigim et *al.*, 2002; Dadi, 2010). Surtout que les rejets déversés annuellement par la ville de Guelma sont estimés à environ 10 millions de m³ (ONA, 2011).

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques (Actuellement, l'agriculture consomme en moyenne 70% de l'eau douce disponible à l'échelle mondiale, viennent ensuite l'industrie avec 20%, puis l'utilisation de l'eau à usage domestique qui tourne autour de 10%. L'irrigation nécessite des volumes considérables, un hectare de maïs consomme jusqu'à 20000 m³ d'eau durant sa période végétative et un hectare de riz a besoin de 40000 m³ (Meddi, 2003)), vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs, notamment ceux des régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Maynard et Hochmuth, 1997).

Cependant certains agriculteurs utilisent ces eaux usées sans traitement préalable, cette pratique est adoptée par les agriculteurs de manière anarchique sans tenir compte des risques que peut entraîner l'utilisation de ces eaux pour la santé de l'Homme ainsi que pour la qualité de la plante et du sol. Elles posent de sérieux problèmes d'ordre sanitaire liés d'une part, au rejet de substances chimiques (détergents, métaux lourds,..) et d'autre part, au rejet de micro-organismes pathogènes tels que les protozoaires ou métazoaires parasites (œufs de giardia, œufs d'helminthes . . .) et les bactéries pathogènes (*Salmonella sp*, *Shigella sp*, *Aeromonas sp*, *Vibrio cholerae*, . . .) ou pathogènes opportunistes (*Pseudomonas sp*, . . .) ces différentes espèces bactériennes pathogènes pour l'homme, véhiculées par les eaux usées

représentent un danger potentiel pour la santé publique. D'autres constituants (matière organique, azote, phosphore, potassium,...) contribuent à la fertilisation des sols. Chaque projet de réutilisation doit faire l'objet d'une étude et doit tenir compte de la qualité de l'eau utilisée et du contexte de sa réutilisation. Alors, L'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables (FAO, 2003).

les ressources en eau existantes (des eaux de surface et souterraines) sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs: rejets incontrôlés d'eaux usées domestiques et industrielles, ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. La pollution risque de constituer, à court terme, un risque de pénurie d'eau accentué imposant la nécessité de protéger cette ressource contre toute altération et utilisation irrationnelle (Djeddi, 2006).

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation (Djeddi, 2006).

La région de Guelma, comme la plupart des villes algériennes endure des conséquences de la pollution hydrique Pour cela, la wilaya de Guelma a mis en service une station d'épuration (STEP) au cours de l'année 2008 qui a pour objectif l'épuration de 43 388 m³/j d'eaux usées, d'où un appoint non négligeable pour permettre l'irrigation des terres agricoles à partir du bassin versant de l'Oued Seybouse et de la plaine de Bouchegouf (ONA, 2011). Les eaux usées urbaines sont épurées directement dans la station d'épuration avec une série de traitement primaires permettant d'éliminer les déchets, les sables, les graisses et les matières en suspension, puis un traitement biologique pour écarter le reste de la pollution (Payment, 1998).

L'objectif de ce travail vise à étudier :

□ La qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la STEP (Guelma) avant et après traitement dont l'objectif de l'analyse physico-chimique est la détermination des paramètres de caractérisation des eaux qui constitue un bon moyen pour donner l'image de la qualité des eaux destinées à l'irrigation et le but des analyses bactériologiques est la recherche et le dénombrement des microorganismes qui sont susceptible d'être pathogènes et ceux qui sont indicateurs de contamination fécales.

Dans le présent travail, et après une introduction générale, une présentation de la région d'étude pour donner un aperçu général comprenant une description du cadre physique avec les données climatiques. Après avoir présenté les objectifs et la démarche retenue pour l'étude, Matériel et Méthodes utilisées seront décrits. Les résultats obtenus seront ensuite détaillés et discutés et pour finir, une conclusion générale sera présentée.

1. Situation géographique de la wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord -Est de l'Algérie et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voir un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda), les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa), et la proximité du territoire Tunisien à l'Est (Beldjazia, 2009).

Elle couvre une superficie de 3.910.51 km², et est limitée par ;

- La wilaya d'Annaba, au Nord,
- La wilaya de Skikda, au Nord-Ouest,
- La wilaya de Constantine, à l'Ouest,
- La wilaya d'Oum El Bouaghi, au Sud,
- La wilaya de Souk Ahras, à l'Est,
- La wilaya d'El Taref, au Nord Est.



Figure 01: Image satellitaire représentant la localisation de la wilaya de Guelma.

(Google Earth, 2016).

L'aspect géographique de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement, une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principale cours d'eau, elle est à vocation agro-silvo pastorale avec (Beldjazia, 2009).

- La présence d'une couverture forestière relativement importante (27 %).
- L'utilisation par l'agriculture de (35%) de la superficie totale.
- La dominance de maquis et broussailles.

La région d'étude fait partie du bassin versant de l'Oued Seybouse. Elle englobe 34 communes totalisant une population de 482 430 habitants (au dernier recensement de 2008). La densité moyenne de cette population est de 118 habitants/km², dont 26% sont concentrés au niveau du centre de la wilaya et plus de 55% vivent dans les zones rurales et éparses (ONS, 2011).

2. Réseau hydrographique du versant de Guelma

Le réseau hydrographique est très dense et représenté par l'Oued Seybouse (57.15 Km) et ses majeurs affluents dont l'écoulement général est d'Ouest en Est pour l'Oued Bouhamdane (45,37 km) et du Sud vers le Nord pour l'Oued Cherf (36.46 km) l'Oued Skhoun, l'Oued Maiz, l'Oued Zimba, l'Oued Boussora, l'Oued Marmoura, l'Oued Helia et l'Oued Melah. L'Oued Bouhamdane et l'Oued Cherf drainent respectivement des sous bassin de 1105 Km² et 2845 Km² à la station de Medjez Amar qui est le point de confluence et naissance de l'Oued Seybouse (Abhcsn, 2005)

La région de Guelma comporte quatre zones hydrogéologiques distinctes. La zone des plaines de Guelma et Bouchegouf dont les nappes captives s'étendent sur près de 40 km le long de la vallée Seybouse, elles enregistrent un débit de 385 l/s qui constituent les plus importantes nappes de la wilaya avec une potentialité hydraulique de 264,96 Million m³ d'eaux mobilisables comme suit:

Eaux souterraines

04 sous bassins versants (hydriques) et 997 points d'eau opérationnels totalisant un potentiel de 40,6 Millions m³/an.

Eaux superficielles

224,86 millions m³ se répartissant comme suit :

- Barrage de Bouhamdane : 220 millions m³.
- Barrage de Medjez-Beggar (Ain Makhoulouf) : 2,86 millions m³.
- Important nombre de retenues collinaires : 1,578 millions m³.

2.1. Principaux Oueds

- Oued Seybouse: traverse la plaine de Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 km du Sud au Nord, son apport total est estimé à 408 millions m³/an.
- Oued Bouhamdane: prend sa source à l'Ouest, il est d'un apport de 96 millions m³/an.
- Oued Mellah: provenant du Sud-Est, il est d'un apport total de 151 millions m³/an.
- Oued Charef: prend sa source au sud, il est d'un apport total de 107 millions m³/an.

Le réseau hydrographique du bassin de Guelma possède un régime hydrologique de type pluvial fortement dominé par les précipitations sur l'ensemble de l'année (Nouar, 2007).

2.2. Le bassin versant de la Seybouse

Le bassin de l'oued Seybouse est l'un des plus grands bassins hydrographiques en Algérie. Il est situé dans la région Nord est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 6471 km² avec une longueur de 240 km. Il couvre 68 communes dans sept wilayas : Guelma, Annaba, Souk Ahras, El Tarf, Oum El Bouaghi, Constantine et Skikda. Il prenant naissance à 20 Km de la ville de Guelma par la Jonction de l'Oued Cherf et Bouhemdane. Ces eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région. Les eaux de la Seybouse sont utilisées à des fins domestiques, industrielles et agricoles (Khelifa et al. 2011).

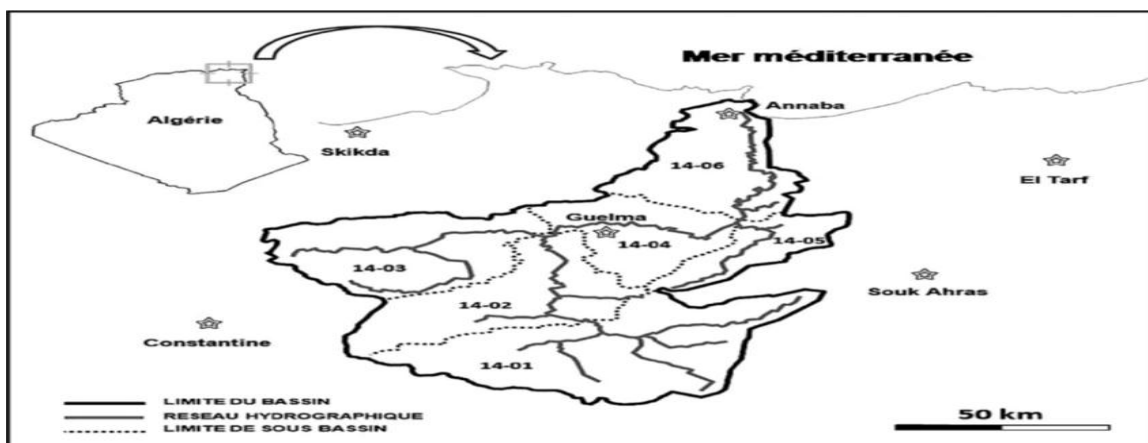


Figure 02: Situation géographique du bassin-versant de la Seybouse (Algérie)
(Khelifa et al. 2011).

✓ Dangers menaçant le cours de la Seybouse

Le bassin de la Seybouse est confronté à la pollution urbaine, industrielle et agricole. Cette pollution émane des différentes villes, usines et zones agricoles situés sur ses deux rives, 4,5 millions de m³ sont rejetées annuellement dans la rivière, sur les quels 3 millions de m³ sont des huiles usagées. Le traitement de la Seybouse est un bel exemple de gestion intégrée, puisque il inclurait des volets de protection de ressources superficielles et souterraines, de rationalisation d'usage domestiques, agricoles et industrielles, mais aussi de lutter contre la pollution et de protection de l'environnement (Debieche et *al.* 2002).

3. Présentation et localisation de la STEP

La station d'épuration de Guelma a été créée en 2008 et occupe un terrain agricole de 8 ha. Elle se situe à 1 km environ au Nord de la ville sur le flanc droit de la vallée développée par l'Oued Seybouse et sur la route nationale N° 21 menant à Annaba à la sortie de l'agglomération (ONA, 2011). Les responsables de la station se fixent comme objectif l'épuration de 43 388 m³/j d'eaux usées de la ville de Guelma qui sont collectées par deux stations de relevage, l'une se trouvant au niveau de la cité Ghehdour : point de rejet d'OuedLemaïz, et la seconde au niveau du point de rejet d'OuedSkhoun (Dadci, 2008).

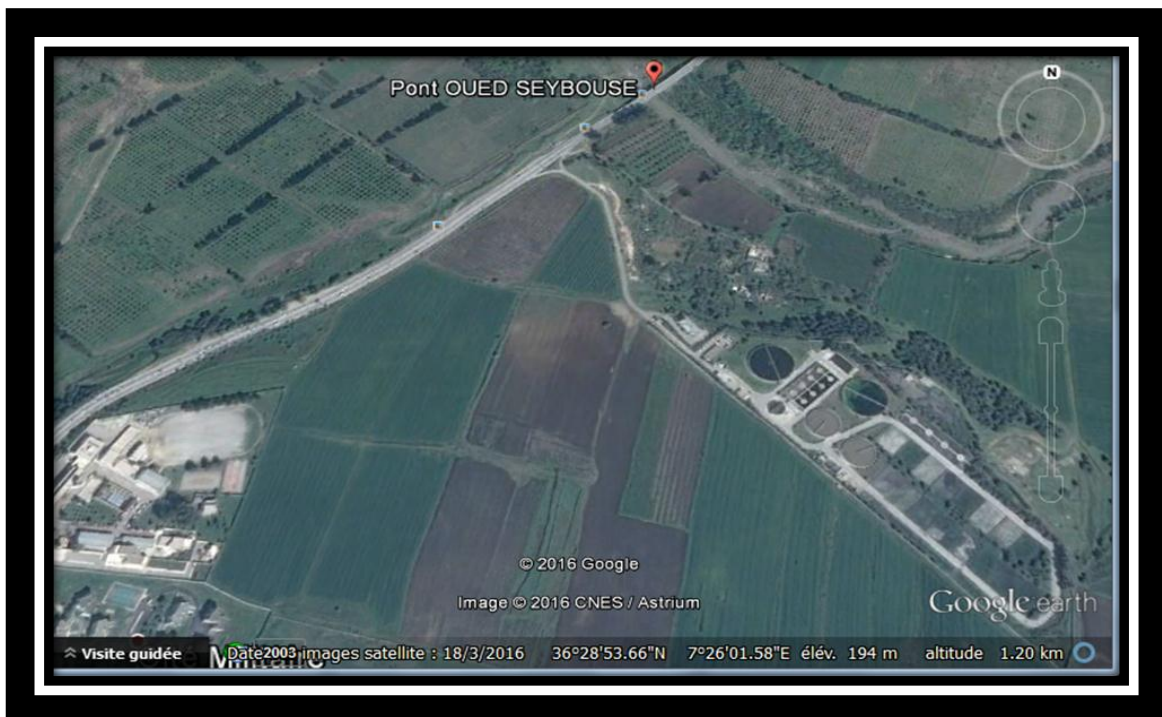


Figure03: Image satellitaire représentant la localisation de la station d'épuration de Guelma. (Google Earth, 2016).

3.1. Origine et nature des eaux à traiter

La station d'épuration est alimentée par des effluents d'origine domestique.

➤ Caractéristique et nature des effluents

Les eaux usées domestiques de la ville de Guelma sont collectées par un ensemble de réseaux d'assainissement. Les effluents bruts arrivent à la station d'épuration à partir de deux stations de relevage SR1, SR2 par des conduites qui refoulent directement dans le regard d'arrivée (prétraitement).

➤ Point de rejet (l'eau épurée)

Le rejet est exercé dans l'Oued Seybouse situé en contre bas de la station d'épuration à 331m de distance, les effluents sont acheminés jusqu'à l'Oued par canalisation des rejets (Karaali et *al.*, 2008). L'utilisation d'eaux usées en agriculture peut aider les communautés à produire davantage de cultures alimentaires et à tirer parti de ressources précieuses en eau et en nutriments. Cette utilisation doit cependant s'effectuer sans risque afin que ses bénéfices pour la santé publique et l'environnement soient les plus importants possibles. Cette utilisation est motivée principalement par la rareté grandissante des ressources en eau et les tensions de plus en plus fortes sur ces ressources, la dégradation des sources d'eau douce résultant de l'élimination incorrecte des eaux usées, et la croissance démographique et l'augmentation résultante de la demande en nourriture et en fibres (OMS, 2012).

4. Climatologie

L'étude des données climatologiques est une opération indispensable dans toutes les approches, car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. En revanche, pour étudier les mécanismes de la pollution des eaux, il est important d'étudier les données climatiques afin de pouvoir déterminer le bilan hydrologique, à savoir les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

L'interprétation des données météorologiques de Guelma sur une période de dix ans, et l'établissement de son diagramme solaire s'avèrent utiles pour mieux caractériser son climat. Notre région (Guelma) est classée dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais. On peut distinguer deux périodes, la première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'octobre jusqu'au mois de mai. La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de juin jusqu'au mois de septembre (Bedouh, 2014).

4.1. Température

La température de l'air est un paramètre très important lié directement au développement de la majorité des êtres vivants et influe sur leurs activités, le climat et le bilan hydrique ; car il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est en fonction de l'altitude, la distance de la mer, des saisons et de la topographie (El Blidi *et al.* 2006).

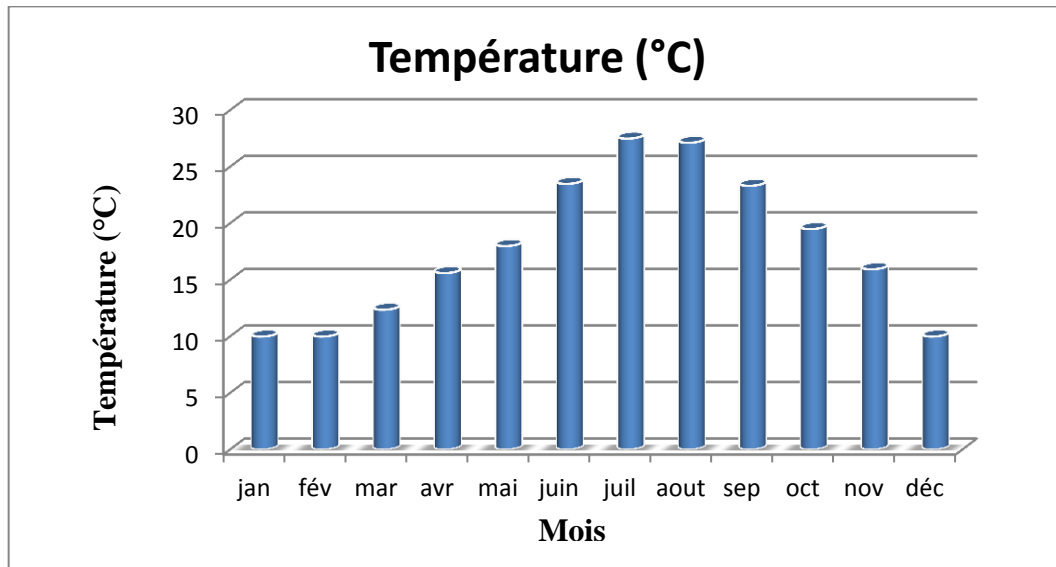


Figure04: Température moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

La température moyenne mensuelle la plus élevée a été observée pendant le mois de juillet, avec $T = 27,5^{\circ}\text{C}$. Par contre la température moyenne mensuelle la plus basse a été observée avec un minimum enregistré pendant la saison hivernale (décembre, janvier, février) $T = 10^{\circ}\text{C}$.

4.2. Précipitations

La pluie est un facteur climatique essentiel conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau. L'étude nécessite notamment une analyse minutieuse des données pluviométriques. Cette analyse aboutit à l'évaluation et à la quantification de différentes franges d'eau de surface, souterraines et atmosphériques (Bedouh, 2014).

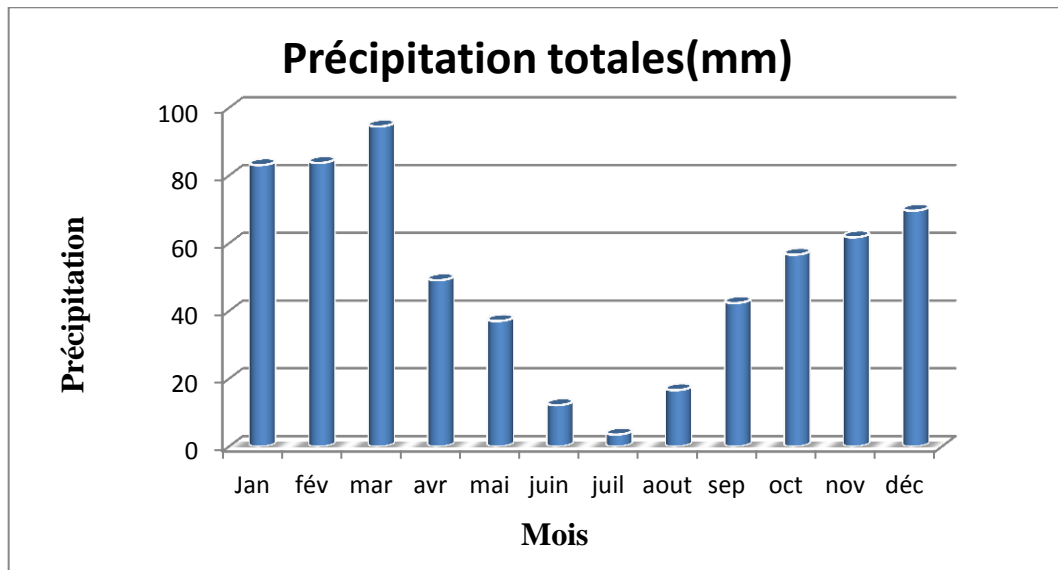


Figure05: Précipitation moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

Cette figure montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 78,87 mm/mois. Tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 10,85 mm/mois. Avec une précipitation moyenne annuelle qui est égale à 611,03 mm.

4.3. L'humidité relative de l'air

L'humidité de l'air joue un rôle important dans l'évaporation ; plus l'air est humide moins il apte à absorber de l'humidité supplémentaire. L'humidité élevée atténuée la sécheresse conditionne favorablement le développement des plantes (Beltrando, 1995).

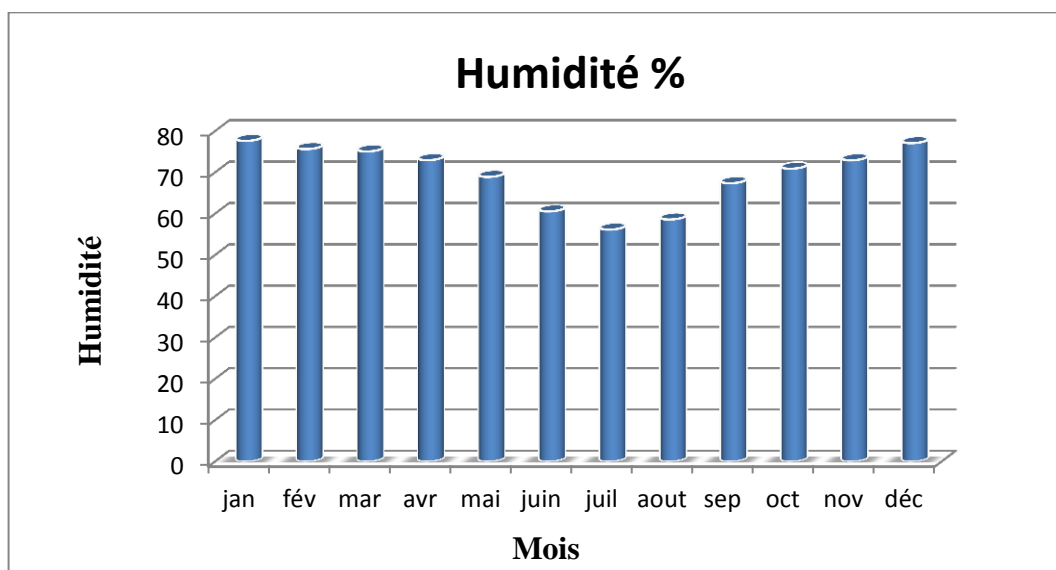


Figure06: Humidité moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

La figure représente la variation de l'humidité relative de l'air mensuelle durant (2005-2015). Les valeurs montrent que l'humidité de l'air ne diminue pas au-dessous de 50%. Elle atteint son maximum le mois de Janvier avec (77.67 %) alors que le minimum est observé le mois de Juillet (56.2%).

4.4. Le vent

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La direction, la fréquence et la vitesse sont variables au cours de l'année. En générale, la connaissance de la vitesse et de la direction des vents est primordiale pour la mise en place d'un ouvrage quelconque. Les vents dominants dans la région avec une vitesse assez constante au cours de l'année, entre 1,36 et 2,13 m/s, avec un maximum en hiver et un minimum en automne.

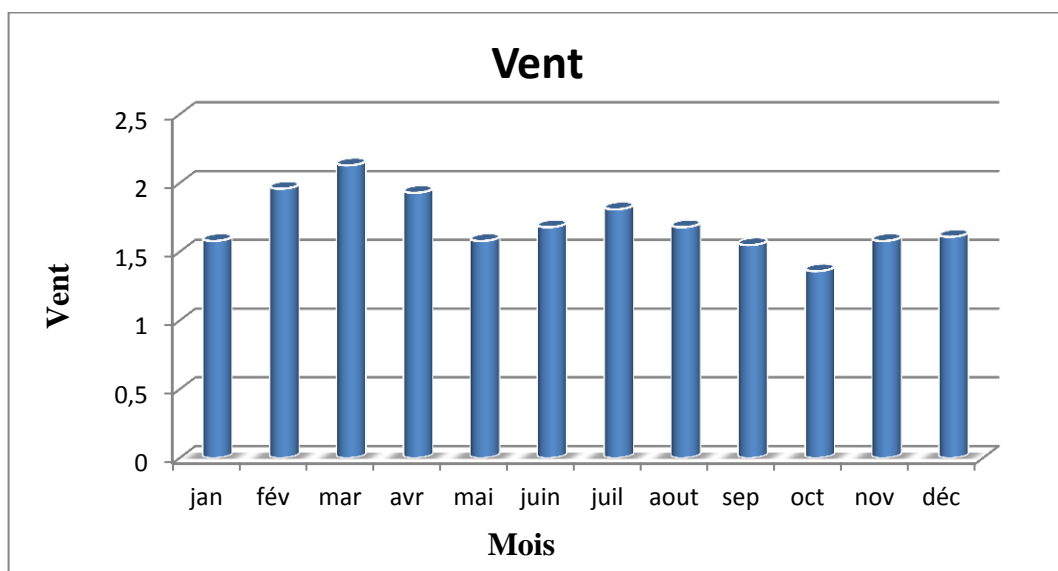


Figure07: Vent moyenne de 10 ans « 2005 – 2015 ». (Météorologie Belkheir, 2016).

II. Matériel et méthodes

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire de la direction de la santé et de la population (DSP). Alors que les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma (STEP).

1. Technique de prélèvement

En fonction de la nature des eaux analysées et de celle des microorganismes recherchés, les normes fixent des conditions à respecter.

Le prélèvement bactériologique doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et bouchon à vis métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), le flacon débouché et immergé complètement en position verticale renversé en le tenant par fond ; il est alors retourné jusqu'à ce que l'ouverture soit légèrement plus haute que le fond et dirigée sans le sens le contraire du courant. Après le prélèvement les flacons doivent être soigneusement rebouchés, il faut éviter, le fond, la proximité de la surface (au moins 30 cm) (Guiraud ,1998) ; Rodier, 1996).

2. Point et période de prélèvement

Nos prélèvements ont été effectués au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la région du Guelma qui sont déversés au niveau d'Oued Seybouse après un traitement préalable.

Les points de prélèvements comportent deux échantillons réalisés :

- ✓ Entrée principale STEP (eaux brutes).
- ✓ Sortie final (eaux épurées).

Le suivi des paramètres physico-chimiques sur une période allant de (08-02-2016) jusqu'au (07-03-2016) avec trois prélèvements ont été effectués pour le suivi des paramètres bactériologiques (deux prélèvements pendant le mois de Février et un seul prélèvement en Mars).

Tableau 01: Nature et période de prélèvement.

Station	Conditions météorologiques	Nature de prélèvement	Période de prélèvement		Heures	Type des analyses effectuées
S1 : En amont	Au mois de Février : Beau temps, ensoleillé.	Eaux usées (Rejet Industrielles + domestiques)	P1	08/02/2016	08 :50	Analyses bactériologiques
			P2	22/02/2016	08 :50	
S2 : En aval	Au mois de Mars : Beau temps, ensoleillé.		P3	07/03/2016	08 :50	Mesures <i>in situ</i> Analyses physico-chimiques (08-02-2016 jusqu'au 07-03-2016)

3. Transport et conservation des échantillons

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible. L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau.

Il est donc admis que le délai maximum entre le prélèvement et le début de l'analyse ne doit pas excéder 24 heures, l'échantillon étant maintenu à moins de + 4°C et qu'il est préférable de raccourcir ce délai lorsque l'eau est présumée très polluée. Après la prise d'essai, il est recommandé de placer le reste du prélèvement non utilisé au réfrigérateur (Rodier, 2009).

4. Méthodes d'analyses

4.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques

La détermination des paramètres physico-chimiques peut être effectuée sur les eaux usées résiduaires urbaines (ERU) brute ou sur les effluents après traitement bien qu'ils ne figurent pas dans les normes de rejet des stations d'épurations, hormis le pH, ils sont susceptibles de fournir des renseignements utiles pour apprécier la qualité de ces eaux ainsi que la qualité du traitement effectué. Leur mesure peut être réalisée également à différents endroits de la filière de traitement de l'eau et apporter ainsi de précieux renseignements sur le déroulement de l'épuration, permettant de conduire et d'améliorer le traitement (Rejsek, 2002).

4.1.1. Mesure *in situ*

Il s'agit des paramètres mesurés sur site, pouvant donner les premières indications sur la qualité des eaux:

4.1.1.1. La température (T°)

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 du 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.

La température influence aussi directement la réaction de dissolution de l'oxygène dans l'eau c'est à dire plus l'eau est froide plus la dissolution est importante (Rodier, 1996).

➤ Principe

Les mesures de la température de l'eau sur le lieu de prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante du traitement des eaux (Rodier, 1996).

➤ Appareillage

- La température est mesurée au même temps avec le pH mètre.

4.1.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

➤ Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

Le potentiel Hydrogène a une échelle de valeur allant de 0 à 14 et est utilisé pour mesurer le degré d'acidité.

Le pH est un facteur physique qui participe au même titre que la conductivité, Ainsi pour une reproduction piscicole acceptable, le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

➤ **Appareillage**

- pH mètre à électrode.
- Récipient contient l'eau à analyser.

➤ **Mode opératoire**

- Rincer l'électrode d'abord avec de l'eau distillée.
- Immerger l'électrode dans l'échantillon.
- Faire la lecture après la stabilisation de pH au pH mètre.

4.1.1.3. La conductivité électrique

Toute eau est plus ou moins conductrice du courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions et de leur concentration.

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la température, car la mobilité des ions augmente avec elle.

Elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, C'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute (Rodier ,1996).

➤ **Principe**

La mesure est basée sur le principe de pont de Wheatstone en utilisation comme appareil de zéro un galvanomètre en image cathodique.

➤ **Appareillage**

- Conductimètre à électrodes.
- Récipient contient l'eau à examiner.

➤ **Mode opératoire**

- Rincer plusieurs fois l'électrode de l'appareil d'abord avec de l'eau distillée.

- Plonger l'électrode dans le récipient qui contient l'eau à examiner en prenant soin quel'électrode soit complètement immergée.

4.1.1.4.L'oxygène dissous (OD)

➤ Principe

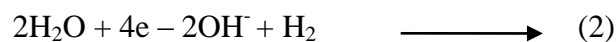
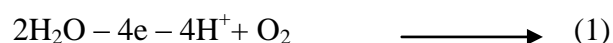
La concentration en oxygène dissous est importante pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface. l'oxygène dissous doit être mesuré sur terrain car les concentrations présentent de grandes variations en des temps très courts si l'échantillon n'a pas été convenablement conservé. Ce protocole est se fait selon (Norme AFNOR, 1973).

➤ Mode opératoire :

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable.
- Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres.
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture.
- Lire la valeur OD directement sur le multi-paramètre en mg /l.
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

4.1.1.5.Potentiel d'oxydoréduction (Eh)

L'eau peut participer à des réactions d'oxydoréduction, suivant les deux réactions :



4.1.2. Méthodes volumétriques

4.1.2.1.Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau par les micro-organismes du milieu. Il s'agit d'un paramètre mesurant d'une oxydation biologique des matières organiques qui fait intervenir des réactions enzymatiques complexes intra ou extracellulaires. Il s'agit donc d'une consommation partielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre

consiste un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration. Ce protocole est se fait selon la norme AFNOR (NFT 90-103).

➤ **Principe**

La DBO est mesuré au bout de 5 jours à 20°C (T° favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'oxygène) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O₂ et le second à la mesure de la concentration résiduaire en O₂ au bout de 5 jours.

La DBO₅ est la différence entre les 2 concentrations.

➤ **Mode opératoire**

▪ **Préparation de l'eau de dilution**

- Mettre la veille de prélèvement, dans un récipient de 10 litre de l'eau du robinet dans laquelle on plonge pendant 24h un aérateur pour la saturation en O₂, laisser reposer 12h.

▪ **Préparation des flacons de mesure**

-Verser dans un flacon un peu d'eau de dilution puis la quantité prévue d'échantillon, remplir le reste du flacon avec de l'eau de dilution.

-Fermer le flacon sans y laisser d'air pénétrer.

-Faires ainsi 2 flacons identique.

▪ **Mesure de temps**

-Doser l'O₂ dissous dans le flacon d'échantillon dilué (T° en mg/l).

-Placer les flacons restant au thermostat DBO₅ à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours.

4.1.2.2.Demande chimique en oxygène (DCO)

➤ **Principe**

La détermination de la demande chimique en oxygène comprend deux étapes : la première sert à l'oxydation chimique des matières organiques contenues dans l'eau par un excès de dichromate de potassium (K₂C_rO₇), et la deuxième au dosage de l'excès de dichromate de potassium par le sel de Mohr après refroidissement (Rejsek, 2002).

➤ **Mode opératoire**

Dans les tubes de DCO, on met :

- 10 ml d'eau à analyser.
- 5 ml de (K₂C_rO₇).
- 3 à 4 granules régulateurs d'ébullition puis homogénéisé.
- 15 ml d'AgSO₄.
- Agiter soigneusement le tube.
- La demande chimique en oxygène DCO est exprimée en mg/l est donnée par la formule suivante.

$$DCO = - 8COO C_{fe} (V_t - V_e) / E$$

C_{fe}: C'est la concentration exprimée en mol/l de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage.

E: Volume d'essai pris en ml.

V_t: Volume de sel de Mohr nécessaire pour le virage de couleur de l'échantillon témoin.

V_e: Volume du sel de Mohr nécessaire pour le virage de couleur de l'échantillon.

4.1.2.3.Détermination des matières en suspension (MES)

➤ **Principe**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier, 1996).

➤ **Mode opératoire**

- Mettre les membranes filtrantes ans une étuve à 105 °C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit (p1).
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105°C) afin de les sécher pendant 20 mn.

- Laisser les refroidir au dessiccateur puis les peser une 2^{ème} fois (p2).

➤ **Lecture**

Le résultat est exprimé par la formule suivante :

$$MES (mg/l) = (p_1 - p_2) \times 5 \times 1000$$

- **p1** : poids des membranes avant filtration.
- **p2** : poids des membranes après filtration.

4.1.3. Méthodes spectrométriques

4.1.3.1. Dosage des nitrates (NO₃⁻)

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrodonylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Rodier, 2009).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve à température entre 75 et 88°C et laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄, laisser 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate de sodium et de potassium.

➤ **Lecture**

Le résultat est donné directement en mg/l à longueur d'onde de 415 nm.

4.1.3.2. Dosage des nitrites (NO_2^-)

➤ **Principe**

Les nitrites réagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 Naphtyléthylène-diamine-dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

➤ **Appareillage**

- Spectrophotomètre UV-Visible.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 50ml d'eaux à analyser
- Ajouter 1ml du réactif mixte
- Attendre 10mn
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-
Effectuer la lecture à 543nm

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l

4.1.3.3. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

➤ **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate en présence de nitroprussiate de sodium.

➤ **Appareillage**

- Spectrophotomètre UV-Visible.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajouter à 50ml avec H_2O distillée et attendre 1h.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+

Effectuer la lecture à 665 nm.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donnée directement en mg /l.

4.1.3.4. Dosage des Orthophosphates (OPO_4^{3-})

➤ **Principe**

Les ions orthophosphates en solution acide (H_2SO_4) et en présence d'ions molybdate et antimoine forment un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate qui, après réduction par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double de potassium et d'antimoine (Rodier, 1996).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange.
- Attendre 10mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des OPO_4^{3-}
- Le résultat est donné directement en mg/l.

4.2. Méthodes d'analyses bactériologiques

4.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. La méthode de référence pour l'analyse consiste un dénombrement du nombre de germes par ml d'eau selon (Norme AFNOR, 1999).

➤ **Mode opératoire**

- A partir d'échantillon à analyser, qui sont considérés comme des solutions mères, Nous introduisons dans une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser, 9ml d'eau stérile. Nous prélevons 1ml avec une pipette stérile et nous l'ajoutons au premier tube jusqu'à finir toutes les séries effectuées.
- Porter aseptiquement 1ml de chaque échantillon dans des boites de pétrie étiquetées au préalable.

- Compléter ensuite avec 19ml de gélose TGEA, fondue et maintenue à 44°C.
- Incorporer à la fin l'eau des échantillons avec la gélose, en effectuant des mouvements circulaires de va et vient en forme 8.
- Laisser solidifier sur la pailasse puis incuber à deux températures, 22°C et 37°C pendant 24h à 48h (Figure 08).

➤ **Lecture**

Les colonies de micro-organismes apparaissent sous formes lenticulaires poussant en masse.

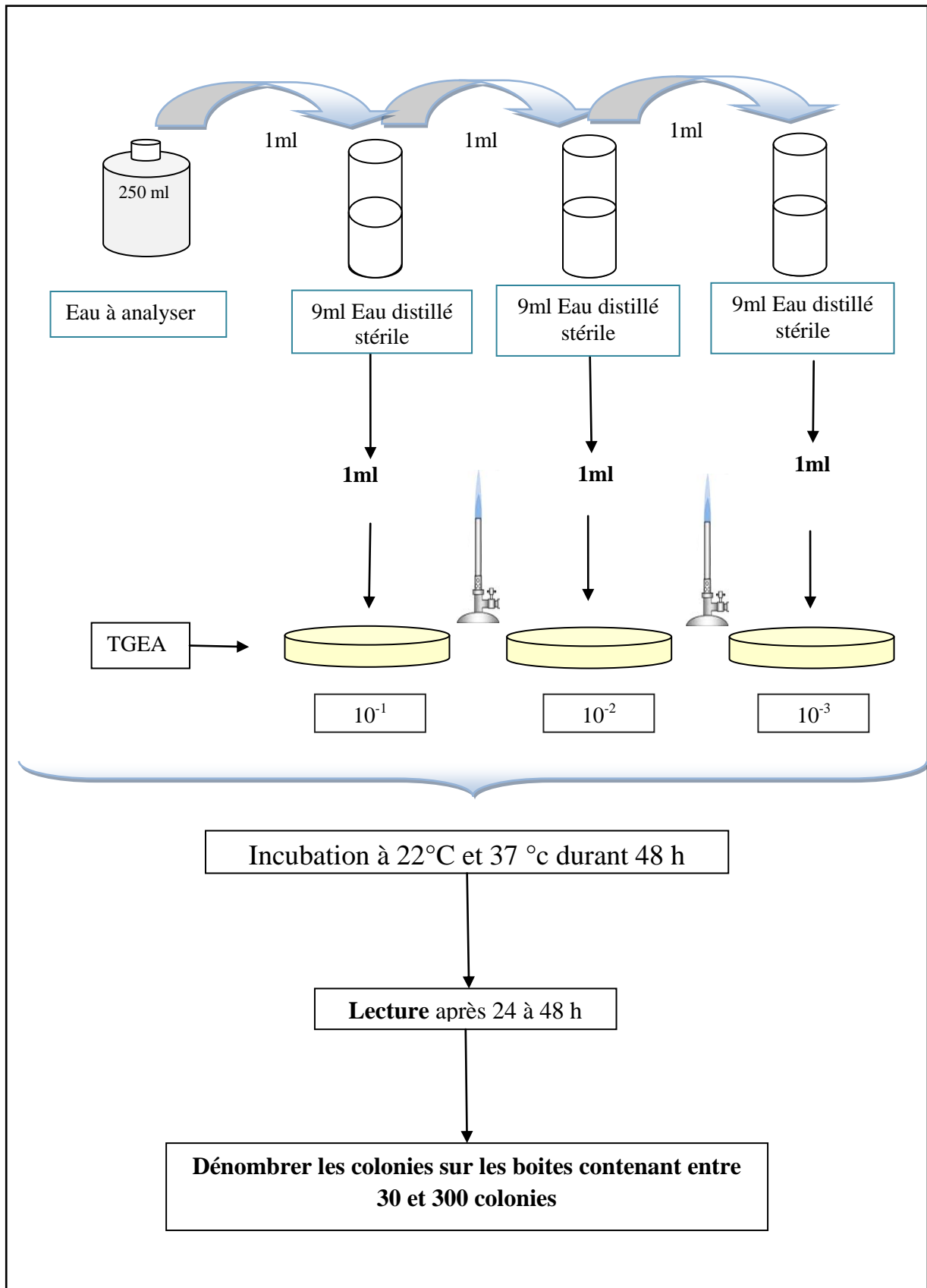


Figure 08: Recherche et dénombrement des germes totaux (Cheghieb, 2014).

4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (Camille, 2003).

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C et de produire du gaz dans les 24 h à 44,5 °C (Roux, 2003).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie (Figure 09) (Délarras, 2007).

➤ Mode opératoire

❖ Test présomptif

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.

✚ Nous prenons les tubes de BCPL (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, simple concentration) munis d'une cloche de Durham.

✚ Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et la porter dans le premier tube de la série contenant 10 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1} .

✚ Nous prélevons 1ml de la dilution 1/10 précédente et l'ajouter à un tube contenant 10ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .

✚ Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 10ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

✚ Refaire la technique pour 2 autres tubes de BCPL afin d'obtenir 5 tubes de BCPL, et refaire pour 2 autres séries.

- **Lecture**

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

- ✓ Un dégagement de gaz (supérieur au 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).

On retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs.

Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady au nombre de bactéries présentes (NPP) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le calcul de concentration cellulaire dans la suspension initiale se fait en tenant compte les dilutions effectuées (Rodier, 2009).

- ❖ **Test confirmatif (Test de Mac Kenzie)**

Le test confirmatif est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu (x) de confirmation. Comme milieu de confirmation, on a utilisé le milieu eau peptonée exempte d'indole.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 h.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

- ✓ 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.

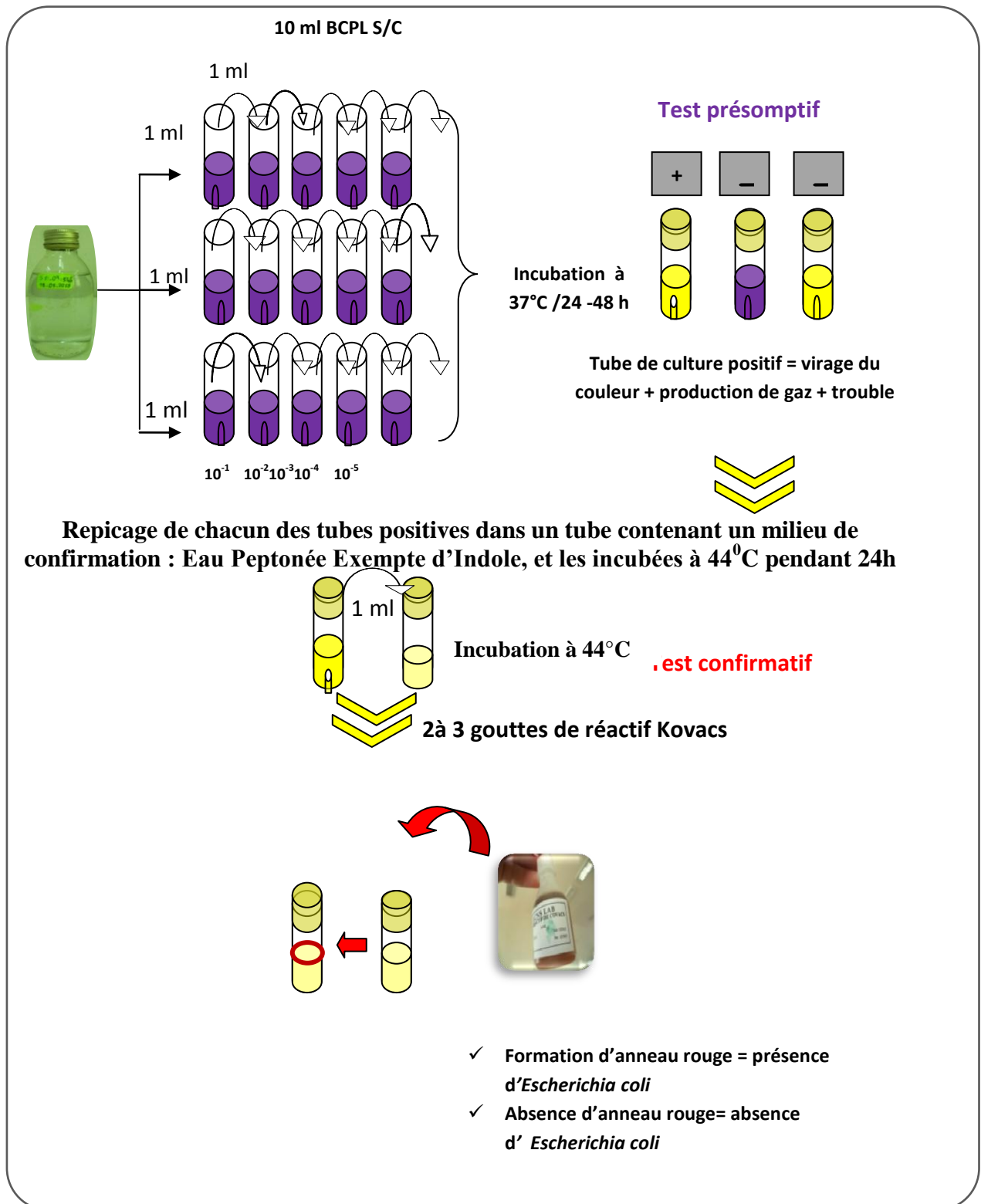


Figure 09: Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux (*E. coli*) dans l'eau (Bouchlaghem, 2015).

4.2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D ; se présentent sous forme de cocci à Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes, de catalase (-), immobile, anaérobie facultative, non sporulant et possédant de l'antigène de groupe D. Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies-aérotélorants (Engelkirk, 2008).

➤ Mode opératoire

❖ Test présomptif

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, en milieu liquide par la technique NPP, se fait en deux étapes consécutives (Figure 10) (Rejsek, 2002).

- ✚ A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation ; porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} .
- ✚ Prélevé 1ml de tube précédent 10^{-1} et mètre dans le seconde tube Rothe pour avoir la dilution 10^{-2} .
- ✚ Refera la technique pour 2 autres tubes de Rothe afin d'obtenir 5 tubes, et refaire pour les deux autres séries.

• Lecture

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble dû à une croissance microbienne. Ces tubes doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but de confirmation des streptocoques du groupe D.

❖ Test confirmatif

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur ou une ose bouclée dans tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C ; pendant 24 heures.

• Lecture

Sur le milieu de Eva Litsky, la présence de streptocoque (du groupe D) se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table (NPP) de Mac Grady.

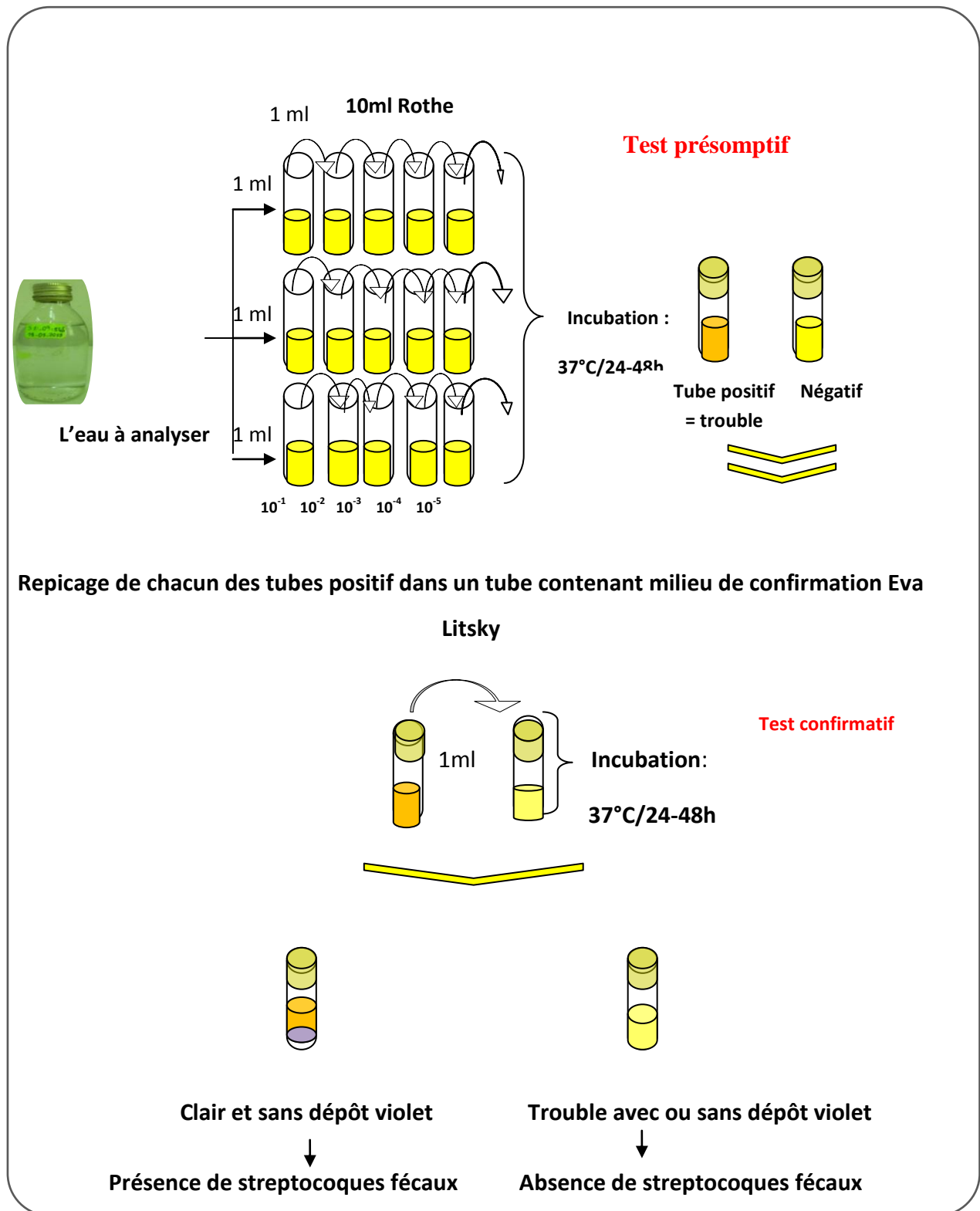


Figure 10: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux (Oughidni ,2015).

4.2.4. Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs se présentent sous forme de bacilles Gram positif, ils sont anaérobies strictes, capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement ; se développent à une température de 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{+2} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire) (Lebres, 2002).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (Figure11) (Rodier. 2009).

- ✚ Après l'avoir homogénéiser soigneusement, prendre environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- ✚ Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- ✚ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ✚ Ajouter dans chacun d'eux environ 20 ml de gélose viande foie, fondue puis refroidie à 45 ± 1 °C, additionnée de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer.
- ✚ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air.
- ✚ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

• Lecture et interprétation

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Il est indispensable de procéder à une lecture après 24 heures : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible après 48 heures. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures

suivantes. Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

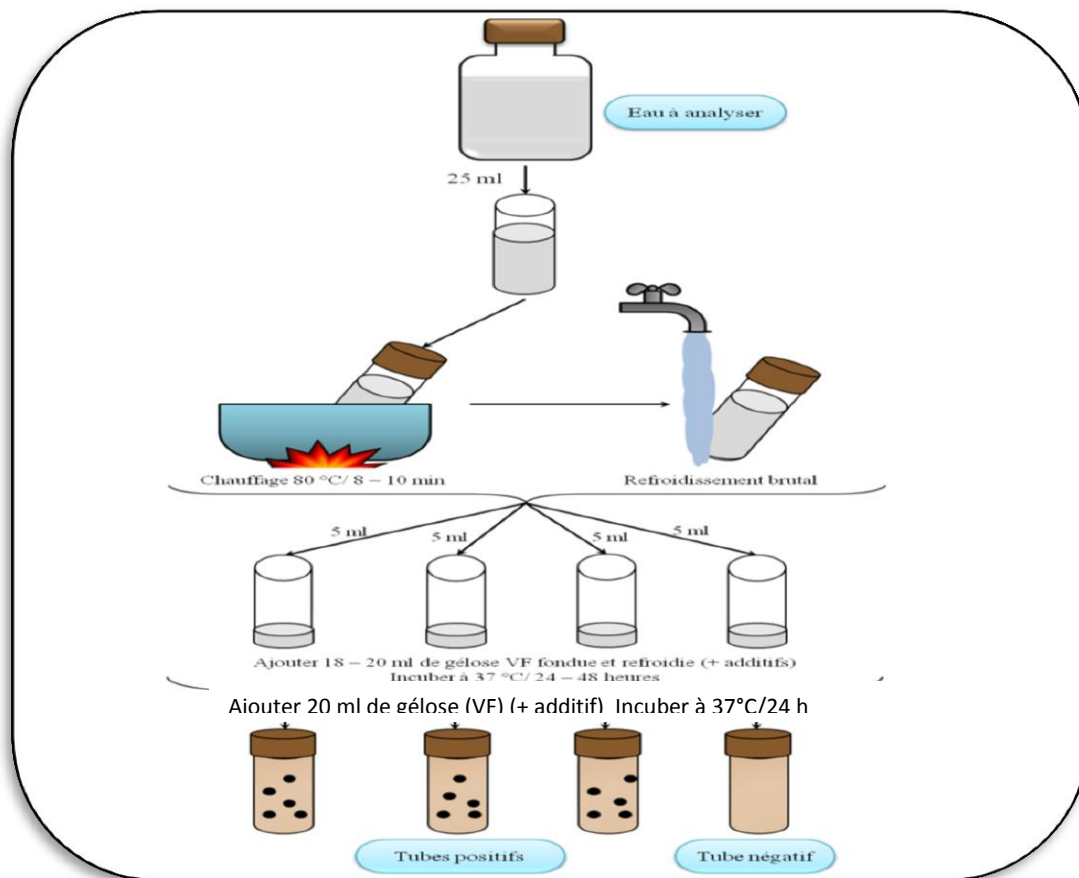


Figure 11: Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices (Bouchlaghem, 2015).

4.2.5. Recherche des germes pathogènes

4.2.5.1. Recherche des staphylocoques

Staphylocoques se présentent sous forme de cocci, en grappe de raisin, Gram +, possédant une catalase et une coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol. L'espèce type du genre *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et la plus redoutée (Rodier, 2009).

➤ Mode opératoire

- ✚ L'ensemencement se fait par des stries avec une anse de platine après avoir coulé la gélose (Chapman) dans les boîtes de pétri.
- ✚ Incuber à 37°C pendant 24 heures (figure 12).

- **Lecture**

Après période d'incubation spécifiée, les staphylocoques à coagulase positive, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (suite à la fermentation du mannitol) ou en blanc.

- **Identification**

Les colonies sont alors entourées d'un halo jaune puisqu'elles fermentent le mannitol tout comme parfois *S. saprophyticus*, *S. epidermidis* et *S. cohnii*.

Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de taille importante et élaborent leurs propre pigment; elles apparaissent en jaune, surmontant une zone jaune par la suite de la fermentation du mannitol. L'identification des staphylocoques nécessite la mise en œuvre de réactions spéciales au genre (Rodier, 1996):

- Etat frais et coloration de Gram
- Test à la catalase
- Oxydase
- Mannitol
- Recherche de la coagulase libre.

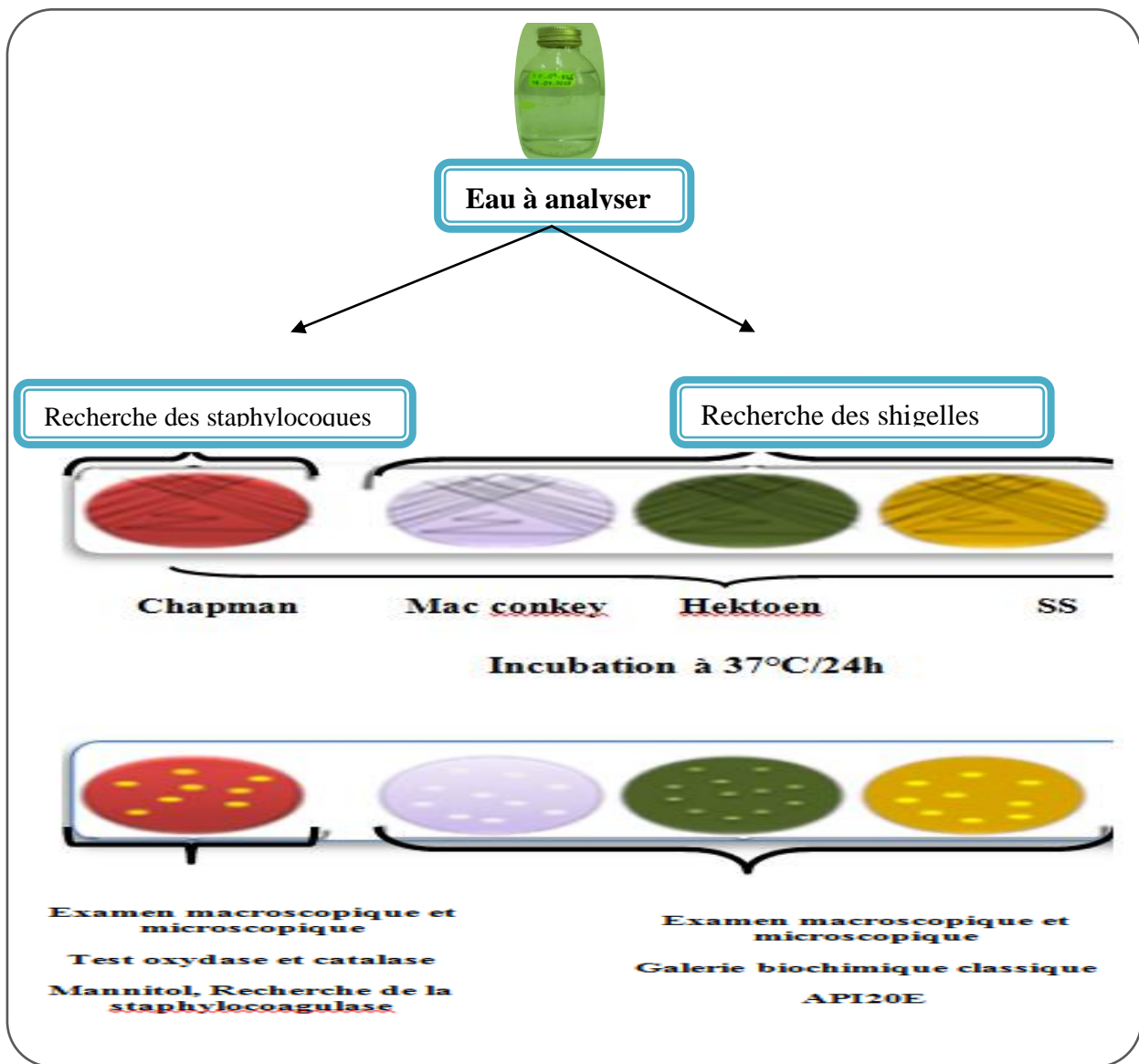


Figure 12 : Recherche des Staphylocoques, *Shigelles*.

4.2.5.2. Recherche des salmonelles

Les salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous formes de bacilles gram négatifs, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S (Bechaa et Khanfri, 2013).

➤ **Mode opératoire**

✚ **Premier enrichissement**

- Introduire 1 ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de Sélénite Cystéine (SFB), puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures (Figure 13).

+ Deuxième enrichissement et isolement

- Un deuxième enrichissement sur milieu SFB en tubes à raison de 1 ml.
- Un isolement sur les géloses Héktoen, SS et Mac Conkey.

+ Lecture des boîtes et identification

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement.
- D'autre part, les boîtes des géloses Hektoen SS et Mac Conkey subira une lecture.

• Identification morphologique et biochimique

- Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).
- Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37°C pendant 24 h, qui va être identifié soit par :
 - * La galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Urée, TDA, VP, RM...).
 - * La galerie biochimique, API 20 E.

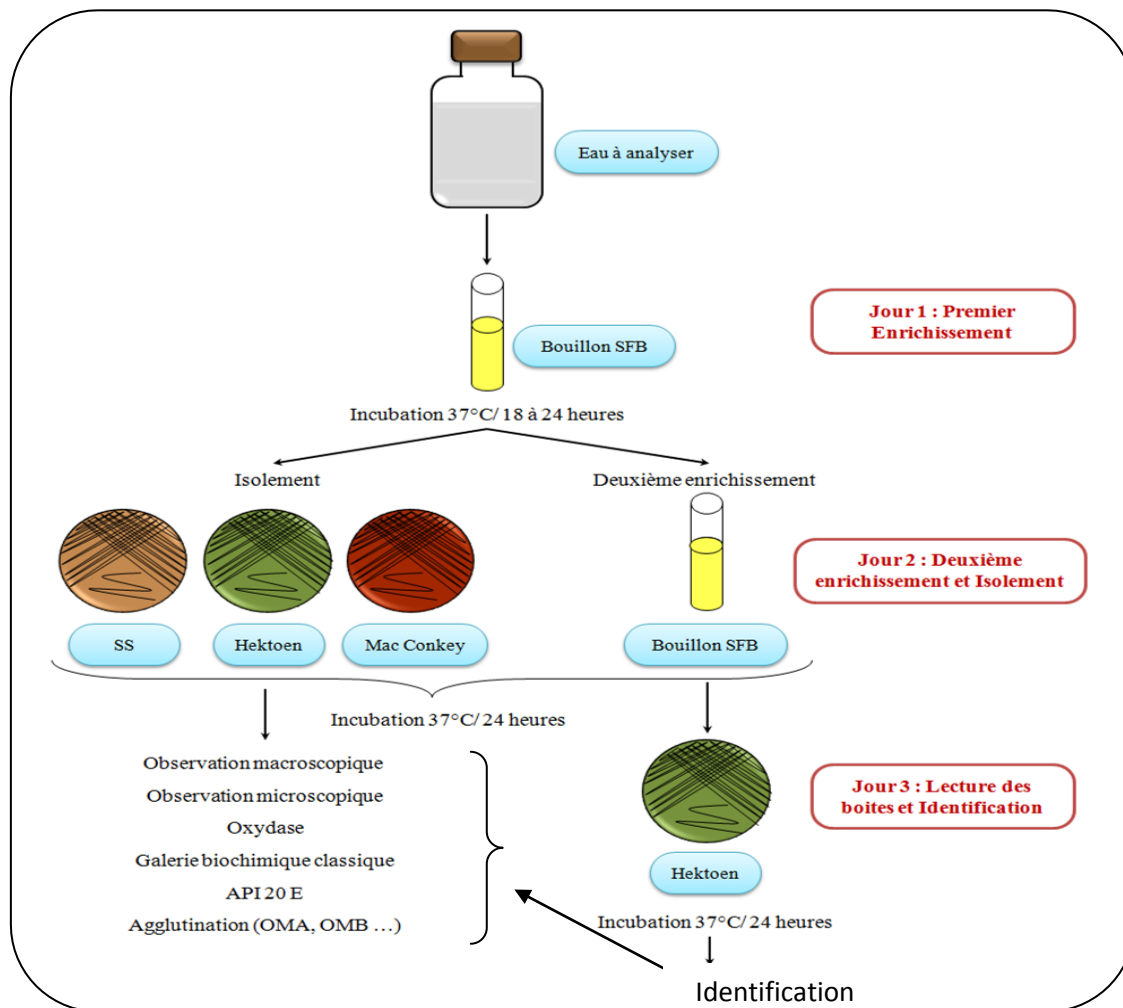


Figure 13: Recherche des Salmonelles (Cheghieb, 2014).

4.2.5.3. Recherche des Shigelles

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif, éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Classiquement elles sont divisées en 4 espèces sur la base des caractères biochimiques et antigéniques : *S. dysenteriae* subdivisée en 16 sérotypes, *S. flexneri* en 6 sérotypes, *S. boydii* en 20 sérotypes, et *S. sonnei* (un seul sérotype) (Lebres, 2002).

- **Culture**

Il n'existe pratiquement pas un milieu d'enrichissement adapté à *Shigella*. Pour chercher du *Shigella*, à partir de l'échantillon mère on prélève 0,1 ml et on l'étale sur la

surface des géloses Hektoen, SS et Mac Conkey par la méthode des quatre quadrants. L'incubation se fait à 35 – 37 °C pendant 18 - 24 heures (Figure 12).

- **Identification**

- Etat frais.
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).
- Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37 °C, 24 h (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H₂S).
- Ensemencement : * Soit d'une galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Urée, TDA, VP, RM ...).

* Ou d'une galerie biochimique API 20 E.

4.2.5.4. Recherche de *Vibrio*

Le genre *Vibrio* fait partie de la famille des *Vibrionaceae*. Les espèces de *Vibrio* qui sont le plus souvent à l'origine de phénomènes pathologiques chez l'homme sont: *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*. Leur température de croissance va de 18 à 40 °C et la zone de pH permettant leur culture va de 6 à 9 (Cohen et Karib, 2007).

Les *Vibrio* sont des bacilles à Gram négatif, droits ou incurvés, assez court, d'un diamètre compris entre 0,5 et 0,8 µm et une longueur comprise entre 1,4 et 2,6 µm , très mobiles grâce à une ciliature polaire, le plus souvent monotriche. Ils sont aéroanaérobies facultatifs et possédant une oxydase et fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H₂S (Harvey et al, 2007 ; Lebres, 2002).

➤ **Mode opératoire**

✚ **Premier enrichissement**

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu eau peptonée alcaline (EPA) réparti à raison de (7ml) en tubes. On ajoute aseptiquement 1ml d'eau à analyser, ce dernier sera par la suite incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures (Figure 14) (Lebres, 2002).

✚ **Deuxième enrichissement et isolement**

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml ;
- D'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB. L'incubation se fait donc à 37 °C pendant 24 heures.

✚ Lecture des boîtes

-D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB ;

-D'autre part, les boîtes de gélose GNAB subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

• Identification morphologique et biochimique

Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, bord réguliers, surface lisse brillantes, translucides sous forme de goutte de rosée.

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais et coloration de Gram ;
- Oxydase (+) ;
- Ensemencement d'une galerie API 20 NE.

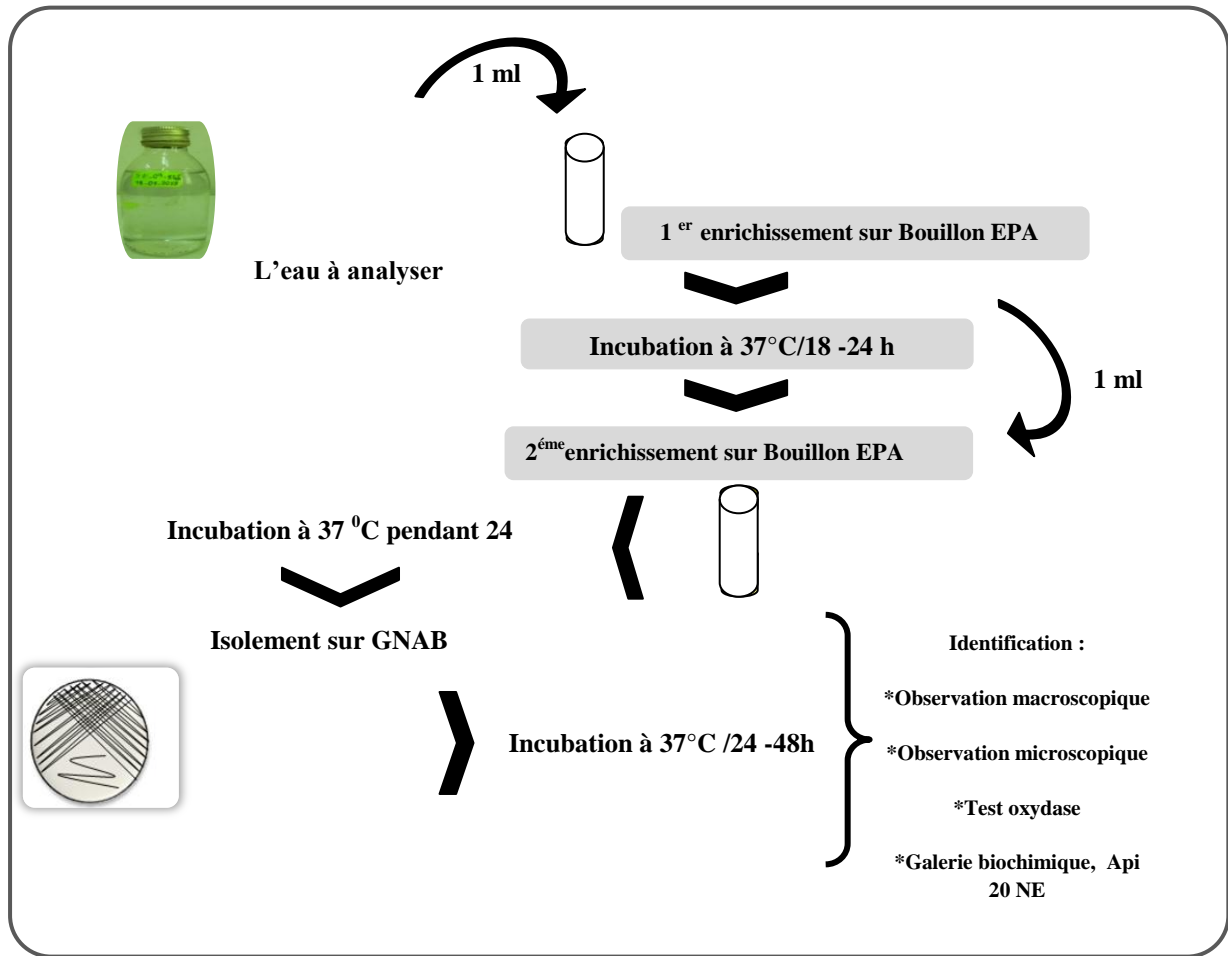


Figure 14: Recherche et identification de *Vibrio* dans les eaux (Oughidni, 2015).

1. Résultats

1.1 Résultat des analyses physico-chimiques de l'eau usée brute et traitée de la STEP

Les résultats de différents paramètres physico-chimiques d'eau usée brute (en amont de la STEP) et traitée (en aval) sont enregistrés dans les figures (15-26).

La température nécessite une mesure momentanée qui dépend de l'heure de prélèvement et du lieu, les résultats de la température de l'eau brute montrent une valeur comprise entre (13,6°C–15,6° C) avec une moyenne égale à (14,87°C) pendant la période d'étude.

Les résultats de la température de l'eau traitée montrent que les valeurs fluctuent entre (13,2°C-16°C) avec une valeur moyenne égale à (14,40°C). Ces valeurs sont inférieures à la norme 30°C, considérée comme valeur limite de rejets des eaux usées (OMS, 1989).

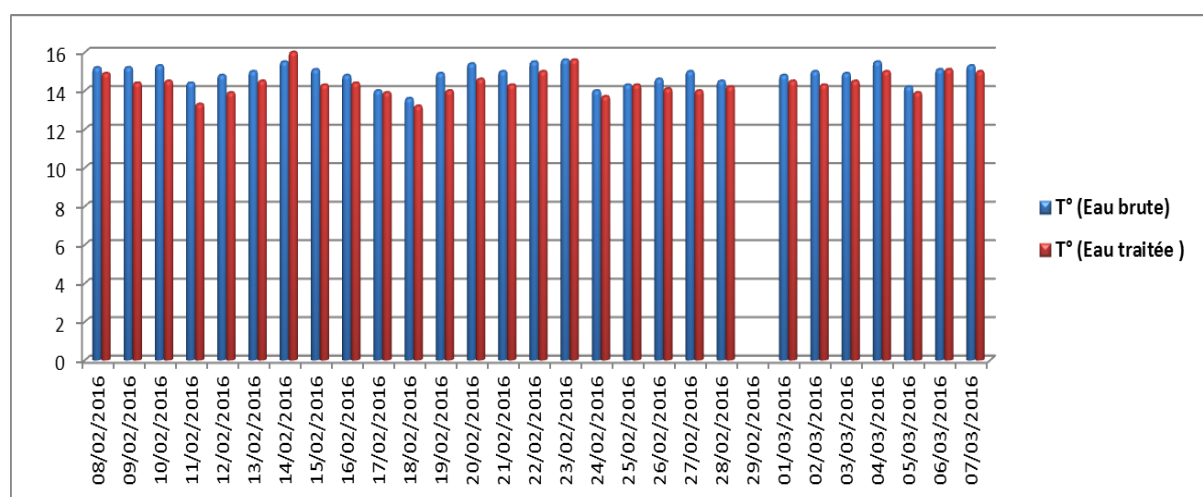


Figure 15: Evolution de la T° de l'eau brute et traitée de la STEP.

Le pH est un caractère fondamental, c'est un indice d'acidité d'une substance dans l'eau. Nos résultats concernant l'eau brute indiquent un pH varie de (6,99-7,8) avec une valeur moyenne de (7,5), respectant la norme des eaux usées délimitées [6 - 9] (OMS, 1989).

Après traitement d'eau brute, on note que le pH se situe entre (6,87-7,6) avec une valeur moyenne égale à 7,3. ces valeurs restent inférieurs aux normes Algériennes (6,5 - 8,5) et celle de l'OMS (OMS, 1989).

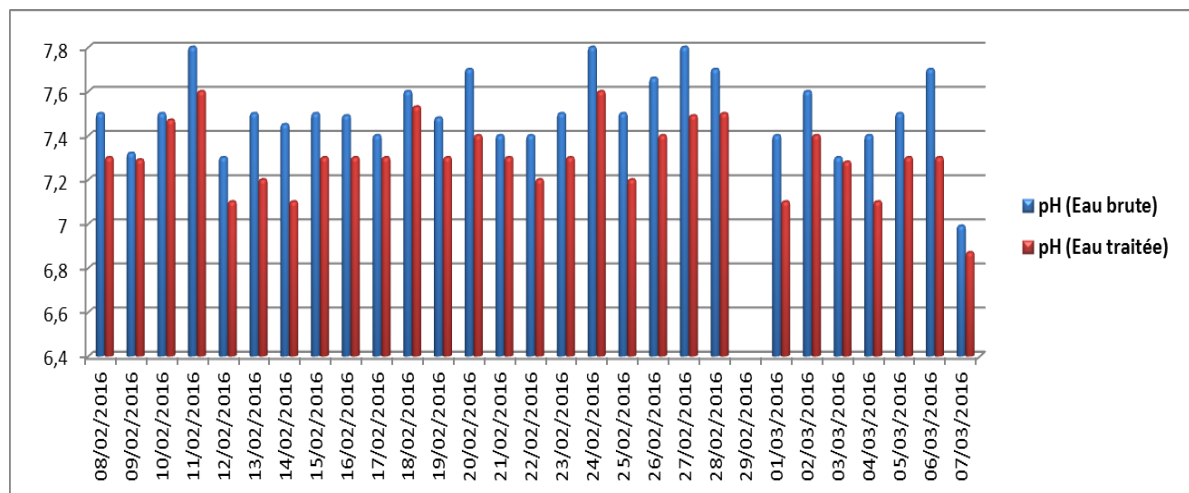


Figure 16: Evolution du pH de l’eau brute et traitée de la STEP.

Pour la minéralisation des eaux, la valeur de la conductivité électrique enregistrée de l’eau brute se situe entre (1150 $\mu\text{S/cm}$ et 1370 $\mu\text{S/cm}$) avec 1270 $\mu\text{S/cm}$ comme valeur moyenne, ces résultats restent toujours inférieur à la norme algérienne (J.O.R.A, 2006).

Concernant la conductivité électrique de l’eau traitée, les résultats enregistrés sont comprise entre (1030 $\mu\text{S/cm}$ 1300 $\mu\text{S/cm}$) avec une valeur moyenne égale à 1160 $\mu\text{S/cm}$. Les valeurs observées sont situées dans la plage des valeurs admissibles recommandées par la FAO qui sont inférieurs à 3000 $\mu\text{S/cm}$, et même ils sont inférieurs à la norme algérienne pour les eaux d’irrigation qui exige une conductivité électrique inférieure à 2000 $\mu\text{S/cm}$ (JORA, 2006).

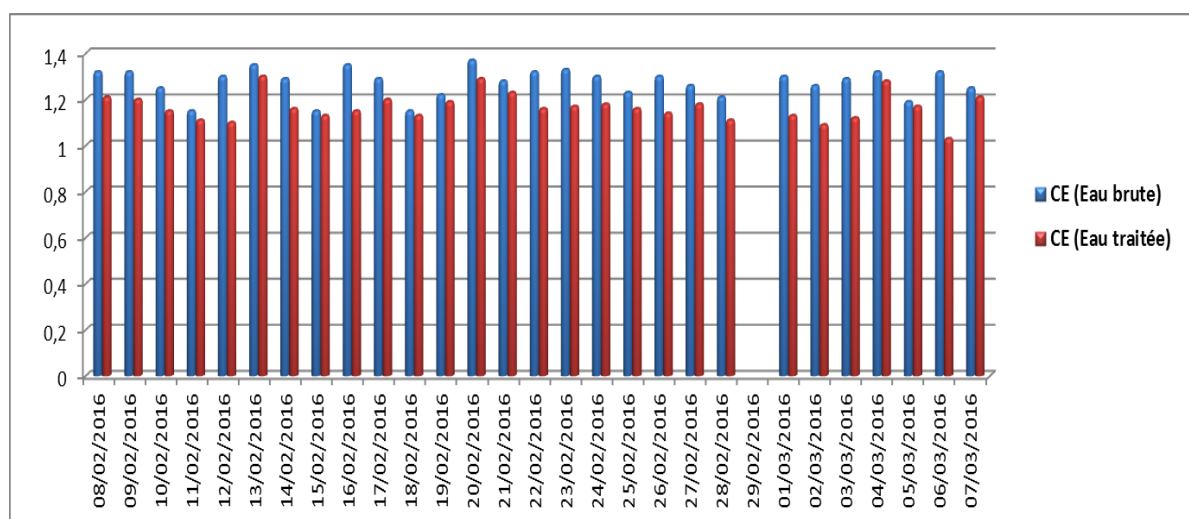


Figure 17: Evolution de la CE de l’eau brute et traitée de la STEP.

Pour l'ensemble des prélèvements de l'eau usée brute, l'oxygène dissous présente des valeurs passables oscillent entre (2,28mg/l - 4, 5mg/l), avec une valeur moyenne (2 ,96 mg/L),

Concernant l'oxygène dissous de l'eau traitée de la STEP, les résultats enregistrés sont comprise entre (2,85mg/l - 5,6mg/l) avec (4,9mg /L) comme valeur moyenne.

Ces valeurs sont inférieures à (5mg/l) qui est la norme citée par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006) et l'OMS (1989).

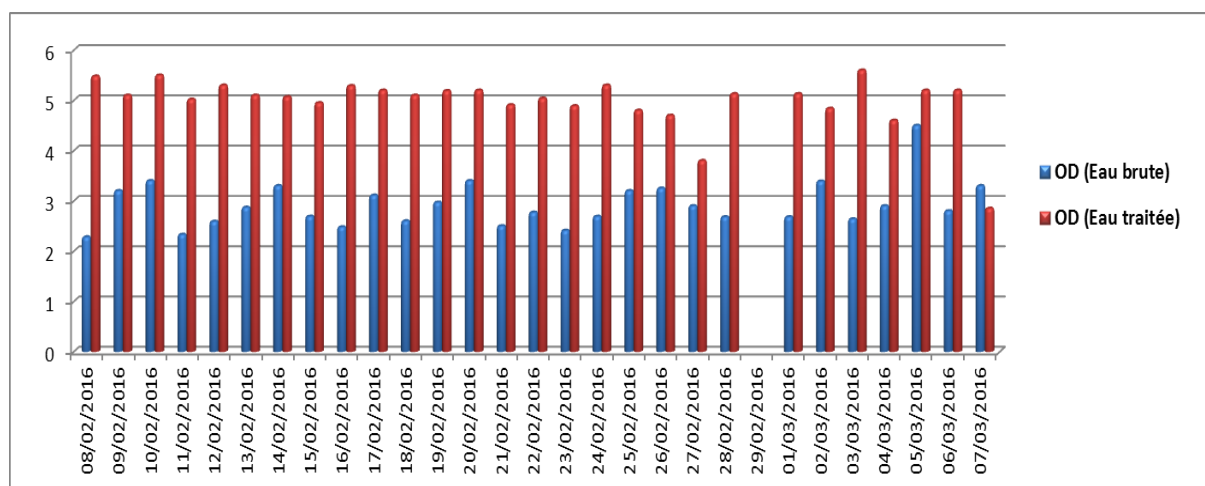


Figure 18: Evolution de l'OD de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les valeurs enregistrées de potentiel redox de l'eau usée brute de la STEP oscillent entre (100mV-340 mV) avec une valeur moyenne de (220 ,28 mV).

Après traitement de l'eau brute, les valeurs enregistrées sont (199mV-367mV) avec une valeur moyenne de (203 mV). Les valeurs sont positives ce qui indique un pouvoir oxydant important.

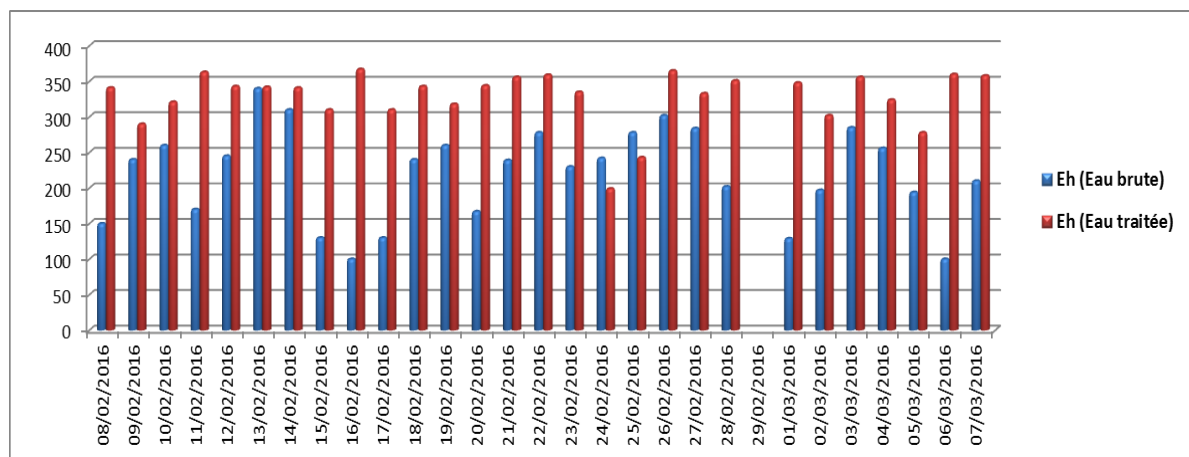


Figure 19: Evolution de l'Eh de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les principaux paramètres de qualité habituellement étudié pour évaluer de façon indirecte la charge organique globale contenue dans une eau usée sont la demande biochimique en oxygène (DBO₅) représentant la qualité de matière organique biodégradable, et la demande chimique en oxygène (DCO) qui rend compte de la qualité des principaux éléments carbonés biodégradables ou non, susceptibles d'être oxydés chimiquement dans le milieu récepteur.

Les résultats de la température de l'eau brute montrent une valeur comprise entre (120 mg/l et 289 mg/l); avec une valeur moyenne de (202,37mg/l) pendant la période d'étude.

Les résultats de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) de l'eau traitée, montrent que les valeurs fluctuent entre (5mg/l et 33mg/l) avec (19,25 mg/l) comme valeur moyenne.

Ces résultats restent inférieurs à la norme Algérienne (35mg/l) (J.O.R.A, 2006) et à celle de l'OMS qui fixe la teneur de la DBO₅ à 30 mg/l (OMS ,1989).

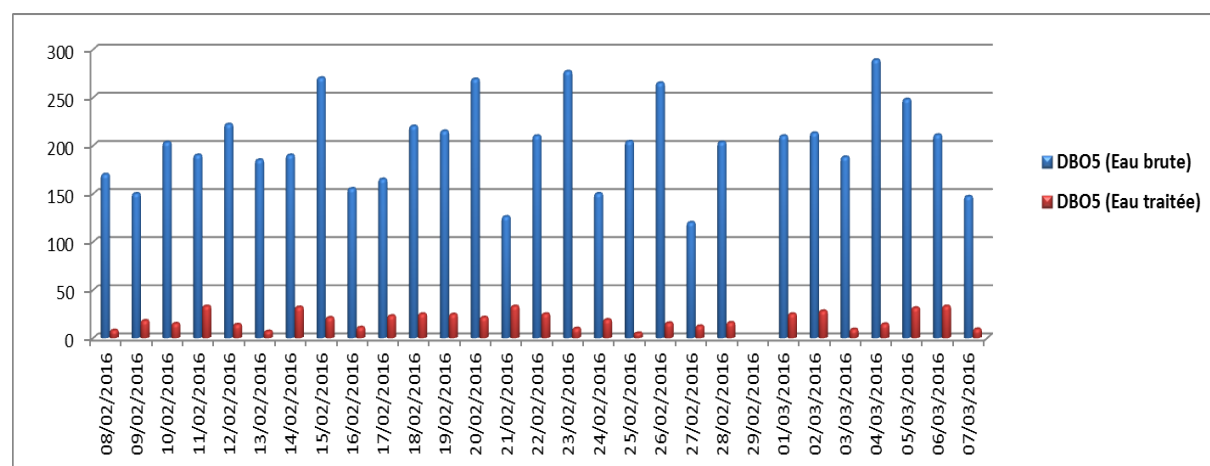


Figure 20: Evolution du DBO₅ de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les valeurs enregistrées de la DCO de l'eau brute sont de (202 mg/l - 323,68 mg/l), avec une valeur moyenne de (323,25 mg/l), par ailleurs ces résultats dépassent la norme algérienne des rejets (120 mg/l), celle du Journal Officiel de la Communauté Européenne (125 mg/l), dépassent largement les normes de l'OMS (<90 mg/l), et celles des eaux destinées à l'irrigation (<40 mg/l).

Concernant la demande chimique en oxygène (DCO) de l'eau traitée, les résultats enregistrés sont compris entre (9,21mg/l - 78mg/l) avec (38,87mg/l) comme valeur moyenne.

Ces valeurs restent inférieures à la norme algérienne des rejets (120 mg/l), celle du Journal Officiel de la Communauté Européenne (125 mg/l) ainsi qu'aux normes de l'OMS (<90 mg/l).

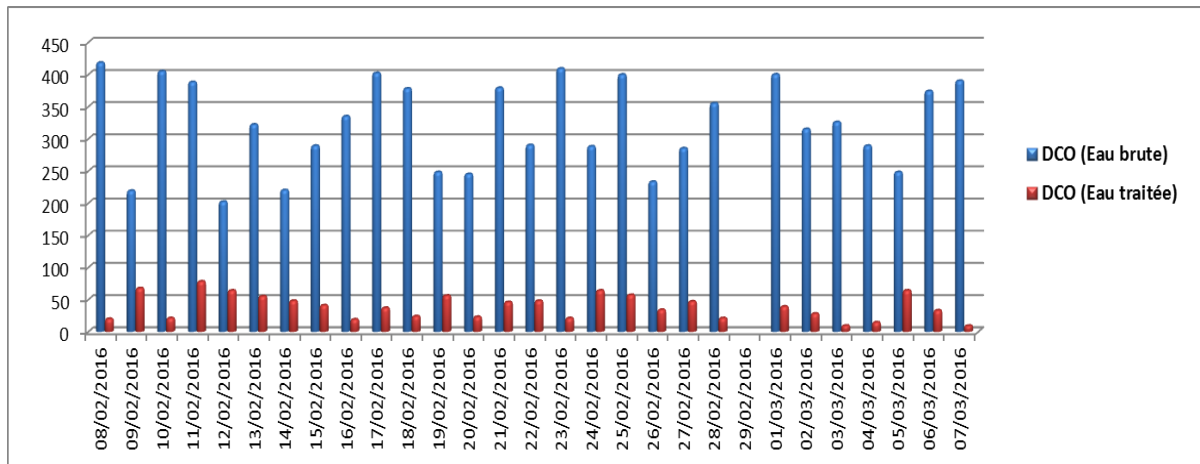


Figure 21: Evolution de la DCO de l'eau brute et traitée de la STEP.

En ce qui concerne la teneur enregistrée de la matière en suspension (MES) de l'eau brute oscillent entre (101mg/l et 320mg/l) avec(208,75mg/l) comme valeur moyenne, ces résultats dépassent très loin la valeur admissible par la norme des rejets de l'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal Officiel Algérien limitée à 35 mg/l (JORA, 2006).

Nous constatons une diminution des MES de l'eau brute traitée, Les valeurs enregistrées comprise entre (4mg/ - 27mg/l) avec une valeur moyenne égale à (13,19mg/l). Ces résultats restent toujours inférieures aux normes des rejets selon l'OMS (30 mg/l) et à celle du Journal Officiel de la république Algérienne limitée à 35 mg/l. (JORA, 2006).

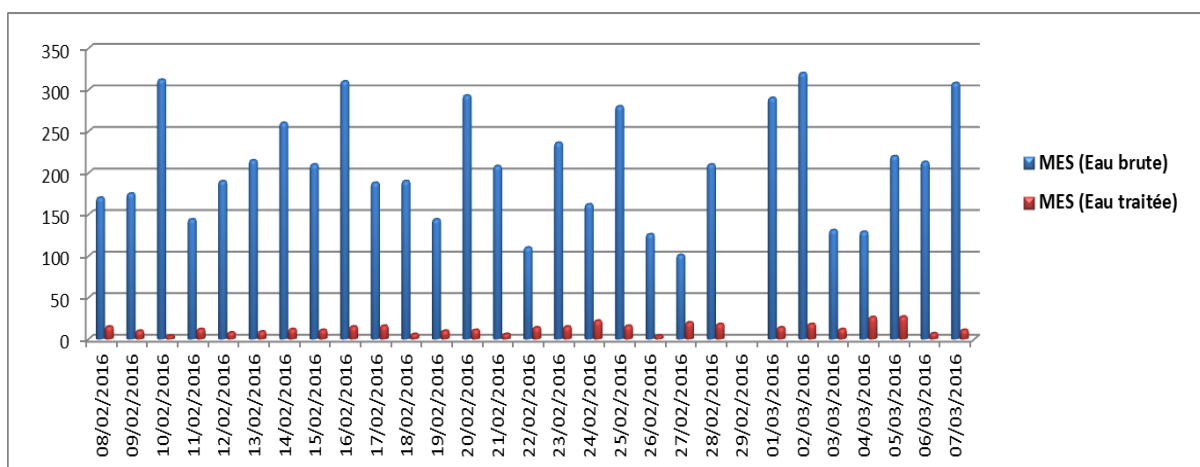


Figure 22: Evolution du MES de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les résultats obtenus concernant les Nitrates de l'eau usée brute sont variés entre (0,2mg/l - 3,56mg/l) avec une valeur moyenne égale à (2,16mg/l). Les teneurs en nitrate ne dépassent pas les normes (30 mg/l) (J.O.R.A, 2006) et celle de l'OMS (50 mg/l).

Les teneurs enregistrées des nitrates de l'eau traitée comprise entre (3mg/l -19mg/l) avec une valeur moyenne égale à 12,07mg/l. Les teneurs en nitrate ne dépassent pas les Normes de Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006), Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (23).

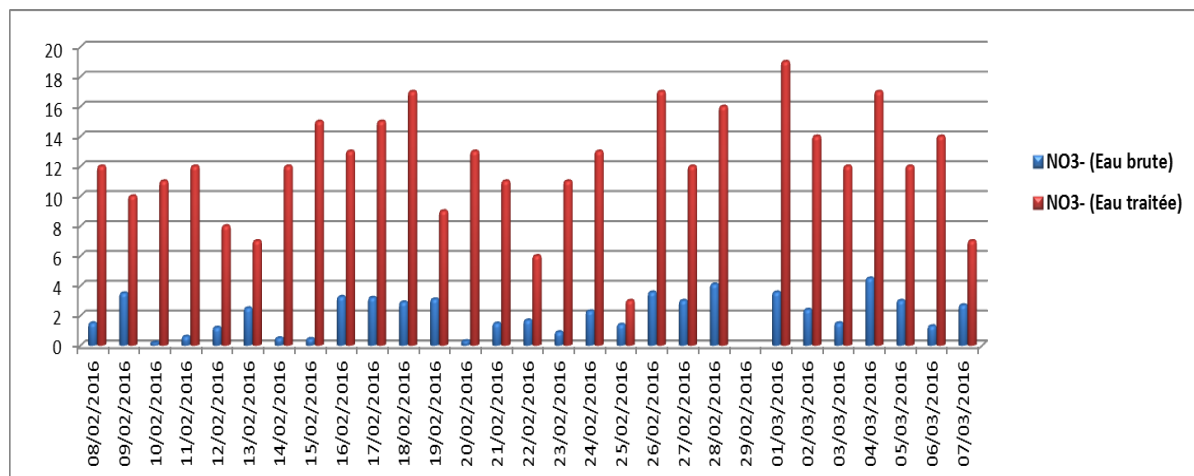


Figure 23: Evolution du NO₃⁻ de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les valeurs enregistrées des nitrites de l'eau usée brute sont oscillent entre (1.1mg/l - 1,9mg/l) avec une valeur moyenne de l'ordre de (1,47mg/l).

Après traitement de l'eau usée brute, les résultats des nitrites fluctuent entre (0,4mg/l - 1,16mg/l) avec une valeur moyenne égale à (0,8 mg/l).

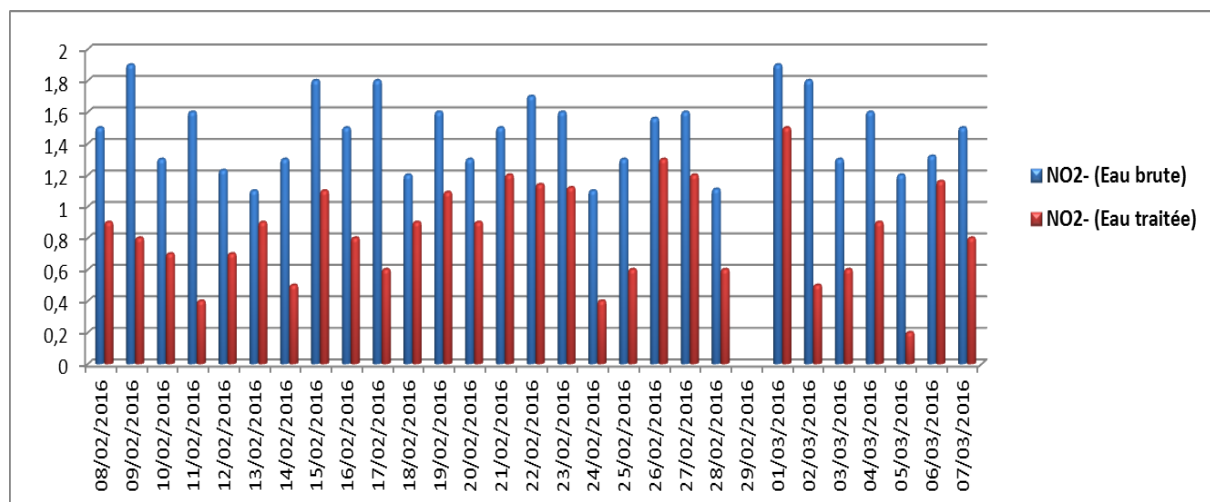


Figure 24: Evolution du NO₂⁻ de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les valeurs enregistrées de l'Azote ammoniacal de l'eau brute sont variées entre (21mg/l - 33mg/l) avec une valeur moyenne égale à (27,49mg/l).

Concernant l' NH_4^+ de l'eau traitée, les résultats enregistrés sont compris entre (1,6mg/l - 6,32mg/l) avec (3,83mg/l) comme valeur moyenne.

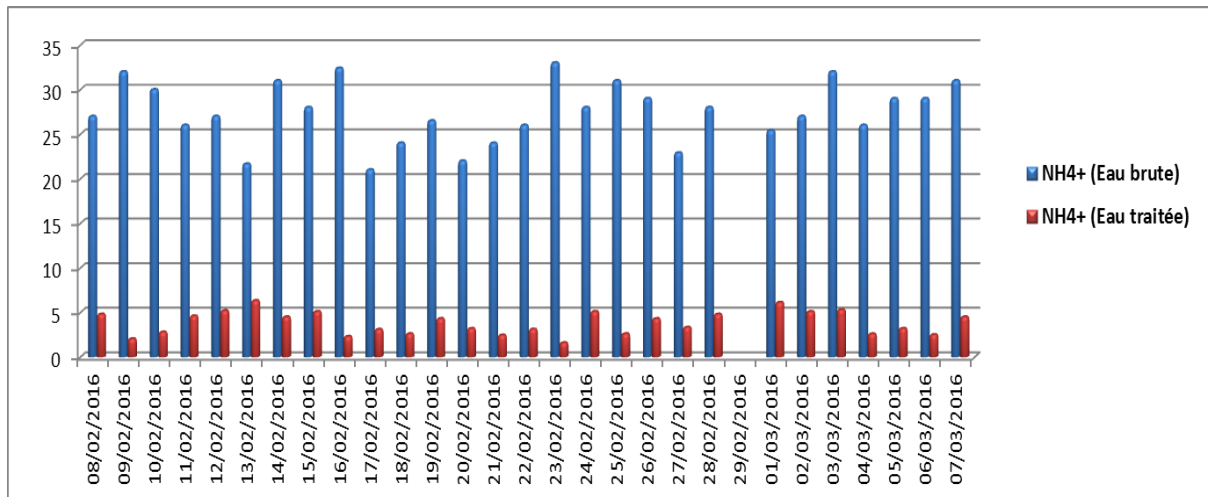


Figure 25: Evolution du NH_4^+ de l'eau brute et traitée de la STEP.

Pour les Orthophosphates de l'eau brute, les résultats enregistrés oscillent entre (0,4mg/l à 1,9mg/l) avec une valeur moyenne (1,14mg/l), ces valeurs sont inférieures à la norme (2 mg/l) admissible par le Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006).

En ce qui concerne les Orthophosphates de l'eau traitée, les valeurs enregistrées fluctuent entre (0,1 mg/l à 1,3 mg/l) avec une valeur moyenne (0,64 mg/l), Ces valeurs restent inférieures à la Norme du Journal de la République Algérienne (J.O.R.A, 2006).

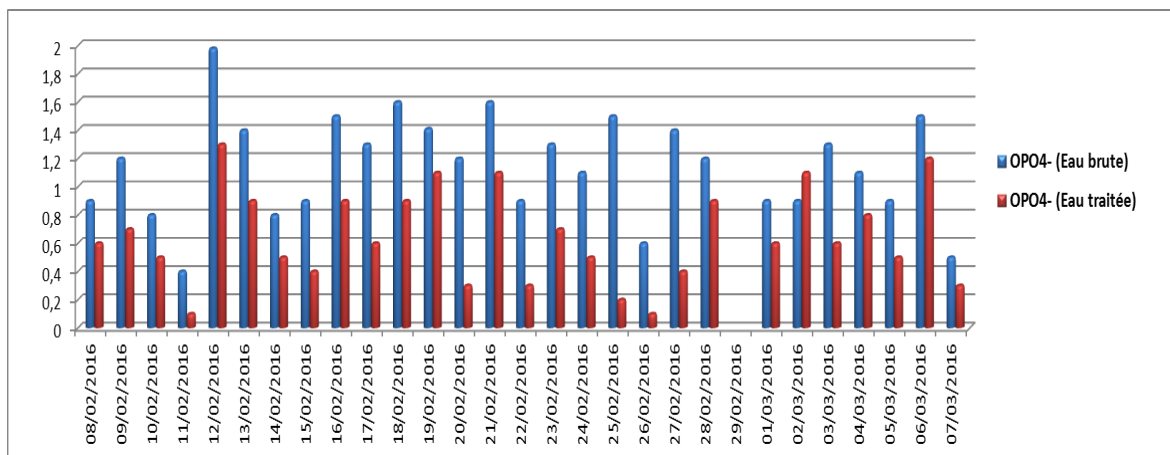


Figure 26: Evolution de l' OPO_4^{3-} de l'eau brute et traitée de la STEP.

1.2 Résultat des analyses bactériologiques de l'eau usée brute et traitée de la STEP

Les résultats bactériologiques des eaux usées brutes et traitées sont représentées dans les figures (27 - 30) et les tableaux (02 et 03).

Les résultats de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) de l'eau brute sont respectivement de l'ordre de ($4,16 \cdot 10^4$ germes/ml ; $5 \cdot 10^4$ g/ml ; $9,4 \cdot 10^4$ germes/ml) avec une valeur moyenne égale à ($6,18 \cdot 10^4$ germes/ml), avec une valeur maximale enregistrée au mois de Février.

Nous constatons une diminution de la FMAT dans les eaux traitées, les valeurs enregistrées oscillent entre ($0,43 \cdot 10^4$ germes/ml - $2,44 \cdot 10^4$ germes/ml) avec une valeur moyenne de ($1,69 \cdot 10^4$ germes/ml). La valeur maximale est enregistrée au mois de Mars (figure 27).

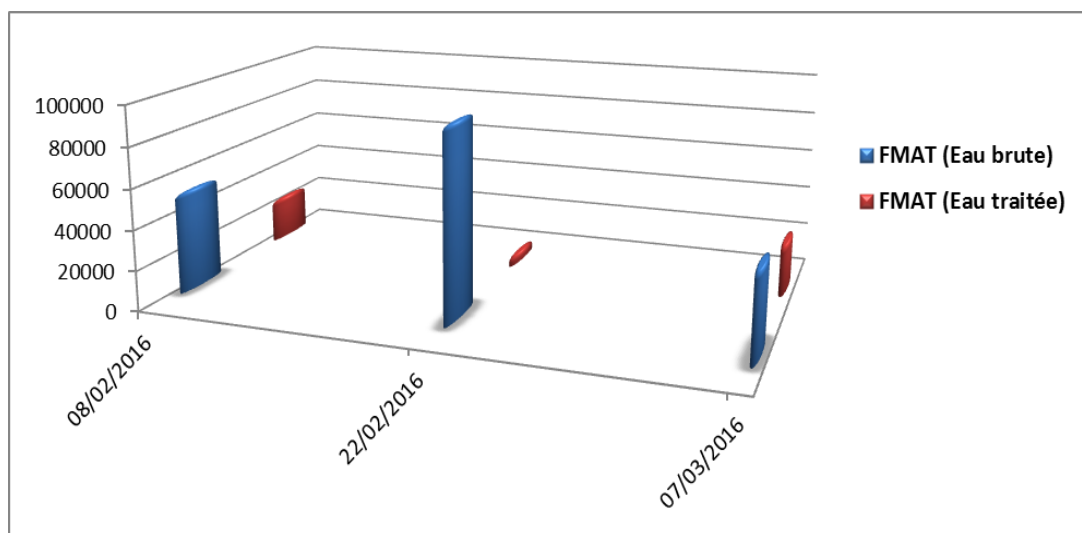


Figure 27: Evolution de la FMAT de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les figures (28 et 29) représentent l'évolution de coliformes totaux et fécaux dans l'eau brute et traitée de la STEP.

Le dénombrement des coliformes totaux de l'eau brute fluctue entre ($11 \cdot 10^4$ germes/100ml - $14 \cdot 10^4$ germes/100ml) avec une moyenne de ($13 \cdot 10^4$ germes/100ml). La répartition des coliformes totaux montre une augmentation du nombre de germes au mois de Février et une diminution au mois de Mars.

Après traitement, les valeurs enregistrées pour les CT sont respectivement de l'ordre de ($0,14 \cdot 10^4$ germes/100 ml ; $0,14 \cdot 10^4$ germes/100 ml et $7 \cdot 10^4$ germes/100 ml) avec une moyenne de $2,42 \cdot 10^4$ germes/100 ml.

La répartition des coliformes totaux montre une diminution du nombre de germes au mois de Février et une augmentation au mois de Mars.

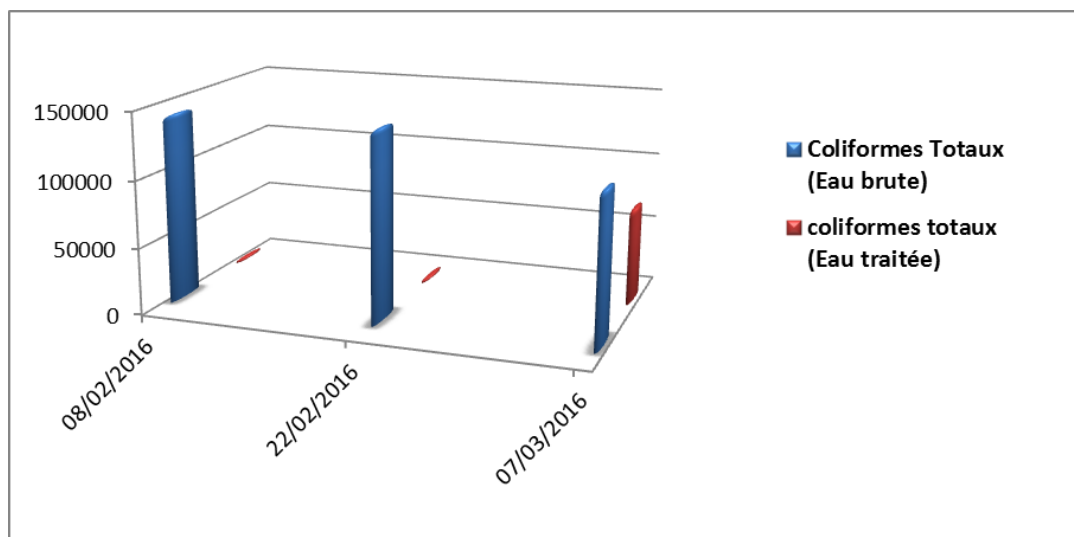


Figure 28: Evolution des coliformes totaux de l'eau brute et traitée de la STEP.

Les valeurs enregistrés pour les CF de l'eau brute sont comprises entre $(11.10^4$ germes/100ml et 14.10^4 germes/100ml) avec $(13.10^4$ germes/100ml) comme valeur moyenne. Nous constatons que la valeur maximale est enregistrée au mois de Février et la valeur minimale au mois de Mars. Ces résultats dépassent largement les normes de la directive OMS (< 1000 germes/100 ml) pour les eaux destiné à l'irrigation.

Pour l'ensemble des prélèvements de l'eau traitée de la STEP, les coliformes fécaux présente des valeurs oscillent entre $(0,004.10^4$ germes/100ml et 7.10^4 germes/100ml) avec une valeur moyenne égale à $(2,38.10^4$ germes/100ml).

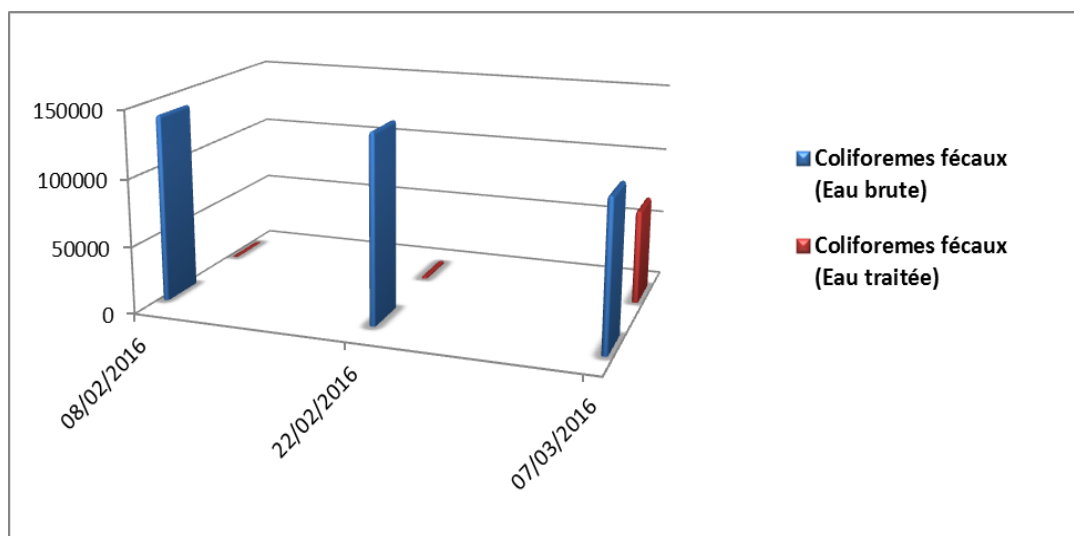


Figure 29: Evolution des coliformes fécaux de l'eau brute et traitée de la STEP.

La figure (30) représente l'évolution des Streptocoques fécaux dans l'eau brute et traitée de la STEP, les résultats enregistrés des SF sont respectivement de l'ordre de (11.10^2 germes/100ml; 300.10^2 germes/100ml; 11.10^4 germes/100ml), avec une valeur moyenne de ($3,22.10^4$ germes/100ml).

Concernant les résultats de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux de l'eau traitée, les concentrations déterminées sont respectivement de l'ordre de (4.10^2 germes/100ml; 14.10^2 germes/100ml; 75.10^2 germes/100ml) avec une valeur moyenne de ($0,31.10^4$ germes/100ml). La valeur maximale est enregistrée au mois de Mars et la valeur minimale au mois de Février.

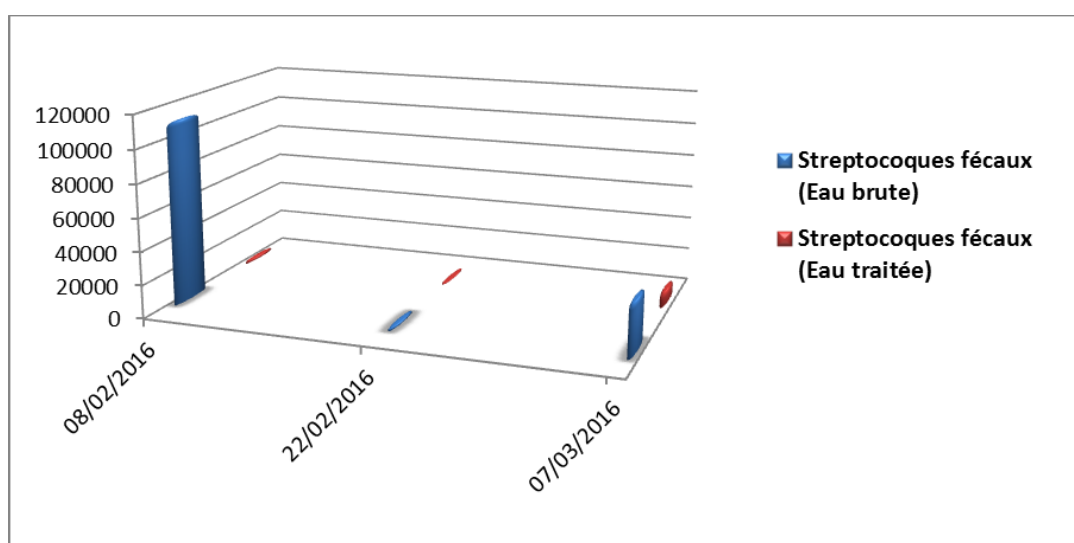


Figure 30: Evolution des Streptocoques fécaux de l'eau brute et traitée de la STEP.

En ce qui concerne les résultats de la recherche et dénombrement des Clostridium sulfito réducteurs dans les eaux brutes avant et après traitement par la STEP montrent l'absence de celles-ci dans nos prélèvements.

La recherche des bactéries *Vibrio cholérique* et des Salmonelles, dans nos prélèvements d'eau brute et d'eau traitée de la STEP et pendant toute la période de l'étude, a montrée l'absence de celles-ci.

Alors que les résultats concernant la recherche des Staphylocoques dans les eaux usées ont révélé la présence, durant le 1^{er} prélèvement dans l'eau brute (1700 germes/ml), et leurs absences dans tous les autres prélèvements effectués d'eau brute et d'eau traitée de la STEP (Tableau 03).

Tableau 02 : Résultat d'analyse bactériologique de l'eau brute et traitée de la STEP

Date de prélèvement	paramètres		Eau brute	Eau traitée
8-02-2016	Flore mésophile aérobie total (g/ml)		5.10^4	$2,2.10^4$
	Coliformes (germe / 100ml)	totaux	14.10^4	$0,14.10^4$
		fécaux	14.10^4	$0,004.10^4$
	Streptocoques Fécaux (germe / 100ml)		11.10^4	14.10^2
	Clostridium sulfito réducteur (germe /20ml)		Absence	Absence
	Rapport CF/SF		1,27	0,028
22-02-2016	Flore mésophile aérobie total (g/ml)		$9,4.10^4$	$0,43.10^4$
	Coliformes (germe / 100ml)	totaux	14.10^4	$0,14.10^4$
		fécaux	14.10^4	$0,14.10^4$
	Streptocoques Fécaux (germe / 100ml)		11.10^2	4.10^2
	Clostridium sulfito réducteur (germe /20ml)		Absence	Absence
	Rapport CF/SF		127,27	3,5
07-02-2016	Flore mésophile aérobie total (g/ml)		$4,16.10^4$	$2,44.10^4$
	Coliformes (germe / 100ml)	totaux	11.10^4	7.10^4
		fécaux	11.10^4	7.10^4
	Streptocoques Fécaux (germe / 100ml)		300.10^2	75.10^2
	Clostridium sulfito réducteur (germe /20ml)		Absence	Absence
	Rapport CF/SF		3,66	9,33

Tableau 03: Résultat de recherche des germes pathogènes d'eau brute et traitée de la STEP

Date de prélèvement	paramètres	Eau brute	Eau traitée
08-02-2016	Staphylocoques	1700g/ml	Absence
	Salmonelles	Absence	Absence
	<i>Vibrio cholérique</i>	Absence	Absence
22-02-2016	Staphylocoques	Absence	Absence
	Salmonelles	Absence	Absence
	<i>Vibrio cholérique</i>	Absence	Absence
07-03-2016	Staphylocoques	Absence	Absence
	Salmonelles	Absence	Absence
	<i>Vibrio cholérique</i>	Absence	Absence

2. Discussion

Le recyclage est la solution choisie pour améliorer la disponibilité des ressources et réduire la pollution (Takashi, 1998). L'utilisation croissante des eaux usées brutes ou traitées à des diverses fins à travers le monde a contribué au développement de lignes directrices pour protéger l'environnement et la santé publique. A cet égard, la qualité de l'eau réutilisée est d'une importance capitale.

L'eau usée traitée collectée à la sortie des stations d'épuration représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture.

Actuellement l'Algérie se penche vers la réutilisation des EUT en agriculture, Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants est estimé à 58 300 m³ par an. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare (Medkour, 2002).

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques (Djeddi, 2006).

Dans cette étude, nous nous sommes fixés pour but un suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la station d'épuration (Wilaya de Guelma) avant et après traitement par la STEP, nous avons ensuite comparé les résultats de ces eaux avec les réglementations de l'OMS et de JORA.

L'analyse de la température est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration (Rodier, 2006).

Généralement, les valeurs moyennes de la température des eaux usées au cours des périodes d'étude varient entre 14,87°C et 14,40°C avant et après traitement par la STEP, Ces valeurs restent inférieures à la norme Algérienne (<30), considérée comme valeur limite de

rejets des eaux directs dans le milieu récepteur (OMS, 1989) et aussi une valeur limite indicative pour les eaux usées destinées à l'irrigation des cultures (JORA, 2006).

Le potentiel d'Hydrogène est un indicateur de la pollution, il varie suite à la nature des effluents basiques (Cuisson, lavage...) ou acide (les acide acétique et les dérivés chlorés...). La gamme du pH biologique se situe entre 6,5 et 8,5. En dehors de cette gamme, le pH a des effets néfastes sur la vie aquatique et bloque les processus d'autoépuration, une baisse de pH peut augmenter la toxicité (Rodier, 1996). Pendant notre période d'étude, les analyses effectuées montrent que le pH de l'ensemble des échantillons des eaux brutes utilisées avant et après traitement varie entre 7,5 et 7,3 respectivement. Les valeurs de pH mesurés sont proches de celles proposées par les normes Algériennes de qualité des eaux usées destinées à l'irrigation, se trouve dans l'intervalle admis (6,5-8,5) considéré comme valeur limite des rejets des effluents liquide déversés dans le milieu naturel (JORA, 2006).

Le potentiel redox est une grandeur de mesure permettant de quantifier la présence d'oxydant dans un fluide dans certaines conditions. Lorsqu'il est positif il traduit une activité électronique faible, donc une capacité à prendre des électrons (pouvoir oxydant), inversement quand les valeurs du potentiel redox sont négatives (ils absorbent des électrons), il entend une capacité importante à prendre les électrons (Sadek et *al.*, 2012). Durant notre étude, toutes les valeurs du potentiel redox sont positives, dans les deux cas de l'eau de la STEP ; pour l'eau brute et traitée la valeur est de l'ordre de 220,28 mV et 203 mV respectivement indique un pouvoir oxydant important (Rejesk, 2002).

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques. Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique dans l'autoépuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau. L'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état de l'eau et d'autre part il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles de l'oxygénées dissous favorisent le développement des germes pathogènes (Belghiti et *al.*, 2013).

Les résultats obtenus montrent que l'oxygène dissous (O_2) des eaux usées brutes avant et après traitement varie entre 2,96 mg/l et 4,9mg/l, les valeurs après traitement dépassent

légèrement la norme de l’OMS (1989) et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2006).

La conductivité électrique d’une eau est définie comme étant la conductance d’une colonne d’eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 , elle s’exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La mesure de la conductivité permet d’évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l’eau et d’en suivre l’évolution (Bremont et Vuichard, 1973).

Les analyses effectuées montrent que les valeurs de la conductivité électrique de l’ensemble des échantillons des eaux brutes avant et après traitement varient de $1270 \mu\text{S}/\text{cm}$ à $1160 \mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement notamment inférieure à $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ qui est la norme européenne des rejets et inférieure à $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ qui est la norme Algérienne (JORA, 2006).

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l’eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l’irrigation des cultures (Faby, 1997).

Les matières en suspension, représentent l’ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La quantité de la matière en suspension dans les eaux brutes est de l’ordre de $208,75 \text{ mg}/\text{l}$, cette dernière dépasse la norme Algérienne qui fixe la teneur de MES à $35 \text{ mg}/\text{l}$ (JORA, 2006) et celle de l’OMS (1989). Ces résultats sont liés souvent à la charge importante en matières organique et minérale engendrées par les diverses activités de la population urbaine (Souiki, 2008), Nos résultats concordent ceux de (Sadek et al., 2012).

Après traitement des eaux usées brutes, La quantité moyenne de la matière en suspension obtenus égale à $13,19 \text{ mg}/\text{l}$, cette valeur reste inférieure à la norme de l’OMS (OMS, 1989) et celle du Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A ,2006).

La demande Biochimique en Oxygène exprime la quantité d’oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d’une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données (5 jours à 20°C , à l’abri de la lumière et de l’air) on parle alors de la DBO_5 (Belghiti et al., 2013). La valeur moyenne enregistrée de la DBO_5 des eaux brutes est de l’ordre de $202,37 \text{ mg}/\text{l}$, cette valeur de la DBO_5 dépasse la Norme Algérienne qui fixe la teneur de la DBO_5 à $35 \text{ mg}/\text{l}$ (J.O.R.A ,2006) et celle de l’OMS qui fixe la teneur de la DBO_5 à $30 \text{ mg}/\text{l}$ (OMS ,1989).

La valeur moyenne enregistrée de la DBO₅ des eaux usées traitée est 19,25 mg/l, cette valeur de la DBO₅ est inférieure à la norme Algérienne qui fixe la teneur de la DBO₅ à 35 mg/l (JORA, 2006) et celle de l'OMS (1989).

La demande chimique en oxygène (DCO) est un indicateur de la teneur en matière organique et en sels minéraux oxydables. La valeur moyenne enregistrée de la DCO des eaux brutes est de l'ordre de 323,25 mg/l, cette valeur dépasse largement la norme du Journal Officiel de la République Algérienne qui fixe la teneur de la DCO à 120 mg/l (J.O.R.A, 2006), et supérieure aux normes de l'OMS qui fixe la teneur à 90 mg/l (OMS, 1989).

La valeur moyenne enregistrée de la DCO des eaux traitée est de l'ordre de 38,87mg/l, cette teneur est inférieure aux normes fixées par la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation et restent dans les normes fixées à 125 mg/l considérée comme valeur limite de rejet direct pour les stations d'épuration. (Bedouh, 2014).

La valeur moyenne en nitrate dans les eaux brutes et traitées est respectivement de l'ordre de (2,16 mg/l - 12,07 mg/l). Les nitrates sont le résultat direct de l'oxydation de l'ammoniac en passant par les nitrites qui est un élément peu stable sauf en cas d'insuffisance d'oxydant où on note une accumulation de ce dernier (Djeddi, 2006).

La présence des nitrates dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration indique que le processus de nitrification est déjà présent, alors que l'augmentation des teneurs en nitrates vers la sortie de celle-là prouve que la nitrification est encore plus poussée au cours de l'épuration biologique où l'utilisation de bactéries nitrifiantes en grande masse à côté d'une oxygénation importante fait que les quantités d'azote ammoniacal sont transformées en azote nitrique (Djeddi, 2006).

Selon Ayers et Westcot (1989), les teneurs en nitrates des eaux usées brutes et traitée sont situées dans la gamme habituelle (0-10mg/l) des eaux destinées à l'irrigation.

Etant donné que le processus de nitrification est relatif à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrates, et que les nitrites résultent de la 1^{ère} étape de ce processus, les valeurs moyennes des nitrites des eaux usées au cours des périodes d'étude varient entre 1,47mg/l et 0,83 mg/l avant et après traitement par la STEP.

Au niveau de la station d'épuration on note que les teneurs moyennes en azote ammoniacal diminuent de l'entrée (27.4 mg/l) vers la sortie (3.83 mg/l).

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

Les valeurs enregistrées obtenus pour l'ammoniaque sont incluses dans la gamme habituelle d'une eau destinée à l'irrigation (0-5 mg/l) selon Ayers et Westcot (1989).

La valeur moyenne des Orthophosphates dans l'eau brute est de l'ordre de (1,14mg/l) ainsi que ; les valeurs des Orthophosphates OPO_4^{-3} dans les eaux brutes après traitement égale à (0,64mg/l), Ces valeurs sont inférieures à la norme (2 mg/l), considérée comme valeur limite de rejets directs dans le milieu récepteur (J.O.R.A, 2006).

La diminution des teneurs en Orthophosphates de l'entrée de la station vers la sortie est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration (Djeddi, 2006).

La numération de la flore mésophiles aérobies totales n'a que peu de valeurs si elle n'est pas réalisée régulièrement et à divers moment de l'année, en effet il n'as pas d'indicateur spécifique d'un type de pollution autre d'origine fécale, susceptible de contenir également des pathogènes tels que la pollution urinaire....etc, la FMAT est utilisé comme indicateur de pollution globale, cependant le dénombrement de ces germes nous donne une idée sur la charge en microorganismes dans les eaux usées traitées, il est également utilisé comme indicateur d'efficacité de traitement biologique (Fagrouch et *al.*,2010 ; Rodier ,2009).

Les résultats de dénombrement de la FMAT dans les eaux usées brutes et les eaux traitées sont respectivement de l'ordre de ($4,16.10^4$ germes/ml ; 5.10^4 germes/ml ; $9,4.10^4$ germes/ml) avec une valeur moyenne égale à ($6,18.10^4$ germes/ml), Ce nombre important de la FMAT peut indiquer la présence des germes pathogènes (El-Amiri et *al.*, 2010).

Nous constatons une diminution de la FMAT dans les eaux traitées, les valeurs enregistrées oscillent entre ($0,43.10^4$ germes/ml à $2,44.10^4$ germes/ml) avec une valeur moyenne de ($1,69.10^4$ germes/ml).

Le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale est réalisé selon la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP), Les coliformes totaux sont utilisés

comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau, ils peuvent indirectement être associés à une pollution d'origine fécale (Rodier, 2009). L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80% à 90% des coliformes thermotolérants détectés. (Prescott et al., 2003). Les valeurs enregistrées varient de (11.10^4 germes/100ml à 14.10^4 germes/100ml) avec une valeur moyenne de (13.10^4 g/100ml) dans les eaux brutes.

Après traitement, les résultats sont respectivement de l'ordre de ($0,14.10^4$ germes/100ml ; $0,14.10^4$ germes/100ml et 7.10^4 germes/100ml) avec une valeur moyenne égale à $2,42.10^4$ germes/100ml.

La présence de coliformes totaux dans les eaux traitées ou leur dépassement par rapport aux normes réglementaires n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique, en effet, la plupart des espèces de ce groupe se trouvent naturellement dans le sol ou la végétation (Edberg et al., 2000) mais ils peuvent indirectement être associés à une pollution d'origine fécale (Rodier, 2009).

La présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale ou provenant d'eaux enrichies en matières organiques (Barthe et al., 1998).

Les valeurs enregistrées varient de (11.10^4 germes/100ml à 14.10^4 germes/100ml) avec une valeur moyenne de (13.10^4 germes/100ml), les valeurs enregistrées restent supérieures à la norme de l'OMS (1000 germes /100ml) (OMS, 1989).

Les coliformes fécaux présentent des valeurs oscillant entre ($0,004.10^4$ germes/100ml et 7.10^4 germes/100ml) avec une valeur moyenne égale à ($2,38.10^4$ germes/100ml) dans l'eau usée après traitement par STEP. Les valeurs enregistrées dépassent la norme de l'OMS (1000 germes /100ml) (OMS, 1989) pour les eaux destinées à l'irrigation.

Les Streptocoques fécaux sont susceptibles de contaminer les approvisionnements, ils sont typiques des déjections animales. Ils peuvent parfois être présents chez l'homme ou dans les végétaux (Bitton, 1999). Les résultats de la recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux brutes avant traitements montrent que les concentrations déterminées varient entre (11.10^2 germes/100ml à 11.10^4 germes/100ml) avec une moyenne $3,22.10^4$ germes/100ml. Nous constatons que les résultats des eaux usées brutes après traitement sont respectivement de l'ordre de (4.10^2 germes/100ml ; 14.10^2 germes/100ml ; 75.10^2 germes/100ml) avec une valeur moyenne égale à ($0,31.10^4$ germes/100ml).

L'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif R: CF/SF. Selon les critères définis par Borrego et Romero (1982), la contamination est d'origine animale si le rapport R est inférieur à (0,7), elle est d'origine humaine si R est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1. Cette origine est incertaine si R est compris entre 1 et 2 et l'origine est dite mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4. L'origine de la contamination des eaux brutes est mixte à prédominance humaine (R inférieur à 4).

Les Anaérobies sulfite réducteurs, permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant plus au moins activement les sulfites en sulfures (Attab, 2011).

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les *Clostridium* sulfite-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (Oughidni, 2015).

Les résultats de la recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfite réducteurs dans les eaux brutes et après traitement par la STEP montrent l'absence de celles-ci dans nos prélèvements.

La présence de *Clostridium* sulfite réducteur témoigne d'une contamination tellurique (Rejesk, 2002), leur action protéolytique est mise en évidence par l'odeur putride qui se dégage des rejets (Oughidni, 2015).

La recherche des bactéries pathogènes (*vibrio cholérique* et des *salmonelles*), dans nos prélèvements d'eau brute et d'eau traitée de la STEP et pendant toute la période d'étude, a montrée l'absence de celles-ci. Ces résultats correspondent aux normes de l'OMS qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des cultures maraichères (OMS, 1989).

Alors que les résultats concernant la recherche des staphylocoques dans les eaux usées ont révélé la présence, durant le 1^{er} prélèvement dans l'eau brute (1700 germes/ml), et leurs absences dans les autres prélèvements effectués d'eau brute et d'eau traitée de la STEP. La

présence des Staphylocoques dans les eaux brutes démontrant ainsi leur résistance au chlore et aux produits de désinfection, ces germes ont la capacité à survivre longtemps dans les sols et à la surface des plantes (CEAEQ, 2012). Ces résultats ne correspondent pas aux normes de l'OMS qui exigent une absence absolue de ces germes dans les eaux destinées à l'irrigation des cultures maraichères (OMS, 1989).

Conclusion Générale et Perspective

La réutilisation des eaux usées sans aucun traitement préalable, entraîne des risques sanitaires potentiels vu qu'elles sont riches en micro-organismes pathogènes et matières chimiques toxiques telles que les métaux lourds. De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières ou la mer, où elles réintègrent le cycle de l'eau. A ce stade, ces eaux doivent répondre à des normes de qualité fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau.

La station de traitement des eaux usées de la ville de Guelma par les boues activées aura un impact positif sur la qualité des eaux de l'oued Seybouse. De ce fait, les eaux usées traitées pourraient être utilisées en irrigation des cultures végétales sur la rive de l'oued Seybouse sans risque sanitaire pour l'homme ou l'animal.

Notre travail consiste à un suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la STEP (Guelma) qui se verse dans l'Oued de Seybouse avant et après traitement par la STEP.

Les résultats obtenus permettent d'affirmer que les eaux usées épurées de la station de Guelma peuvent être valorisées, leurs caractéristiques physico-chimiques, acquièrent un potentiel d'utilisation. Les résultats d'analyses obtenus au cours de cette période d'expérimentation présentent des valeurs qui sont en grande partie conformes aux normes internationales d'une eau d'irrigation. En effet, ces eaux peuvent véhiculer des polluants qui peuvent être à l'origine des problèmes de santé publique. Cependant, il faut rester vigilant quant à l'utilisation des eaux usées traitées par la station de Guelma en agriculture.

Les pourcentages d'abattements des indicateurs physicochimiques de pollution sont de l'ordre de 96,42%MES, 93,73%DBO₅, 97,63%de la DCO des eaux usées traitée par la STEP. Les pourcentages d'abattements enregistrés aux indicateurs bactériologiques de pollution sont de l'ordre de 97.73% de la FMAT, 99% des CT, 99,97% des CF, 98,73% des SF, des eaux usées traitées par la STEP.

Concernant la recherche des germes pathogènes dans l'eau brute traitée par la STEP, nous constatons une absence des Salmonelles, de *Vibrio cholérique* et de *Staphylocoque*.

En perspective, il sera intéressant :

- ✓ d'évaluer la pollution organique par détermination des rapports : MES/DBO₅,
Matières oxydables, DBO₅/DCO.
- ✓ Dosage des métaux lourds et des pesticides dans les eaux de la STEP.
- ✓ Recherche et dénombrement d'autres germes pathogènes,

Références bibliographiques

-A-

- ABHCSM, 2005. Pollution des eaux superficielles dans le bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue 1998-2003, Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybousse-Mellegue, Cahier de l'agence № 9, Algérie, 44 p.
- Attab S., 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoudberkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de Magister, Université d'Ouargla, 91p.
- Ayers R.S., Westcot D.W., 1989. Water quality for agriculture, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, No. 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Rév. 1, 174pp.

-B-

- Barth C., Perron J., Perron J., 1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de Travail (version préliminaire). Canada, Ministère de l'Environnement du Québec. p155.
- Bechaa B. & Khanfri A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de rejets industriels. Cas de la conserverie Amor Benamor (CAB). Mémoire de Master, Université de Guelma, 57p.
- Bedouh Y., 2014. Evaluation de la Toxicité des eaux usées Traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 128p.
- Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D & El Moustaine R., 2013. Etude de la Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-Quaternaire dans la région de Meknès. *Larhyss Journal*, 14, pp 21-36.
- Bitton G., 1999. Waste water Microbiology. John Wiley & sons, USA, 578p.
- Borrego A.F. & Romero P., 1982. Study of the Microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. *Vie Journeeétud pollutions*, France, 23, pp 561-569.
- Bouchlaghem A., Bouregaa M., 2015. Evaluation de la qualité des eaux usées (Wilaya de Guelma) après traitement par les différents procédés (Station d'épuration,

Nanoparticules et les lentilles d'eaux). Mémoire de Master, Guelma, université 8 mai 1945 à Guelma. pp 25-29.

- Bremont et vuichard., 1973. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française. Paris.173 p.

-C-

- Cadillon M., 1992. Le traitement et valorisation des eaux usées d'Oujda. Rapport préliminaire du programme de coopération Franco-Marocaine, collectivités locales.
- Camille D., 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux.Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.
- Ceaq A., 2012. Recherché et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : Méthode par filtration sur membrane MA 700-STA 1.0. Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec, Ministère du Développement durable, de L'environnement et des Parcs du Québec, Rév. 4, Canada. p19.
- Chegieb H., Fecih B., 2014. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Oued El-Hammam (Guelma) et l'épuration par les Nanoparticules (ZnO, Ag et Fe₂O₃). Mémoire de Master, Guelma, université 8 mai 1945 à Guelma. pp 21-32.
- Cohen N., Karib H., 2007. *Vibrio* sp. dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. pp3-7.

-D-

- Dadi E.M., 2010.L'évaluation de la possibilité de réutilisé en agriculture l'effluent traité de la commune de Drarga. Centre universitaire de formation en environnement, université de Sherbrooke, Québec, Canada.
- Dellarras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. p 463.
- Djeddi H., 2007. Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de Magister, Constantine, université Mentouri à Constantine, pp1.
- Djiti H., 2012. Suivi des propriétés physico-chimiques des eaux usées STEP de Guelma. Mémoire de master, Guelma, université 8 mai 1945 à Guelma. pp 17-19.

-E-

- Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J. & Allen M.J., 2000. *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88, pp 106-116.
- Eddabra R., 2011. Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grand Agadir : isolement, caractérisation moléculaire et antibiorésistance des espèces du genre *Vibrio*. thèse de Doctorat, Agadir, université Ibn Zohr, pp 2.
- El Amiri B., Sibaoueih M., Hadarbach D., Cohen N. & Chriyaa A., 2010. Impact de l'utilisation des eaux usées sur le bovin dans la commune des Mzamza, province de Settat. *Les Technologies de laboratoire*, 17, pp14-19.
- Engelkirk P.G., 2008. Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st edition. Lippincott Williams & Wilkins. p754.

-F-

- FAO., 2003. Irrigation avec les eaux usées traitées, Manuel d'utilisation, Rome, Italie, 67p.
- Faby J.A., Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages.
- Fagrouch A., Amyay S., Berrahou A., El Halouani H. & Moumen H., 2010. Performances d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride : Cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. *Afrique Science*, 3, pp 87-102.

-G-

- Guiraud J. P., 1998. Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. France. 651 p.

-H-

- Harvey R.A., Champe P.C., Fisher B.D., 2007. Microbiology. 2^{ème} édition. Lippincott Williams & Wilkins. p432.

-J-

- JORA., 2006. Valeurs limites des paramètres des rejets effluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne, 27p.

-L-

- Layada S., Oughidni F., 2015. Evaluation physico-chimique et bactériologique de rejet Boumahra Ahmed (W. de Guelma) et purification par les Nanoparticules (TiO₂ et CAP). Guelma, université 8 mai 1945 à Guelma. pp 25-34.

- Lebres E., 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. p34.

-M-

- Meddi M., 2003. Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie. Hydrology of die Mediterranean and Semiarid Regions. (Proceedings of an international symposium held - Montpellier, April 2003) 278, 229- 235.
- Medkour M., 2002. Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau: réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p 11.

-N-

- Njgim H.H., W.A. Hashlamoun., J.Y. Al-Dadah, end A.Abu –Mrasa., 2002. Potentiel implementation of subsurface drip irrigation with primery threated wastewater. IWA regional Symposium on water Recycling In Mediterranean Region. Iraklio, Greece, 26-29 September 2002.preprint book. 2:171-174.

-O-

- OMS., 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture recommandation à visés sanitaire. Rapport technique, n°778, Genève, 79p.
- ONA., 2011.Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration de Guelma, Ministère des Ressources en Eaux, Office National de l'Assainissement, Algérie, 64p.

-P-

- Payment P., Hartemann P., 1998. Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé. Revue des Sciences de l'Eau 11, 199-210.
- Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003. Microbiologie. 2^{ème} édition. De Boeck. Paris. p1163.

-R-

- Rejsek F., 2002. Analyse de l'eau: Aspect et règlementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine, France, 385p.
- Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 9^{ème} éd, Dunod. pp 97-370.

- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau, eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 8^{ème} éd, Dunod, pp1383.
- Roux., 2003. TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université Paris. p12.

-S-

- Sadek S., Elkharrim K., Khadmaoui A., Guissouss M., Benelharkati F., ElmarkhiM.&BelghytD.,2012.Caractérisation Physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc).*ScienceLib Editions Mersenne*, 4, pp 2111-4706.
- Souiki L., 2008.Caractérisation biochimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra et purification par le procédé biologique phragmifiltre. Mémoire de Doctorat, Université d'Annaba, 105p.

-T-

- Takashi A., 1998. Wastewater reclamation and reuse (water quality management library, 10).1528p.

Tableau 01 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées brute d'une année 2015.

Paramètres Mois	T°C	pH	CE (µs/cm)	Eh	DCO (mg/l)	DB O (mg/l)	MES (mg/l)	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	OPO ₄ ⁻³
Janvier	13,1	7,6	1,13	314	437	256	320	49	3,8	3,5	0.75
Février	12	7,6	1,5	288	451	271	270	36	4,3	4,1	0,3
Mars	14,9	7,6	1,3	229	386	208	350	28	3	5,8	0,6
Avril	17	7,7	1,3	225	403	218	315	24	1,9	5	0,5
Mai	25,6	7,6	1,25	180	567	358	332	28	3,2	4,3	0,4
Juin	23,2	7,5	1,46	101	844	343	544	31	0,1	2,9	1,3
Juillet	25	7,5	1,13	168	436	236	326,4	29	0,5	2,6	1,4
Aout	25,2	7,4	1,06	232	440,8	242,7	339	28,2	1,3	2,5	1,55
Septembre	24,5	7,7	1,20	307	342,5	190	278	28,5	1,8	2,3	1,77
Octobre	22,7	7,3	1,12	222	505,8	282,4	379	30	2	3,3	1,8
Novembre	18,2	7,6	1,34	108	478,4	135,7	538	32	2,6	3,3	1,5
Décembre	15,09	7.6	1,05	265	357.2	213.6	390	30.5	1.12	2.8	1.2

Tableau 02: Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées traitée d'une année 2015 par la STEP.

Paramètres	T°C	pH	CE ($\mu\text{s/cm}$)	Eh	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	OPO_4^{-3}
Janvier	12,3	7,4	1,12	369	30	256	320	49	3,8	3,5	0,75
Février	11	7,3	1,3	313	27	271	270	36	4,3	4,1	0,3
Mars	15,3	7,4	1,14	219	21	208	350	28	3	5,8	0,6
Avril	15	7,4	1,17	233	33	218	315	24	1,9	5	0,5
Mai	26,9	7,5	1,07	230	24	358	332	28	3,2	4,3	0,4
Juin	24,6	7,4	1,14	301	29	343	544	31	0,1	2,9	1,3
Juillet	25,2	7,3	1,20	255	25	236	326,4	29	0,5	2,6	1,4
Aout	26,1	7,2	1,08	320	28,75	242,7	339	28,2	1,3	2,5	1,55
Septembre	24,8	7,3	1,12	303	40.50	190	278	28,5	1,8	2,3	1,77
Octobre	22,1	7,2	1,19	322	48	282,4	379	30	2	3,3	1,8
Novembre	18,6	7,2	1,20	237	42	135,7	538	32	2,6	3,3	1,5
Décembre	20,4	7,3	1,17	345	35,5	218	326	26	1,09	2,6	1,9

Tableau 03: Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées brute de la STEP pendant notre période d'étude.

Paramètres Date de prélèvement	T°C	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Eh	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)	OD (mg/l)	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	OPO ₄ ⁻³
08/02/2016	15,2	7,5	1,32	150	418, 22	170	170	2,28	27	1,5	1,5	0,9
09/02/2016	15,2	7,32	1,32	240	219	150	175	3,2	32	3,5	1,9	1,2
10/02/2016	15,3	7,5	1,25	260	404, 8	203, 3	312	3,4	30	0,2	1,3	0,8
11/02/2016	14,4	7,8	1,15	170	388	190	144	2,33	26	0,6	1,6	0,4
12/02/2016	14,8	7,3	1,3	245	202	222	190	2,59	27	1,2	1,23	1,98
13/02/2016	15	7,4	1,35	340	322	185	215	2,87	21,6 5	2,5	1,1	1,4
14/02/2016	15,5	7,8	1,29	310	220	190	260	3,3	31	0,5	1,3	0,8
15/02/2016	15,1	7,5	1,15	130	289	270, 24	210	2,69	28	0,45	1,8	0,9
16/02/2016	14,8	7,49	1,35	100	334, 8	155, 23	310	2,48	32,4	3,26	1,5	1,5
17/02/2016	14	7,4	1,29	130	402	165	188	3,11	21	3,2	1,8	1,3
18/02/2016	13,6	7,6	1,15	240	378	220, 1	190	2,6	24	2,9	1,2	1,6
19/02/2016	14,9	7,48	1,22	260	248	215	144	2,97	26,5	3,1	1,6	1,41
20/02/2016	15,4	7,7	1,37	167	245	269	293	3,4	22	0,3	1,3	1,2
21/02/2016	15	7,4	1,28	239	379	126	208	2,5	24	1,48	1,5	1,6
22/02/2016	15,5	7,4	1,32	278	290	210	110	2,77	26	1,69	1,7	0,9
23/02/2016	15,6	7,5	1,33	230	409	277	236	2,41	33	0,9	1,6	1,3
24/02/2016	14	7,8	1,3	242	288	150	162	2,69	28	2,3	1,1	1,1
25/02/2016	14,3	7,5	1,23	278	399, 6	204, 2	280	3,2	31	1,4	1,3	1,5
26/02/2016	14,6	7,66	1,3	302	233	265	126	3,25	29	3,56	1,56	0,6

27/02/2016	15	7,8	1,26	284	285	120	101	2,9	22,9	3	1,6	1,4
28/02/2016	14,5	7,7	1,21	202	355	203,48	210	2,68	28	4,1	1,11	1,2
01/03/2016	14,8	7,4	1,3	129	400	210	290	2,68	25,4	3,56	1,9	0,9
02/03/2016	15	7,6	1,26	197	315	213	320	3,39	27	2,4	1,8	0,9
03/03/2016	14,9	7,3	1,29	285	325,8	188	131	2,64	32	1,5	1,3	1,3
04/03/2016	15,5	7,4	1,32	256	289	289	129	2,9	26	4,5	1,6	1,1
05/06/2016	14,2	7,5	1,19	194	248	248	220	4,5	29	3	1,2	0,9
06/03/2016	15,1	7,7	1,32	100	374	211	213	2,8	29	1,3	1,32	1,5
07/03/2016	15,3	6,99	1,25	210	390	147	308	3,3	31	2,7	1,5	0,5

Tableau 04: Résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées traitée par la STEP pendant notre période d'étude .

Paramètres Date de prélèvement	T°C	pH	CE ($\mu\text{s/cm}$)	Eh	DCO (mg/l)	DBO (mg/l)	MES (mg/l)	OD (mg/l)	NH₄⁺	NO₃⁻	NO₂⁻	OPO₄⁻³
08/02/2016	14,9	7,3	1,21	341	19,84	8	15	5,48	4,8	12	0,9	0,6
09/02/2016	14,4	7,29	1,2	290	67,5	18	10	5,1	2,04	10	0,8	0,7
10/02/2016	14,5	7,47	1,15	321	21	15	4	8,5	2,8	11	0,7	0,5
11/02/2016	13,3	7,6	1,11	363	78	33	12	5,02	4,6	12	0,4	0,1
12/02/2016	13,9	7,1	1,1	343	64	14	8	5,3	5,2	8	0,7	1,3
13/02/2016	14,5	7,2	1,3	342	55	7	9	5,1	6,32	7	0,9	0,9
14/02/2016	15	7,1	1,16	341	48	32	12	5,07	4,5	12	0,5	0,5
15/02/2016	14,3	7,3	1,13	310	41	21,15	11	4,95	5,1	15	1,1	0,4
16/02/2016	14,4	7,3	1,16	367	19	11	15	5,29	2,3	13	0,8	0,9
17/02/2016	13,9	7,3	1,2	310	37	23	16	5,2	3,1	15	0,6	0,6

18/02/2016	13,2	7,53	1,13	343	24	25	6	5,1	2,6	17	0,9	0,9
19/02/2016	14	7,3	1,19	31	56	24,5 6	10	5,19	4,3	9	1,09	1,1
20/02/2016	14,6	7 ;4	1,29	344	23	21,4 5	11	5,2	3,2	13	0,9	0,3
21/02/2016	14,3	7,3	1,23	356	46	33	6	4,91	2,45	11	1,2	1,1
22/02/2016	15	7,2	1,16	359	48	25	14	5,04	3,12	6	1,14	0,3
23/02/2016	15,6	7,3	1,17	335	21	10	15	4,89	1,6	11	1,12	0,7
24/02/2016	13,7	7,6	1,18	199	64	19	22	5,3	5,1	13	0,4	0,51
25/02/2016	14,3	7,2	1,16	243	57	5	16	4,8	2,6	3	0,6	0,2
26/02/2016	14,1	7,4	1,14	365	34	15,6	4	4,7	4,3	17	1,3	0,1
27/02/2016	14	7,49	1,18	333	47	12,4	20	3,8	3,33	12	1,2	0,4
28/02/2016	14,2	7,5	1,11	351	21	16	18	5,13	4,8	16	0,6	0,9
01/03/2016	14,5	7,1	1,1	348	39	25	14	5,13	6,12	19	1,5	0,6
02/03/2016	14,3	7,4	1,09	302	28	28	18	4,84	5,1	14	0,5	1,1
03/03/2016	14,5	7,28	1,12	356	9,45	9	12	5,6	5,3	12	0,6	0,6
04/03/2016	15	7,1	1,28	324	14,5	14,5	26,4	4,6	2,6	17	0,9	0,8
05/06/2016	13,9	7,3	1,17	278	64	31,2 6	27	5,2	3,2	12	0,2	0,5
06/03/2016	15,1	7,3	1,03	360	33	33	7	5,2	2,5	14	1,16	1,2
07/03/2016	15	7,87	1,21	358	9,21	9,21	11	4,85	4,5	7	0,8	0,3

Tableau 05: Normes de rejet des eaux résiduaires traitées d'après le Journal Officiel de la République Algérienne (Avril 2006)

Paramètres Unités	Valeurs Maximales
Température	30°C
pH	6,5 à 8,5
DCO	120 Mg/l
Matière en Suspension	35 Mg/l
Hydrocarbures dissout	20 Mg/l
DBO₅	35 Mg/l
Zinc	3 mg/l
Cuivre	0.5mg/l

Tableau 06: Normes physico-chimiques de rejets de l'OMS (1989).

Paramètres	Normes
T°	30 °C
pH	6.5-8.5
O ₂	5mg/l
DBO ₅	30mg/l
DCO	90mg/l
MES	30mg/l
Zinc	2mg/l

Tableau 07 : La Grille de la qualité d'eaux

Classe de QUALITE	UNITE	Excellent	Bonne	Passable	Médiocre
DBO5	Mg/l	<3	3à5	5 à 10	10 à 25
DCO	Mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40à 80
O₂	Mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3

Tableau 08: Table de Mac Grady

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0

131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	140.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Tableau 09: Précipitation Moyenne Minimal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Mois Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuelle
2004	86,8	9,7	71,1	82,6	88,2	93,3	0,1	4,1	41,6	20,3	177,1	129,9	804,8
2005	69,8	97,5	64,3	85,7	5,3	19,4	3,0	5,3	11,0	17,4	17,1	145,2	541,0
2006	140,1	76,7	42,7	14,2	43,0	1,3	4,5	12,6	12,3	12,8	28,6	89,5	478,3
2007	33,5	43,7	215,9	94,4	17,4	28,3	3,5	0,8	63,9	84,2	64,7	72,7	723,0
2008	16,6	11,5	91,8	22,3	53,5	14,8	5,9	4,3	29,5	25,4	70,5	35,7	381,8
2009	160,4	67,1	98,0	134,2	88,9	0,3	7,9	49,3	140,3	58,7	22,6	62,6	890,3
2010	102,6	27,1	60,7	46,4	53,5	23,5	0,8	10,0	23,4	69,8	147,9	48,4	614,1
2011	30,3	148,5	78,6	42,1	62,0	29,5	1,2	1,3	18,6	178,3	40,5	80,1	711,0
2012	82,8	141,4	89,0	51,6	4,7	1,8	1,3	25,1	65,3	38,7	34,9	34,4	571,0
2013	90,7	107,9	64,9	42,0	14,5	1,2	6,2	54,8	54,1	34,2	122,6	37,5	630,6
2014	56,5	48,4	139,5	4,4	37,0	12,7	0,5	1,7	7,1	29,3	14,9	159,7	511,7
2015	131,1	152,0	94,9	3,7	28,4	2,2	4,7	18,5	41,3	75,1	115,9	0,8	668,6

Tableau 10: Humidité Moyenne Minimal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Mois Ann- ées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ann- uelle
2004	79,9	73,2	78,3	76,6	73,1	70,1	61,3	58,7	65,7	63,0	82,0	79,8	71,7
2005	80,4	78,7	76,8	76,0	67,8	62,8	58,5	61,1	67,4	74,4	68,5	79,0	70,9
2006	79,2	77,0	70,3	69,5	69,8	53,5	53,1	66,0	63,6	63,1	72,2	81,1	68,2
2007	78,4	76,3	80,3	78,8	71,2	66,9	55,9	58,2	67,4	78,7	78,9	80,1	72,6
2008	77,9	75,9	73,1	66,3	67,8	61,6	54,4	56,7	66,3	70,0	67,5	75,3	67,7
2009	78,9	71,4	73,1	77,6	72,8	56,9	52,7	60,5	75,8	76,5	76,8	75,5	70,4
2010	75,4	72,8	77,7	74,3	67,5	63,5	56,5	59,5	67,6	65,8	70,3	65,0	67,9
2011	79,9	77,3	74,4	72,1	69,8	68,0	58,1	54,3	67,2	75,4	76,5	79,0	71,0
2012	80,4	79,2	77,5	73,6	67,0	53,8	55,6	47,4	66,7	71,3	75,5	75,7	69,4
2013	76,5	73,8	70,9	72,2	68,6	58,4	59,6	62,4	73,7	69,4	73,2	81,1	70,0
2014	73,0	74,3	79,0	71,0	69,3	61,9	56,5	58,1	58,7	64,3	62,4	77,3	67,2
2015	74,4	75,9	73,3	71,8	67,0	59,4	57,3	61,0	67,4	71,5	81,0	79,4	70,0

Tableau 11: Température Moyenne Minimal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuelle
2004	9.9	11.6	12.8	14.2	16.3	22.5	26.1	27.6	23.3	21.2	12.8	11.1	17.5
2005	7.7	7.8	12.4	15.5	20.2	24.7	27.3	25.7	23	20	14.8	9.8	17.5
2006	8.6	9.9	13.2	17.2	21.6	25.3	27.8	26.2	23.3	21.1	15.3	11.1	18.4
2007	10.2	11.6	11.4	15.4	18.9	24	26.9	26.8	23.2	19	12.6	9.7	17.5
2008	9.4	10	11.7	15.4	19.8	23	27.7	27.5	23.8	19.8	13.7	10.1	17.7
2009	10	9.9	11.8	13.8	19.9	23	28.5	27.5	22.5	18.2	14.2	12.8	18
2010	10.5	11.8	12.6	16.1	18	22.4	27.1	26.6	23	19.2	15	11.8	17.9
2011	10	9.6	12.5	16.4	19.1	22.7	26.8	27.3	24.2	18.6	15.2	10.8	17.8
2012	9.1	7.2	12.5	15.4	19.2	26.4	28.2	29.1	24	20.5	16	10.9	17.9
2013	9.8	9.1	13.9	15.6	18.2	21.9	27	26.2	23.4	22.3	14.4	10	17.7
2014	11.1	11.1	11.4	15.5	18.7	24.1	26.4	27.4	26.2	21.4	17.2	11.3	18.5
2015	10.1	9.2	12.7	15.5	20.1	24	28	28.1	24.3	20.3	14.6	10.4	18.1

Tableau 12: Vent Moyenne Minimal (°C) de la période (2002-2013) de la région de Guelma.

Mois \ Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	annuel
2004	1.9	1.9	1.6	2.3	2.4	1.7	1.7	1.5	1.6	1.0	1.5	1.9	1.7
2005	2.1	2.7	1.8	2.2	1.6	1.9	1.9	2	1.7	0.9	1.9	1.7	1.9
2006	1.7	1.9	2.4	2	1.7	2.3	1.7	1.9	1.8	1.3	1.3	1.2	1.8
2007	0.9	2.2	2.5	1.6	1.9	1.9	1.9	2	2.1	1.8	1.4	1.8	1.8
2008	1.1	1	2.6	2.3	2.1	1.9	1.9	1.5	1.4	1.7	2.4	2.2	1.9
2009	1.9	Mq	Mq	2.1	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	0.1	2.3	1.7
2010	Mq	Mq	Mq	1.4	1.6	1.6	1.7	1.4	1.5	1.6	1.9	1.4	1.6
2011	0.7	1.6	1.8	1.9	1.8	1.6	1.8	1.4	1.4	1.2	1.6	1.9	1.6
2012	1.5	2.4	1.4	2	1.5	1.8	2.1	1.4	1.4	1.4	1.1	1.3	1.8
2013	2.2	2.6	2.3	1.8	2	2	1.6	1.9	1.1	1	2.6	1.3	1.9
2014	2.2	1.3	2.2	2	1.6	1.8	1.7	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	1.8
2015	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	1.5	1.0	1.8