

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIHNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAAMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

SPECIALITE : EAU ET ENVIRONNEMENT

Thème

**Caractérisation physico-chimique et bactériologique
des effluents bruts et épurés de la station
d'épuration de TIGZIRT**

Présenté par :

M^{elle} SAHNOUNE Lila

M^{elle} OUGOUFRI Sabrina

Soutenu devant le jury d'examen composé de :

Mme BERROUANE N.

MAA

Présidente

M METAHRI M^{ed} S.

MCA

Promoteur

Mme AISSAOUI D.

Docteur

Co-promotrice

M RAMDINI R.

MCB

Examineur

PROMOTION : 2023/2024

Remerciements

*Nous remercions **DIEU** le tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer nos sincères remerciements à **M METAHRI M.S** Maitre de conférence A à l'UMMTO, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous guider tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons à remercier également notre Co-promotrice **M^{me} AISSAOUI. D** Enseignante à l'UMMTO, pour ces précieux conseils, son soutien, sa patience et sa disponibilité durant toute la période de la réalisation de ce Mémoire de fin de cycle. Grâce à son dévouement et son travail acharné, nous avons non seulement atteint notre objectif, mais nous l'avons dépassé.*

*Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à Madame **BERROUNE. N** maitre assistante a l'UMMTO et Monsieur **RAMDINI. R** Maitre de conférence à l'UMMTO pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*Nous tenons à remercier le Chef de la Station d'Épuration de TIGZIRT **M CHARA.C** et **M^{elle} TAGHZOUI.E** de nous avoir accepté d'effectuer ce stage pratique au sein de leur station. Nos remerciements vont également à toute l'équipe de la station pour leur accueil chaleureux et leur partage de connaissances.*

Nos remerciements vont aussi à toute l'équipe de laboratoire de traitement des eaux de notre faculté des sciences agronomiques pour leurs accompagnements durant toute au long de ce stage pratique.

Nous exprimons notre gratitude envers nos familles. De manière particulière, nous tenons à remercier nos parents pour leur soutien inconditionnel et jusqu'au bout de nos études. C'est grâce à eux que nous avons pu permis d'atteindre nos objectifs.

MERCI A TOUS

Dédicace

Je tiens à dédie ce modeste travail à :

Ceux qui m'ont apporté la vie sont à la fois la source de mon courage et mon inspiration. Je tiens à remercier sincèrement mes Parents pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour mes études. J'espère constamment rester fidèle aux principes moraux que vous m'avez transmis.

Mon très cher frère NADIR

Mes Chers Grands Parents que je souhaite une longue vie

Mes Chers Oncle et Tantes et leurs Familles

Mes chers Cousins et Cousines. En particulier LYSA et ANISSA qui mon soutenue durant la réalisation de ce travail.

Ma cher Binôme SABRINA et sa famille.

Mes chers ami(e)s, particulièrement

YASMINE.

Tous qui se reconnaîtront ce en mot « ami ».

Tous mes enseignants qui mon suivi de mes premières années de scolarisation à ce jour-là

Tous mes camarades de la promotion EAU ET ENVIRONNEMENT 2023/2024

Lila

Dédicace

C'est avec une immense joie que je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leurs amours, affections, encouragement, conseils, sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse tout le long de ma vie et mes études je serais éternellement reconnaissante.

Ma cher sœur ASSIA et son mari RAFIK.

Ma jumelle SOUHILA.

Mon cher grand père et sa femme.

Mes chers oncles et tantes et leurs familles, en particulier ma cher tante MALIKA.

Mes chers cousins et cousines.

Ma cher Binôme LILA et sa famille.

Tous ceux avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie

Tous mes enseignants qui mon suivi de mes premières années de scolarisation à ce jour-là.

Tous mes camarades de la promotion EAU ET ENVIRONNEMENT 2023/2024.

SABRINA

Résumé

Le rejet des eaux usées non épurées engendrent de graves problèmes environnementaux et sanitaires. Les stations d'épuration ont pour mission de diminuer la pollution afin de garantir un rejet sans danger pour l'homme et l'environnement. L'objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimiques et bactériologiques des effluents bruts et épurés de la station d'épuration de la ville de Tizirt, tout en contrôlant et évaluant l'efficacité du traitement. Les résultats physicochimiques ont montré une élimination très satisfaisante en termes MES, DBO₅ et DCO où les taux d'abattement sont de l'ordre de 97,71, 99,08 et 94,77 %. Ceux qui concernent la matière phosphorée, le taux d'abattement est de 80 %, mais la teneur à la sortie reste supérieure de 14 fois à la norme. Les résultats bactériologiques montrent des taux d'abattement des GT, CT, CF, les streptocoques, ASR respectivement de l'ordre de 98,74, 99,11, 76,40, 100 et 72,97 %. Le taux d'élimination des salmonelles est de 61,61 %, cette charge bactérienne est dû probablement à la présence de ces bactéries dans la première matière de la production des denrées alimentaires. Egalement pour les vibrios cholériques, le taux est de 81,08 %, mais leur charge à la sortie reste toujours élever à cause de l'absence de traitement de désinfection.

Mot clés : Rendement épuratoire, eau usée, Tizirt.

Abstract

Discharge of untreated wastewater causes serious environmental and health problems. The mission of wastewater treatment plants is to reduce pollution in order to guarantee safe discharge for humans and the environment. The aim of this study is to characterize the physicochemical and bacteriological properties of raw and treated effluent from the Tizirt wastewater treatment plant, while monitoring and evaluating treatment efficiency. The physicochemical results showed highly satisfactory elimination of TSS, BOD₅ and COD, with abatement rates of 97.71, 99.08 and 94.77 % respectively. For phosphorus, the removal rate is 80 %, but the content at the outlet is still 14 times higher than the standard. Bacteriological results show removal rates for GT, CT, CF, streptococci and ASR of 98.74, 99.11, 76.40, 100 and 72.97 % respectively. The Salmonella removal rate was 61.61 %, probably due to the presence of these bacteria in the raw materials used in food production. The rate for cholera vibrio is 81.08 %, but the load at the outlet is still high due to the absence of disinfection treatment.

Key words: Treatment efficiency, wastewater, Tizirt.

Liste des abréviations

ASR : Anaérobies sulfite-réducteurs

CE : conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

EB : Eau brute

EE : Eau épurée

GT : Germes totaux

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

MES : Matière en suspension

NO₂ : Nitrite

NO₃ : Nitrate

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National d'Assainissement

SF : Streptocoques fécaux

ST : Staphylocoque

STEP : Station d'épuration

VC : Vibron cholérique

Listes des figures

Figure 1 : Image satellitaire de la station de Tigzirt.....	12
Figure 2 : Poste de relevage.....	14
Figure 3 : Dégriateur fin courbe automatique.....	14
Figure 4 : Déshuilage Aeroflot.....	14
Figure 5 : Bassin d'aération.....	15
Figure 6 : Clarificateur.....	15
Figure 7 : Le central polymère.....	16
Figure 8 : Filtre à bonde.....	16
Figure 9 : Lits de séchage.....	16
Figure 10 : Spectrophotomètre Hach DR6000.....	17
Figure 11 : Schéma de la recherche et de dénombrement des germes totaux.....	19
Figure 12 : Schéma de la recherche et dénombrements des coliformes et les streptocoques..	22
Figure 13 : Schéma de la recherche et dénombrement des ASR.....	24
Figure 14 : Schéma de la recherche et dénombrement des salmonella.....	26
Figure 15 : Schéma de la recherche et dénombrement des vibrions cholériques.....	28
Figure 16 : Schéma de la recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes.....	29
Figure 17 : Température de l'eau brute et l'eau épurée.....	30
Figure 18 : Potentiel Hydrogène de l'eau brute et l'eau épurée.....	31
Figure 19 : Conductivité électrique de l'eau brute et épurée.....	32
Figure 20 : Variation de la MES et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.....	33
Figure 21 : Variation de la DBO5 et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP....	34
Figure 22 : Variation de la DCO et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.....	35
Figure 23 : Variation des nitrates et nitrites et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.....	36
Figure 24 : Variation de PO ₄ et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.....	37

Liste des tableaux

Tableau 01 : Maladies à transmission hydrique	9
Tableau 02 : Fiche technique de la STEP.....	13
Tableau 03 : Variation et rendement épuratoire en germes totaux dans les eaux de la STEP..	38
Tableau 04 : Variation et rendement épuratoire en coliformes totaux dans les eaux de la STEP.....	39
Tableau 05 : Variation et rendement épuratoire en coliformes fécaux dans les eaux de la STEP.....	39
Tableau 06 : Variation et rendement épuratoire en streptocoques fécaux dans les eaux de la STEP.....	40
Tableau 07 : Variation et rendement épuratoire en anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux de la STEP.....	40
Tableau 08 : Variation et rendement épuratoire en salmonelles dans les eaux de la STEP.....	41
Tableau 09 : Variation et rendement épuratoire en vibrions cholériques dans les eaux de la STEP.....	41
Tableau 10 : Variation et rendement épuratoire en staphylocoques dans les eaux de la STEP.....	42

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction.....1

Chapitre 1 : Aperçu bibliographique

1. Pollution de l'eau.....	3
2. Définition des eaux usées.....	4
3. Origine des eaux usées	4
3.1.Eau usées domestiques.....	4
3.2.Eaux usées industrielles.....	4
3.3.Eaux usées agricoles.....	5
3.4.Eaux pluviales.....	5
4. Caractéristiques des eaux usées	5
4.1.Paramètres physicochimiques.....	5
4.1.1. Température(T°).....	5
4.1.2. Conductivité électrique(CE).....	5
4.1.3. Demande chimique en oxygène(DCO).....	5
4.1.4. Demande biochimique en oxygène(DBO5).....	6
4.1.5. Oxygène dissous(OD).....	6
4.1.6. Potentiel hydrogène (pH).....	6
4.1.7. Matières en suspension(MES).....	6
4.1.8. Matière azotée(N).....	6
4.1.9. Matière phosphatée(P).....	7
4.2.Paramètres microbiologiques.....	7
4.2.1. Bactéries.....	7
4.2.2. Virus	8
4.2.3. Protozoaires.....	8
4.2.4. Helminthes.....	8
5. Impact de la pollution de l'eau sur l'environnement et la santé humaine.....	8
6. Situation des eaux usées et l'épuration en Algérie.....	9
7. Normes de rejet.....	10

Chapitre 2 : Matériel et méthode

1. Présentation de la région d'étude.....	12
---	----

1.1.Situation géographique de la STEP.....	12
1.2.Fonctionnement de la station de Tizirt.....	13
1.2.1. Système de relevage.....	13
a) Station de relevage de Feraoun.....	13
b) Station de relevage de centre-ville (port).....	14
c) Gravité.....	14
1.2.2. Procédés de l'épuration.....	14
a) Poste de relevage.....	14
b) Prétraitement.....	14
• Dégrillage.....	14
• Déshuilage dessablage.....	14
c) Traitement biologique (bassin d'aération).....	15
d) Clarification et recirculation.....	15
e) Traitement des boues.....	15
• Epaisseur.....	15
• Déshydratation.....	15
✓ Déshydratation mécanique.....	16
✓ Déshydratation naturel (lits de séchage).....	16
2. Caractérisation physicochimiques des eaux usées	16
2.1.Echantillonnage.....	16
2.2.Méthode d'analyses.....	17
3. Caractérisation bactériologique des eaux usées.....	18
3.1.Echantillonnage.....	18
3.2.Recherches et dénombrements.....	18
3.2.1. Germes revivifiables à 37°C (germes totaux).....	18
3.2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux.....	20
3.2.3. Streptocoques fécaux.....	21
3.2.4. Spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).....	23
3.2.5. Salmonelles.....	25
3.2.6. Vibrions cholériques.....	27
3.2.7. Staphylocoques pathogènes.....	29

Chapitre 3 : Résultats et discussions

1. Caractérisation physico-chimique.....	30
1.1.Température.....	30
1.2.Potentiel hydrogène.....	31
1.3. Conductivité électrique.....	31
1.4.Matières en suspension.....	32
1.5.Demande biochimique en oxygène.....	33

1.6.Demande chimique en oxygène.....	34
1.7.Nitrates et nitrites.....	35
1.8.Ortho phosphates.....	36
2. Résultats et discussions des analyses bactériologiques des eaux usées brutes et traitées.....	37
2.1.Recherche et dénombrement des germes totaux.....	37
2.2.Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	38
2.3.Résultats et dénombrements des streptocoques fécaux.....	39
2.4.Résultats et dénombrements des spores anaérobies sulfito-réducteur.....	40
2.5.Résultats et dénombrement des salmonelles.....	40
2.6.Résultats et dénombrement des vibrios colériques.....	40
2.7.Résultats et dénombrement des staphylocoques.....	41
Conclusion	42

Introduction

L'eau est une ressource essentielle à la survie des êtres vivants. Selon le Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau publié par l'UNESCO en 2021, l'utilisation mondiale d'eau douce a été multipliée par six au cours des 100 dernières années et a augmenté d'environ 1 % par an depuis les années 1980. Cette augmentation a exposé l'eau à de graves problèmes (Lin *et al.*, 2022). De plus, la quantité et la qualité des ressources en eau diminuent de jour en jour en raison du réchauffement planétaire, du changement climatique, de croissance démographique, de l'urbanisation, de l'industrialisation et des activités agricoles (Lin *et al.*, 2022 ; Aydin *et al.*, 2021).

La pollution de l'eau n'est pas seulement un problème environnemental majeur actuel, mais elle affecte également la santé humaine et le développement social durable (Xu *et al.*, 2020 ; Lin *et al.*, 2022). L'office National de l'Assainissement (ONA) a pour mission de La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique dans les zones de son domaine d'intervention et la gestion, l'exploitation, la maintenance, le renouvellement, l'extension et la construction de tout ouvrage destiné à l'assainissement en matière de réseau de collecte des eaux usées et eaux pluviales, Stations de relevage et stations d'épuration (ONA, 2020 ; Ait allala, 2019).

De nos jours, les stations de traitement des boues activées sont parmi les systèmes les plus couramment employés et fréquemment utilisés pour le traitement des eaux usées à travers le monde (Gernaey *et al.*, 2004 ; Khaldi, 2018). Toutefois, cette méthode comporte des désavantages importants tels que : des dépenses d'investissement assez élevées et des exigences énergétiques élevées. Dans cette méthode, l'élimination de l'azote et du phosphore et le traitement des boues entraînent la production d'un grand volume de déchets et de boues qui doivent être transportés à l'extérieur du site pour être éliminés (Craggs *et al.*, 1996 ; Renuka *et al.*, 2013 ; Khaldi, 2018).

Au cours de l'année 2019, plus de 1 240 000 000 m³ d'eaux usées ont été collectés dans toutes les 1 147 communes dont le service public d'assainissement est géré par l'ONA, avec une population raccordée de plus de 27 millions d'habitants répartis dans 43 wilayas (Bilan annuel DEMONA, 2019 ; Ait allala, 2019). Le réseau d'assainissement exploité par l'ONA s'étend sur 55342 km, ce qui représente environ 80 % du réseau national. À la fin de 2019, les 499 stations de relevage en activité ont enregistré un volume total de 323 625 176 m³. Au cours de l'année 2019, l'ONA a mis en service 154 stations d'épuration, dont 76 stations à boues activées, 75 stations de lagunage et 03 filtres plantés, pour épurer plus de 253 millions de m³ d'eaux. Les 154 stations ont une capacité totale installée de 10 390 762

EH, ce qui représente un débit nominal moyen de 1 573 867 m³/j et un débit moyen quotidien des eaux usées épurées de 668 396 millions m³/j (ONA, 2019 ; Ait allala, 2019).

Dans le contexte de la préservation de l'environnement et les ressources hydriques en général ainsi la santé publique en particulier, des recherches ont été menées afin de suivre et de contrôler la pollution physico-chimique et microbiologique des eaux de la station d'épuration de Tizirt. Cette étude vise à l'évaluation de la charge polluante physico-chimique et bactériologique des effluents bruts et épurés de la station d'épuration de la ville de Tizirt d'une part et d'autre part le contrôle et l'évaluation de l'efficacité de traitement boue activée à faible charge.

CHAPITRE 1

APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

1. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation risquée et perturbe l'équilibre de l'écosystème aquatique. Elle peut être appliquée aux eaux de surface et aux eaux souterraines (Khalid Hasan *et al.*, 2019). La pollution de l'eau se manifeste principalement dans les eaux de surface par :

- **Diminution de la teneur en oxygène dissous** : la présence excessive de matières organiques, qui sont indispensables à la vie aquatique en tant que nourriture, peut entraîner des perturbations. Parmi les éléments qui provoquent une consommation significative d'oxygène, on peut citer notamment les sous-produits rejetés par l'industrie laitière, le sang rejeté par l'industrie de la viande, les déchets présents dans les eaux usées domestiques, etc. Dans certains cas, cette baisse de l'oxygène dissous peut entraîner des décès importants de poissons (Yang *et al.*, 2021 ; Walker *et al.*, 2019).
- **Présence de produits toxiques** : ces substances provoquent des effets immédiats ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide de différents organismes et effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes. La plupart des produits toxiques proviennent de l'industrie chimique, de l'industrie des métaux, de l'activité agricole et des décharges de déchets domestiques ou industriels (Kumar *et al.*, 2020 ; Boumalek, 2020).
- **Prolifération d'algues** : même si la présence d'algues dans les milieux aquatiques est favorable à la production d'oxygène dissous, celles-ci peuvent être très prolifiques et devenir très gênantes en initiant le processus d'eutrophisation (Walker *et al.*, 2019 ; Boumalek, 2020).
- **Modification physique du milieu récepteur** : le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers ; augmentation de la turbidité de l'eau, modification de la salinité, augmentation de la température (Walker *et al.*, 2019 ; Boumalek, 2020).
- **Présence de bactéries ou virus dangereux** : des germes potentiellement dangereux pour la santé sont rejetés par les foyers domestiques, les hôpitaux, les élevages et certaines industries agro-alimentaires (Walker *et al.*, 2019 ; Boumalek, 2020).

2. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux dont les propriétés physiques, chimiques ou biologiques ont été modifiées par l'introduction de certaines substances qui les rendent impropres à la consommation. Les activités quotidiennes de l'homme dépendent principalement de l'eau et rejettent donc des « déchets » dans l'eau. Parmi ces substances figurent les déchets corporels (féces et urine), le shampoing, les cheveux, les restes de nourriture, la graisse, la poudre à lessiver, les produits d'entretien, le papier hygiénique, les produits chimiques, les détergents, les produits d'entretien ménager, la saleté, les microorganismes (germes) qui peuvent causer des maladies chez les individus et nuire à l'environnement (Bani, 2016).

3. Origine des eaux usées

3.1. Eaux usées domestiques

Elles sont issues des diverses utilisations domestiques de l'eau. Elles contiennent principalement les eaux ménagères, qui proviennent des salles de bains et des cuisines, elles sont généralement remplies de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques..., et les eaux vannes qui représentent les rejets des toilettes, elles contiennent des différentes matières organiques azotées et des germes fécaux (El rhazi *et al.*, 2009 ; Amrouni, 2016).

3.2. Eaux usées industrielle

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir (Metahri, 2012) :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries) ;
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

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

3.3. Eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable, car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (Metahri, 2012).

3.4. Eaux pluviales

Les eaux de pluie ont accumulées des polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules, elles se chargent aussi lors de ruissellement dans les rues. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, elles sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (Metahri, 2012).

4. Caractéristiques des eaux usées

4.1. Paramètres physicochimiques

4.1.1. Température (T)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique (Hamma et Moussouni., 2019).

4.1.2. Conductivité électrique (CE)

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

4.1.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène, exprimée en mg d'O₂/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables (Bachi, 2010).

4.1.4. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, est l'un des paramètres d'apprécier la qualité d'une eau. C'est la mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique biodégradable est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les microorganismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau (Boussadia et Amali, 2019).

4.1.5. Oxygène dissous (OD)

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (Zeghoud, 2014).

4.1.6. Potentiel Hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H⁺) ou d'ions hydroxyde (OH⁻) contenu dans la substance.

La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations de traitement de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et parce que certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH spécifique pour être efficace.

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau. Il sert au contrôle de la qualité de l'eau à l'entrée de la station d'épuration (STEP), les variations importantes du pH sont dues aux rejets industriels (OMS, 2007).

4.1.7. Matières en suspension (MES)

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

4.1.8. Matière azotée (N)

Elles sont souvent responsables de la prolifération des algues et des végétaux aquatiques dans les étendues d'eau. En pourrissant ces végétaux, elles se déposent au fond et relèguent des

produits solubles qui vont polluer de nouveau le milieu. La matière qui s'accumule va finir par combler l'étendue d'eau (eutrophisation).

L'azote peut se présenter sous plusieurs formes dans l'eau usée (Montegout, 1996 ; Gouri, 2017) :

- L'azote organique, l'azote se trouve dans des molécules avec l'hydrogène, du carbone et du phosphore ;
- L'azote ammoniacal se trouve sous forme d'ammoniac dissous dans l'eau (NH_3) ou sous forme d'ion ammoniacal (NH_4^+) ;
- Les ions nitrates NO_3^- (qui ont une forme stable de l'azote dans la nature) ou d'ion nitrite NO_2^- .

4.1.9. Matière phosphatée (P)

Les phosphates sont des composés phosphorés. Dans la nature, le phosphore (P) est généralement présent sous forme de molécules de phosphates. Parmi les phosphates présents dans l'eau, on distingue les orthophosphates, les polyphosphates et les phosphates organiques. Les phosphates sont présents dans les excréments, les engrais, les lessives, les shampoings et les détergents ménagers (Banas et Lata, 2006).

4.2. Paramètres microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (Belaid, 2010).

4.2.1. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Le taux moyen de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (Attab, 2011). Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes par litre. Les bactéries les plus détectées sont les salmonelles. Elles sont responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Belaid, 2010).

4.2.2. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. Leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 germes par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel (Belaid, 2010).

4.2.3. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est à dire qui se développe aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitement des eaux usées (Bouchenak et Khelladi, 2015).

4.2.4. Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires, tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux résiduaires. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/l (Attab, 2011).

5. Impact de la pollution de l'eau sur l'environnement et la santé humaine

La pollution de l'eau a des effets dévastateurs sur la santé humaine et l'environnement. Les principales sources de pollution de l'eau sont les rejets industriels, le ruissellement agricole, les eaux usées domestiques, les marées noires et les décharges. Ces polluants peuvent entraîner de graves problèmes de santé, tels que des maladies d'origine hydrique, des empoisonnements aux métaux lourds et des contaminants chimiques. En outre, la pollution de l'eau perturbe l'équilibre délicat des écosystèmes aquatiques, entraînant une perte de biodiversité, l'eutrophisation et la destruction des habitats (Abass, 2023 ; Lin *et al.*, 2022).

Les eaux contaminées ont des impacts sur la santé humaine, elles provoquent des diarrhées, des maladies de la peau, des cancers et diverses maladies infantiles. La pollution de l'eau présente aussi des impacts sur environnemental, elle affecte la vie aquatique, cause des dommages écologiques étendus et entraîne même l'extinction de certaines espèces. La lutte contre la pollution de l'eau nécessite des efforts collectifs de la part des gouvernements, des industries et des particuliers pour mettre en œuvre des réglementations strictes, promouvoir des pratiques durables et sensibiliser à l'importance de préserver les sources d'eau propre

(Abass,2023 ;Madhav *et al.*, 2020). Le tableau ci-après représente les maladies à transmission hydrique et leurs agents pathogènes.

Tableau 1 : Les maladies à transmission hydrique (Berrouane et Khoumeri, 2018).

Maladies	Agents pathogènes
D'origine bactérienne La typhoïde et la paratyphoïde La dysenterie bacillaire Le choléra La Gastro-entérite aigüe et la diarrhée	<i>Salmonelle typhique</i> <i>Salmonelle paratyphique A et B</i> <i>Shigellasp</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Entérotoxique Campylobacter</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonelle</i> <i>Shigellasp</i>
D'origine virale L'hépatite A et E La polio La Gastro-entérite aigüe et chronique	<i>Virus de l'hépatite A et B</i> <i>Virus de la poliomyélite</i> <i>Virus Norwalk</i> <i>Rotavirus</i> <i>Enterovirus</i> <i>Adenovirus</i>
D'origine parasitaire Dysenterie amibienne Parasite gastro-entérite	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium</i>

6. Situation des eaux usées et l'épuration en Algérie

L'Algérie est l'un des pays de la Méditerranée touchée par le stress hydrique. Cette situation s'accroît par plusieurs facteurs à savoir : les changements climatiques, l'urbanisation, la demande croissante de la population, le manque des ouvrages d'immobilisation des ressources hydrique ainsi que le phénomène de pollution des eaux souterraines et superficielles par différentes activités humaines. Cependant, les eaux des pluies, des barrages et des forages restent insuffisantes pour satisfaire les besoins de la population actuelle et aller avec le développement croissant des activités industrielles et urbaines (Bouchaala *et al.*, 2017).

Dans un contexte de développement durable, l'Algérie a dû relever le défi pour faire face à la situation critique, elle a adopté un plan national de l'eau jusqu'à l'horizon 2025, à travers la mise en place d'une politique de gestion de ces ressources hydriques, afin d'assurer la durabilité des ressources et de garantir une bonne gouvernance de l'eau. Ce qui explique de

nos jours, l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées (Bouchaala *et al.*, 2017).

L'Algérie dispose de 211 stations d'épuration, dont 71 stations à affinage naturel. En tout et pour tout, les capacités épuratoires peuvent atteindre 1 milliard de mètres cube. Le volume épuré est de l'ordre de 480 millions de mètres cube, soit un taux de 47 %. Ces stations d'épuration sont conçues pour protéger les barrages d'eau, la mer, les oueds, les nappes et les zones humides (Blidi, 2023).

La pratique de l'utilisation des eaux usées dans l'agriculture est très ancienne et assez courante à travers le monde (Chang *et al.*, 2002 ; Benfreha, 2022). Après l'implantation d'égouts dans les villes, elle s'est développée au cours des dernières décennies, notamment dans les zones arides et semi-arides. Ce développement est principalement dû à l'insuffisance d'eau fraîche et à la nécessité d'augmenter la production agricole. Actuellement, plus de 20 millions d'hectares dans 50 pays sont arrosés à partir d'eaux usées épurées ou brutes (Scott *et al.*, 2004 ; Benfreha, 2022).

L'assainissement en Algérie a toujours fait partie des missions relevant du domaine de l'hydraulique et sa gestion est restée indissociable de celle de l'alimentation en eau potable. D'autant que l'Algérie, pays semi-aride, avait fait face à une sécheresse, il a investi durant les dix dernières années 25 milliards de dollars. Cependant, la disponibilité de l'eau n'était pas le seul défi de l'Algérie puisque la distribution posait problème, 30 % de l'eau était perdue à cause de l'état défectueux des réseaux, de la mauvaise gestion et du déficit en stations d'épuration. Pour rappel, l'Algérie ne comptait, en 1999, que 45 stations d'épuration, réalisées depuis l'indépendance dont 12 seulement en service en 2000 avec une capacité de traitement qui ne dépassait pas 90 millions de mètre cube d'eau usée traitée (Hannachi *et al.*, 2014).

Le réseau d'assainissement exploité par l'ONA s'étend sur 55342 km, ce qui représente environ 80 % du réseau national. Au cours de l'année 2019, l'ONA a mis en service 154 stations d'épuration, dont 76 stations à boues activées, 75 stations de lagunage et 03 filtres plantés, pour épurer plus de 253 millions de m³ d'eaux. Les 154 stations ont une capacité totale installée de 10 390 762 EH, ce qui représente un débit nominal moyen de 1 573 867 m³/j et un débit moyen quotidien des eaux usées épurées de 668 396 millions m³/j (ONA, 2019 ; Ait allala et Saidani, 2020).

7. Normes de rejet

La préservation de l'environnement reste une priorité par rapport à l'activité humaine. Les émissions industrielles sont devenues un élément de pollution des eaux qui représente une menace sérieuse pour la stabilité de l'espace. Il est donc essentiel de combattre cette pollution, de prendre des mesures extrêmement rigoureuses, en mettant en place des lois répressives contre les rejets non traités, pour préserver notre environnement (Rata, 2017). Les normes de rejets sont des directives établies pour réglementer les quantités de substances rejetées dans l'environnement, elles sont cruciales pour assurer la protection des réseaux d'assainissement, en garantissant la qualité des eaux usées traitées, en contrôlant les raccordements, en vérifiant l'efficacité des installations et en garantissant la résilience des systèmes. Cela permet de préserver la santé humaine et la biodiversité tout en réduisant les impacts environnementaux négatifs des eaux usées non traitées (MELCC, 2020 ; eaufrance, 2024).

Le gouvernement Algérien a fixé les principes et les règles applicables de l'utilisation et la gestion des ressources en eau notamment par le décret exécutif 06-141 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel (JORA, 2006) et le décret exécutif 09-209 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement d'eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORA, 2009). L'annexe 1 représente les valeurs limites de rejets d'effluents fixées par le journal officiel.

Chapitre 2
Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique de la STEP

Tigzirt est une zone côtière située au nord de la wilaya de Tizi-Ouzou du côté de la mer méditerranéenne, elle joue le rôle de la porte régionale de cette wilaya. Elle est distante de 39 Km du chef-lieu de la wilaya, et située sur 124 km à l'Est d'Alger et sur 130 km à l'Ouest de Bejaia. La commune de Tigzirt est une zone fortement dotée en ressources naturelles, historiques et patrimoniales qui sont une source d'attractivité touristique pour la région. Tigzirt se caractérise par un climat méditerranéen, un hiver froid et humide, un été chaud et sec, une pluviométrie qui favorise le tourisme balnéaire, et une température agréable qui peut durer parfois 5 mois ce qui constitue un atout pour l'activité touristique. Elle compte 3 plages autorisées à la baignade, Tassalast, la grande plage, la plage de Feraoun. A cela, s'ajoute la richesse de ce territoire en faune maritime. Il est connu par plusieurs sortes et espèces de poisson qui peuvent créer une curiosité pour les visiteurs potentiels notamment par l'Espadon (Aissaoui, 2023).

En effet, la station d'épuration des eaux usées implantée en aval de la ville de Tigzirt joue un rôle important dans la protection de littoral et elle représente le point fort de la région. La STEP se situe à la sortie Ouest de la ville, sur la route nationale N°24, à environ 2 Km du centre-ville, sa superficie est d'environ 19 577 m². Elle est composée d'un bloc d'exploitation, d'un laboratoire d'analyses, un service de maintenance et une équipe d'exploitation gérée par un chef de station. La figure ci-après représente l'image satellitaire de la station d'épuration des eaux usées de Tigzirt (Aissaoui, 2023).

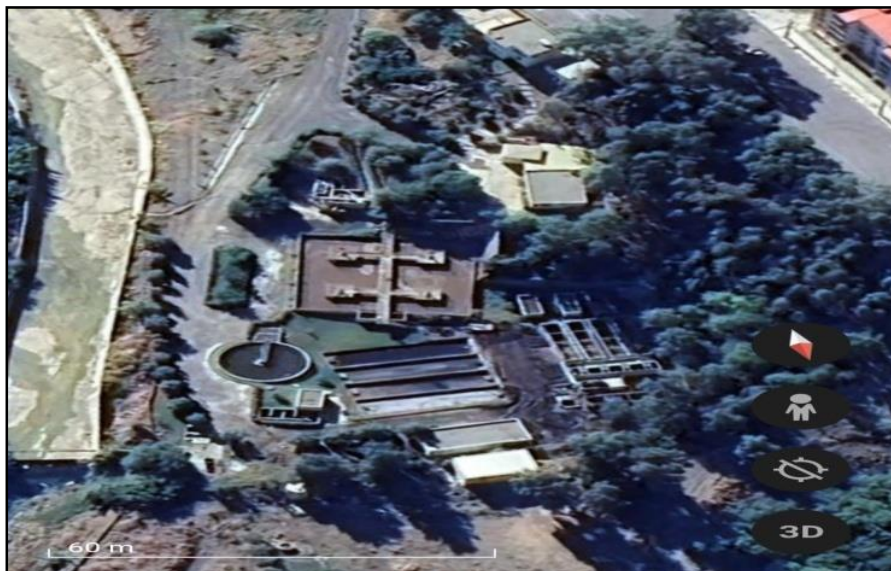


Figure 1 : Image satellitaire de la station de Tigzirt (Google Earth, 2024).

Les caractéristiques techniques de la STEP de Tizirt pour les eaux brutes sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Fiche technique de la STEP

Désignation	Valeurs
Mise en service	2015
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Urbaines
Charge hydraulique	
Type de traitement	Boue activée
Capacité	10 000 EH
Débit journalier totale	1000 m ³ /j
Débit moyen horaire	41,7 m ³ /h
Débit de pointe	93,6 m ³ /h
DBO ₅ journalière	400 kg/j
DCO journalière	600 kg/j
MES journalières	400 kg/j
pH	6,5 à 8,5
T°	< 25°

1.2.Fonctionnement de la station de Tizirt

1.2.1. Système de relevage

La gestion du service public d'assainissement est assurée par l'APC et l'ONA à l'exception de chef-lieu qu'est assuré par l'ONA. Le linéaire de réseau d'assainissement est de 66,42 Km avec un taux de raccordement de 59,22 %. La commune de Tizirt possède 13 points de rejets avec un volume total d'eaux usées rejetées de 5 752,80 m³/j dont 3 249 m³/j rejetées vers la STEP, 1019,16 m³/j rejetées dans des bassins de décantation puis la nature et 1484,64 m³/j rejetées dans la nature sans aucun traitement (Aissaoui, 2023). Le refoulement des eaux usées collectées est assuré par gravité et deux stations de relevage.

a) Station de relevage de Feraoun

Elle est située à la plage Feraoun, à 2 Km du centre-ville de Tizirt, reçoit les eaux usées de la partie Est de la ville ainsi que ceux de la partie Nord-Ouest du village Taksebt.

b) Station de relevage de centre-ville (port)

Elle reçoit les eaux usées de centre-ville de Tizgirt et les eaux pompées de la station Feraoun, elle assure le pompage des eaux à une hauteur de 35 m pour enfin rejoindre la station d'épuration par gravité.

c) Gravité

Le réseau d'assainissement du village d'El Azaib est raccordé directement à la STEP par gravité.

1.2.2. Procédés de l'épuration

a) Poste de relevage

Ce poste est équipé de trois pompes qui fonctionnent par alternance, en assurant le relevage des eaux usées vers le prétraitement (figure2). Il est équipé aussi d'un dégrilleur grossier qui sert à éliminer des gros déchets.

b) Prétraitement

Les eaux usées subissent un prétraitement visant essentiellement l'élimination des déchets, sable et matières flottantes ; selon les étapes suivantes :

- **Dégrillage**

Les eaux brutes passent à travers un dégrilleur fin courbe automatique représentée par la figure (3) qui permet la rétention des déchets qui sont récupérés dans un bac spécial.

- **Déshuilage dessablage**

Le bassin est à double fonctions : une décantation des sables et une flottation des graisses. Ce bassin est équipé d'un Aeroflot (figure 4) qui aspire l'air et l'injecte au fond, il facilite ainsi la flottation des graisses, ces dernières sont raclées vers l'extrémité de l'ouvrage par un racleur de surface, et récupérées dans la citerne des huiles. Le sable décanté par gravité au fond de l'ouvrage, est aspiré par une

pompe à sable vers le classificateur à sable ensuite récupéré à l'aide d'une vis d'Archimède dans des bacs.



Figure 2 : Poste de relevage



Figure 3 : Dégrilleur fin courbe automatique



Figure 4: Déshuilage Aeroflot

c) Traitement biologique (bassin d'aération)

L'effluent brut prétraité rejoint le bassin de répartition qui permettra un contact avec les boues activées recerclées pour le but de dégradation de la matière organique.

La station d'épuration de Tizirt est équipée de deux bassins d'aération rectangulaire, chaque bassin est composé de deux turbines d'aération de surface favorisant un meilleur rendement d'aération. La figure (5) représente un bassin d'aération.



Figure 5: Bassin d'aération

La minéralisation de l'azote au niveau des bassins d'aérations nécessite la nitrification et dénitrification afin d'oxydés l'ammoniaque (NH_4) en nitrates (NO_3^-) puis transformer ces derniers en azote gazeux par anoxie et qui sera échappé par les cascades et le dégazeur à la sortie du bassin d'aération.

d) Clarification et recirculation

Après un temps de contact suffisant dans le bassin d'aération, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur afin de permettre la séparation de l'eau et la boue. Le racleur de surface collecte toutes les mousses flottantes vers la boîte à écume et évacuées vers le poste de relevage. L'eau clarifiée est dirigée vers le bassin de contact. Les boues décantées sont récupérées au fond de clarificateur par des pompes soit pour la recirculation vers les bassins d'aérations ou pour l'extraction vers l'épaississeur.



Figure 6 : Clarificateur

e) Traitement des boues

• Épaississeur

Les boues sont transférées vers l'épaississeur par la pompe d'extraction. C'est le premier stade de traitement des boues, dont le principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues. Il a pour objectif de réduire le volume des boues et augmenter la concentration des matières sèches.

• Déshydratation

Au niveau de la STEP de Tizirt, les boues sont séchées par déshydratation naturelle (lits de séchage) et par déshydratation mécanique (filtre à bande).

✓ Déshydratation mécanique

Dans 03 bacs, on prépare un polymère avec de l'eau grâce aux agitateurs. Ce polymère est mélangé avec la boue liquide dans une seule conduite qui permet une viscosité élevée de la boue, ensuite elle passe dans une presse qui permet sa compression. Une fois l'eau est extraite, les boues déshydratées sont sorties directement sous forme d'une patte à l'extérieur de la presse grâce à un tapis roulant.



Figure 7 : Le central polymère



Figure 8 : Filtre à bonde

✓ Déshydratation naturel (lits de séchage)

La figure 9 représente les lits de séchage qui sont utilisés pour le séchage naturel des boues épaissies. L'eau infiltrée sur des lits de sable est récupérée dans un poste du filtrat et ensuite pompée en tête de station.

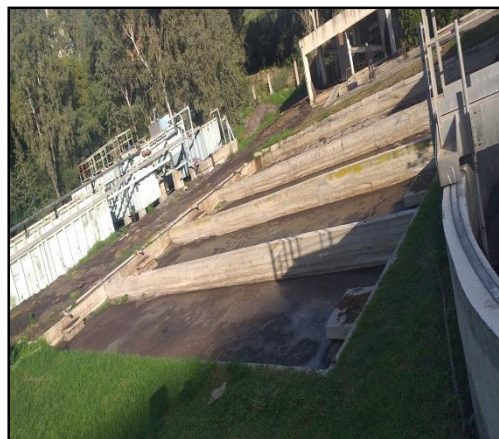


Figure 9 : Lits de séchage

2. Caractérisation physicochimiques des eaux usées

2.1. Echantillonnage

Pour l'analyse physico-chimique, les prélèvements ont été effectués dans des bouteilles en plastique jetables et collectés en toute sécurité, conservés et transportés dans une glacière à une température inférieure à 4 °C jusqu'à l'arrivée au laboratoire de ladite STEP (François

Bigonnesse, 2022). L'échantillonnage a été effectué de 18/02/2024 au 22/02/2024, à raison d'un prélèvement par jour. Le choix de type d'échantillonnage est le suivant :

- Echantillonnage direct pour la mesure de la température, le pH et les MES ;
- Echantillonnage composite est un l'échantillon préparé par mélange de plusieurs échantillons ponctuels, il consiste à la mesure de DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻ et PO₄³⁻

Deux points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- Un prélèvement de l'eau brute après l'étape de dégrillage ;
- Un prélèvement de l'eau épurée à la sortie du clarificateur.

2.2.Méthodes d'analyses

La température (T°) et le potentiel Hydrogène (pH) ont été mesurés par la méthode électrométrie à l'aide d'un thermomètre étalonné et un pH mètre. L'analyse des matières en suspension a été faite par la mesure directe à l'aide d'un spectrophotomètre Hach DR6000, les résultats s'affichent directement en mg/l.



Figure 10: Spectrophotomètre Hach DR6000

La demande biologique en oxygène a été déterminée par la méthode manométrique à l'aide d'un incubateur DBO et le système de mesure Oxy-Top en présence de l'hydroxyde de potassium dans les conditions suivantes : une température de 20 °C, une durée de 5 jours et à l'abri de la lumière. La demande chimique en oxygène a été déterminée par la méthode ST-DCO, cette méthode propose d'introduire un volume précis d'échantillon dans des tubes fermés prêts à l'emploi. Ils contiennent tous les réactifs nécessaires (dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique, de sulfate d'argent comme catalyseur et de sulfate de mercure) (Tandia, 2007 ; Rodier, 2009). La détermination des nitrites (NO₂), les nitrates (NO₃) et l'ammonium (NH₄) se font après filtration des eaux brutes pour l'entrée par la méthode spectrophotométrie à l'aide d'un spectrophotomètre Hach DR 6000. La détermination des Orthophosphates a été effectuée par la méthode spectrophotométrie, l'oxydation des échantillons se fait en présence d'acide sulfurique en utilisant des tubes fermés prêts à l'emploi.

3. Caractérisation bactériologique des eaux usées

3.1. Echantillonnage

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Les échantillons ont été prélevés dans des flacons stérilisés en verre blanc, d'une capacité de 1000 ml et remplis environ au $\frac{3}{4}$ du volume. Les flacons contenant l'échantillon sont transportés au laboratoire des traitements des eaux de notre faculté dans une glacière. Le temps entre la collecte et l'examen de l'échantillon ne doit pas excéder 24 heures (CCME, 2011 ; FUNASA, 2013).

3.2. Recherches et dénombrements

Le choix initial de la méthode de travail pour l'analyse bactériologique c'est orienté vers la méthode (NPP). L'absence des résultats pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, ce qui nous a poussé à utiliser la méthode par filtration sur membrane.

3.2.1. Germes revivifiables à 37°C (germes totaux)

❖ Définition

Il s'agit de micro-organismes aérobies qui peuvent être régénérés à 22 et 37 °C dans les eaux usées. Il s'agit d'un test d'orientation qui sert de mesure de la pollution, que ce soit dans les environnements naturels ou dans les réseaux, et également d'évaluation de l'efficacité de traitements (Rodier, 2009).

❖ Mode opératoire

Suite à l'analyse des échantillons, qui sont considérés comme des solutions mères, nous ajoutons 9 ml d'eau stérile dans une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser. 1 ml est prélevé à l'aide d'une pipette stérile et ajouté au premier tube jusqu'à ce que toutes les séries effectuées soient terminées.

- Disposer soigneusement 1 ml de chaque échantillon dans des boîtes de pétrie préalablement étiquetées ;
- Compléter en suite avec 20 ml de gélose TGEA, fondue et maintenue à 45 °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 paillasse puis incubé à températures, 37 °C pendant 24 à 48 h.

❖ Lecture

Les germes revivifiables se présentent sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

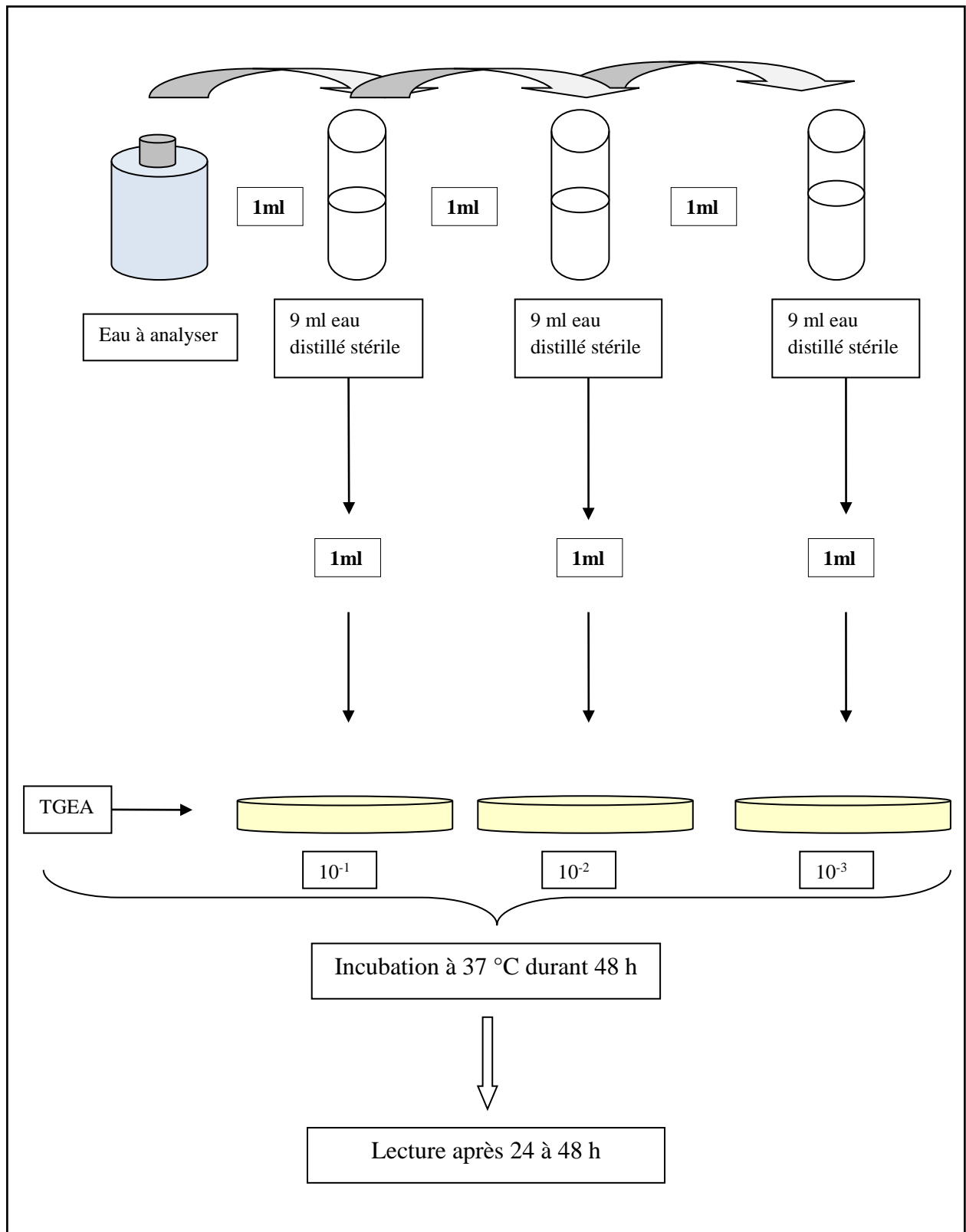


Figure 11: Recherche et dénombrement des germes totaux

3.2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux

❖ Définition

Selon l'Organisation International de Standardisation (ISO), le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h, à des températures de 35 à 37 °C (Rodier, 2009). Le terme de coliforme fécaux ou de coliforme thermo-tolérants correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44 °C (Rodier, 2009).

❖ Mode opératoire

Vu que les quantités de consommables utilisés au laboratoire (géluses, boites de pétri, réactifs...) sont limitées, nous avons effectué cinq dilutions décimales successives à partir de 10^{-3} jusqu'au 10^{-7} .

- Homogénéiser bien l'échantillon pour obtenir une répartition homogène des microorganismes puis effectuer les dilutions ;
- Placer les supports de filtres sur la rampe de filtration ;
- Agiter vigoureusement l'échantillon par un mouvement vertical ;
- Prendre une membrane filtrante stérile par son bord en utilisant une pincette stérilisée à l'alcool et flambée au bec Bunsen, déposer sur le support de filtre puis ajouter le filtre 0,45 μm ;
- Placer entonnoir sur le support, mettre le serrage de l'entonnoir ;
- Verser dans l'entonnoir 100 ml d'eau à analyser et mettre en fonction la pompe à vide ;
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane à l'aide d'une pincette stérile sur la surface de la gélose TTC ;
- Incuber les boites de pétri à 37 °C pendant 24 à 48 h pour les coliformes totaux et à 44°C pendant 24h pour les coliformes fécaux.

❖ Lecture

Les coliformes totaux se présentent sous forme de colonies orange et jaune. Pour les coliformes fécaux et l'*Escherichia Coli* sont généralement bleus à violettes.

3.2.3. Streptocoques fécaux

❖ Définition

Selon la norme ISO 7899-2 les streptocoques fécaux sont des micro-organismes qui se développent à 37 °C sur un milieu de Kenner ou sur milieu de Slanetz et Bartley, donnant une réaction positive à 44 °C sur une gélose biliée à l'esculine et qui, de plus, donnent une réaction négative dans l'essai à la catalase (Rejsek, 2002). La méthode de recherche et dénombrement des streptocoques par filtration sur membrane, consiste à recueillir et dénombrer les bactéries à la surface d'une membrane filtrante stérile.

❖ Mode opératoire

- Homogénéiser bien l'échantillon pour obtenir une répartition homogène des microorganismes puis effectuer les dilutions décimales successives (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7});
- Placer les supports de filtres sur la rampe de filtration ;
- Agiter vigoureusement l'échantillon par un mouvement vertical ;
- Prendre une membrane filtrante stérile par son bord en utilisant une pincette stérilisée à l'alcool et flambée au bec Bunsen, déposer sur le support de filtre puis le filtre de 0,45 μm ;
- Placer entonnoir sur le support, mettre le serrage de l'entonnoir ;
- Verser dans l'entonnoir 100 ml d'eau à analyser et mettre en fonction la pompe à vide ;
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane à l'aide d'une pincette stérile sur la surface de la gélose BEA ;
- Incuber les boîtes de pétri à 37 °C pendant 24 à 48 h.

❖ Lecture

Les streptocoques se présentent sous forme des colonies entourées d'un halo noir qui diffuse dans le milieu BEA, résultat de l'hydrolyse de l'esculine.

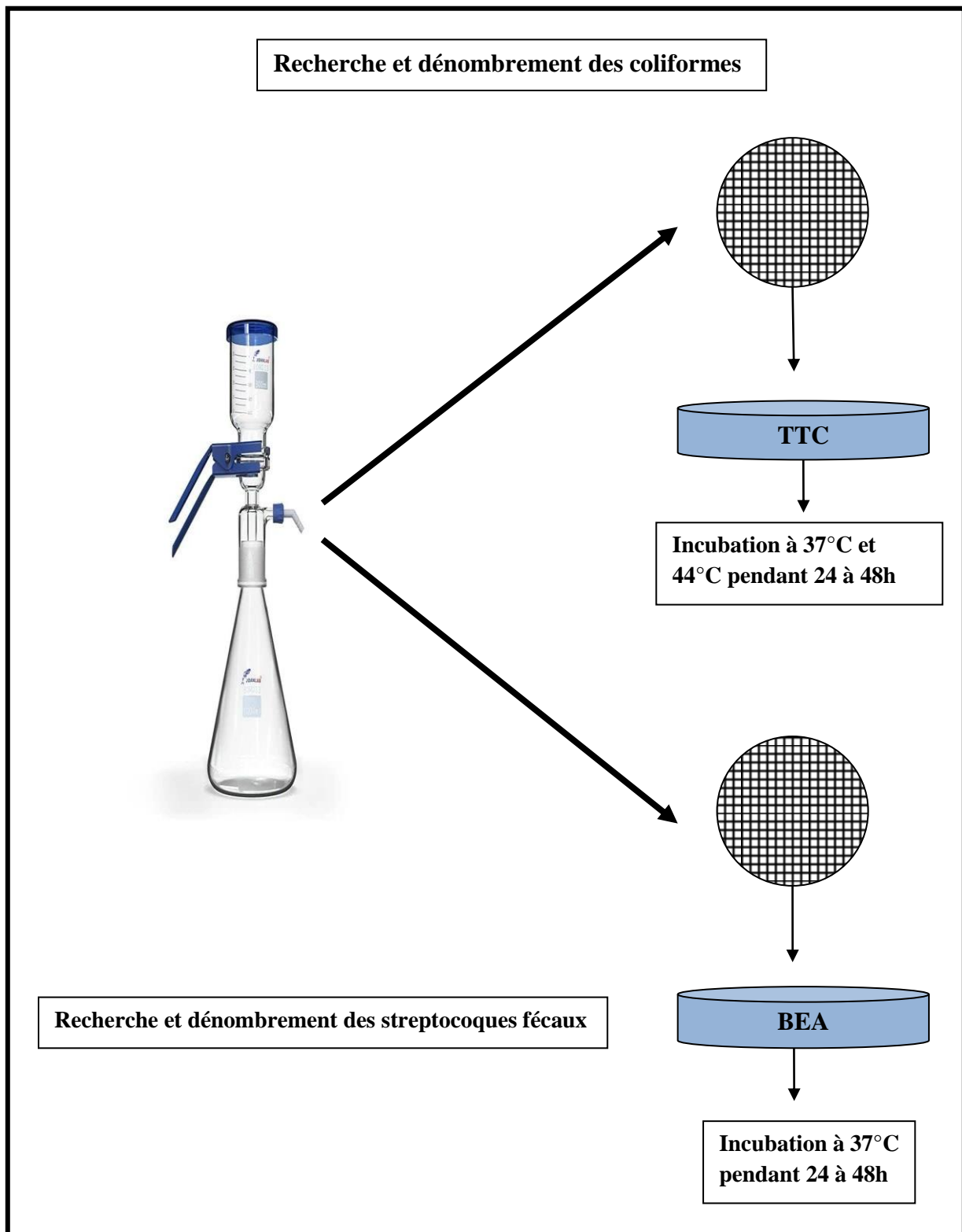


Figure 12 : Recherche et dénombrement des coliformes et les streptocoques

3.2.4. Spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

❖ Définition

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram positifs, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS de couleur noire (Boudouda et Kerchiche, 2012).

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré, additionné de sulfite de sodium et de sels de fer. La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporée. L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir autour des colonies (Rodier, 2009).

❖ Mode opératoire

- Prendre environ 25 ml 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 stérile, à raison de 5 ml par tube ;
- Ajouter environ de 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 45 °C ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C, pendant 24 à 48 heures ;
- La première lecture doit absolument être faite à 16 h car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas en se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 h et le troisième à 48 heures.

❖ Lecture

Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le totale des colonies à 20 ml d'eau à analyser.

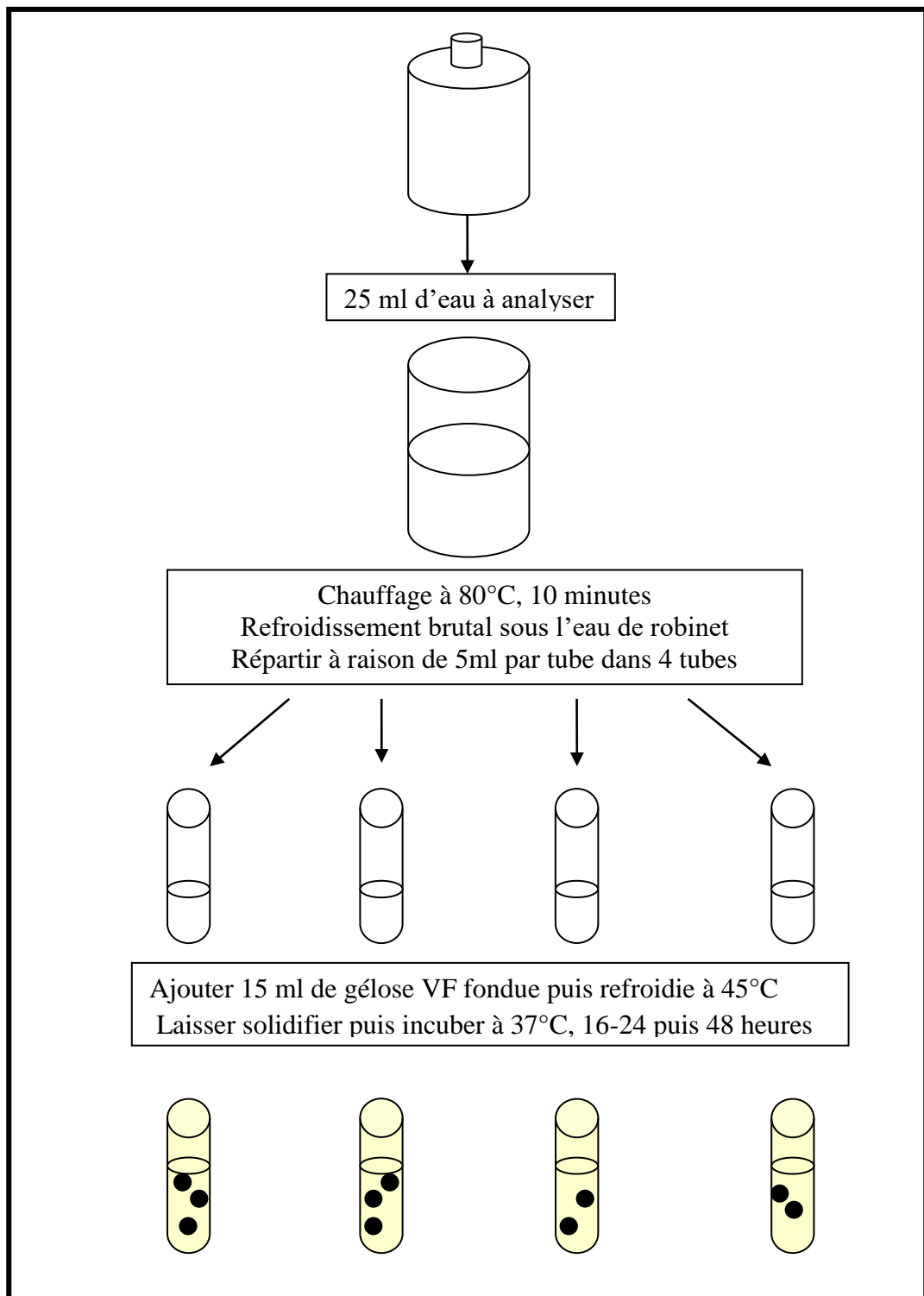


Figure 13: Recherche et dénombrement des ASR

3.2.5. Salmonelles

❖ Définition

Ce sont des bactéries Gram négatif, oxydase négative, anaérobies facultative, a sporulées, en forme de bâtonnet, qui forment des colonies typiques sur milieu sélectif solide. Elles présentent les caractéristiques biochimiques et sérologiques de ce genre d'entérobactéries (Rejsek, 2002). Un grand nombre de méthodes de recherche sur divers types de milieux sont disponibles. La recherche dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement, de sélection puis de confirmation.

❖ Mode opératoire

➤ Premier enrichissement

- Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu SFB (Sélénite F Broth) en tube de 9 ml ;
- Ajouter 1ml de l'eau à analyser ;
- Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

➤ Deuxième enrichissement

Ce tube fera l'objet :

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tube à raison de 0.1 ml ;
- D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen ;
- Incubation à 37 °C pendant 24 heures.

➤ Lecture des boîtes et identification

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement ;
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte de fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

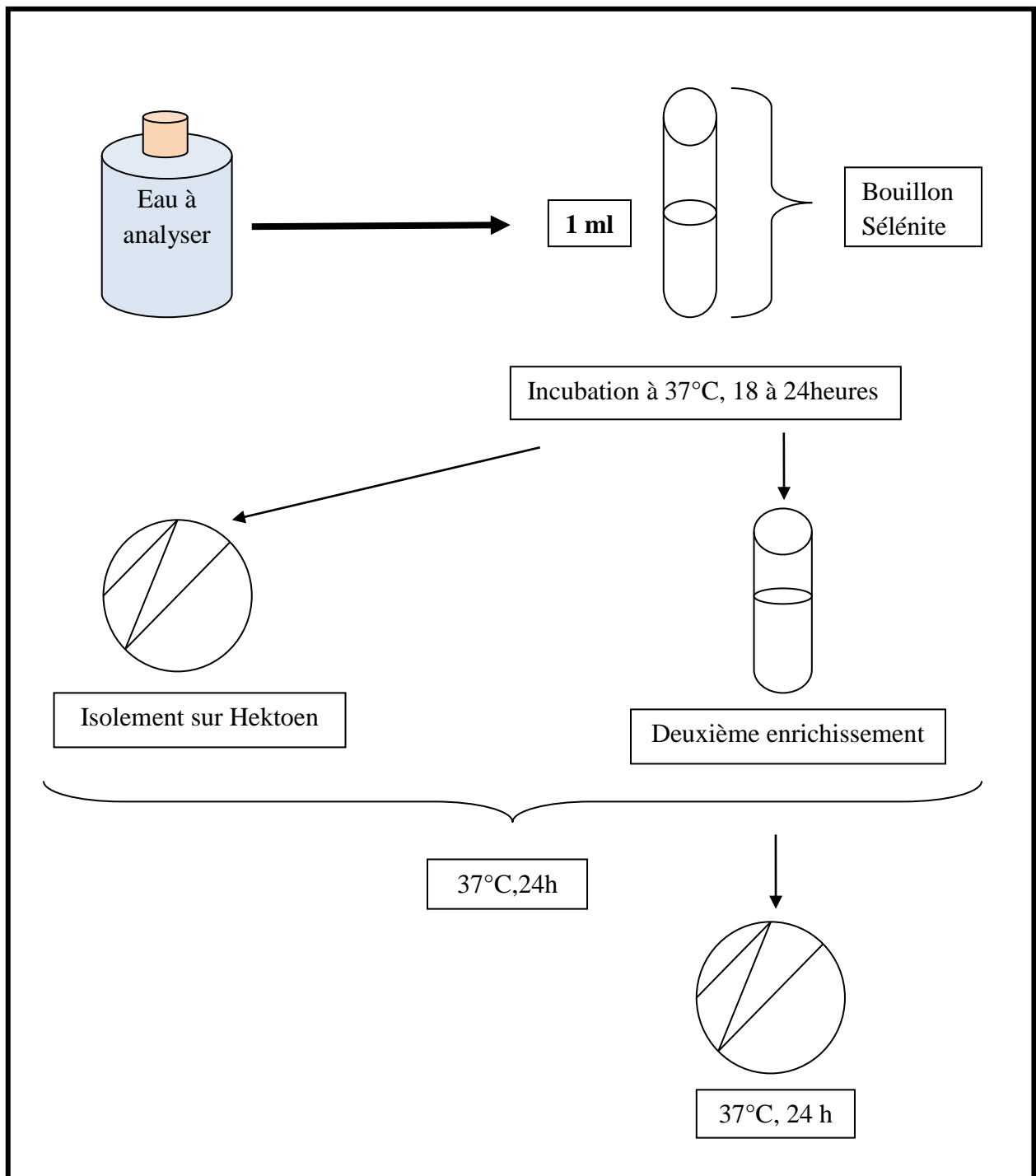


Figure 14 : Recherche et dénombrement des salmonelles

3.2.6. Vibrions cholériques

❖ Définition

Les *Vibrion* 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' H_2S (Harvey *et al.*, 2007, Oughidini, 2015).

❖ Mode opératoire

➤ Premier enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu eau peptone alcaline (EPA) réparti à raison 7 ml 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 (Lebres, 2002, Oughidni, 2015).

➤ Deuxième enrichissement et isolement

Ce flacon fera l'objet :

- 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 et identification

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB (Lebres, 2002, Oughidini, 2015) ;
- 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.

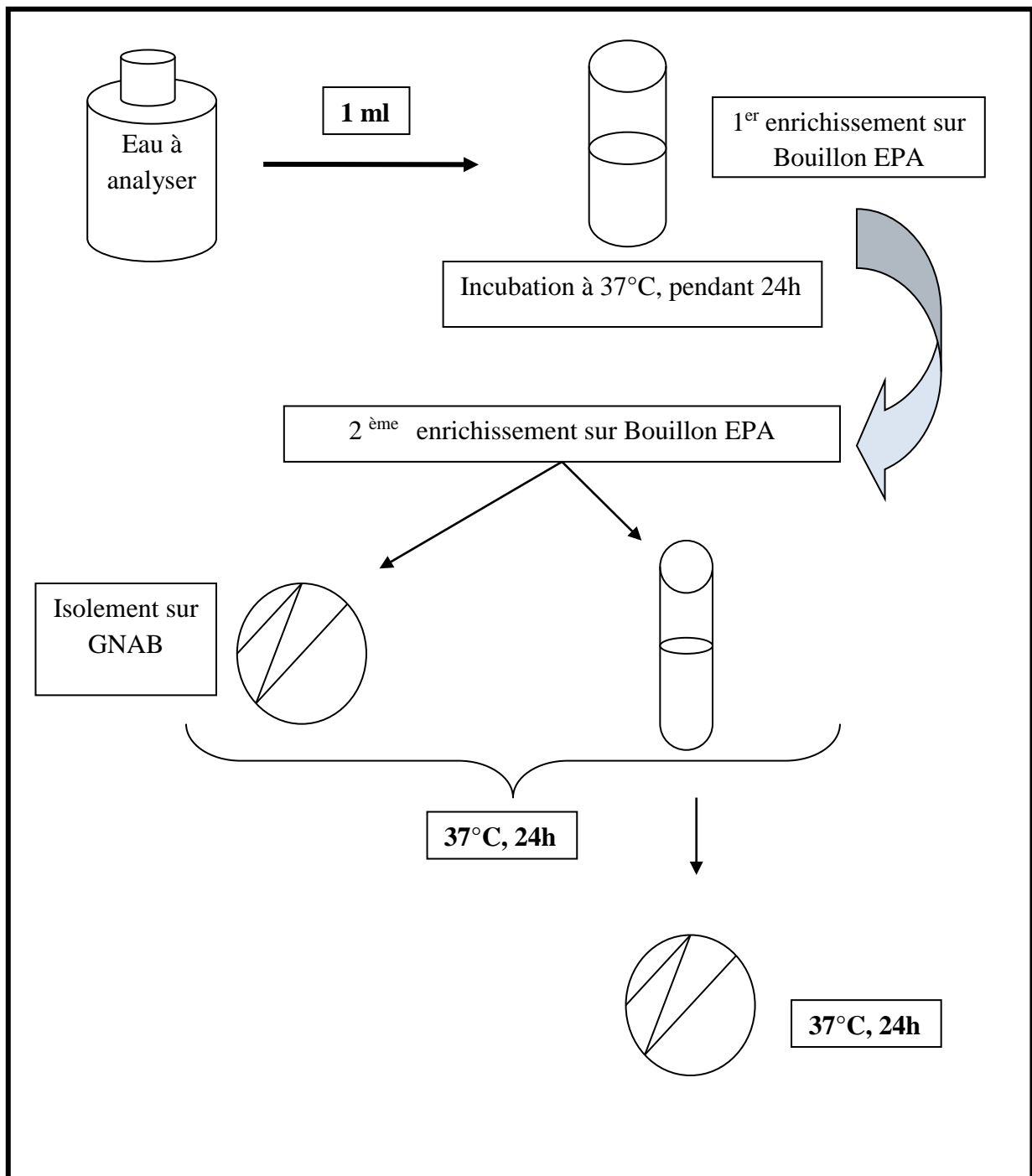


Figure 15: Recherche et dénombrement des vibrions cholériques

3.2.7. Staphylocoques pathogènes

❖ Définition

Les staphylocoques font partie de la famille des *Micrococcacear* dont la norme donne la définition suivante : Coques Gram positif, groupés en amas, catalase positive, et qui se développent à 37 °C sur un milieu sélectif de Chapman sans distinction de coloration des colonies.

❖ Mode opératoire

Selon la norme NF ISO 7218, nous devrions suivre les étapes suivantes :

- 2 gouttes d'eau à analyser est versée dans la boîte de pétri contenant le milieu Chapman ;
- Effectuer un ensemencement par étalement ;
- Incubation à 37 °C, pendant 24 à 48 heures.

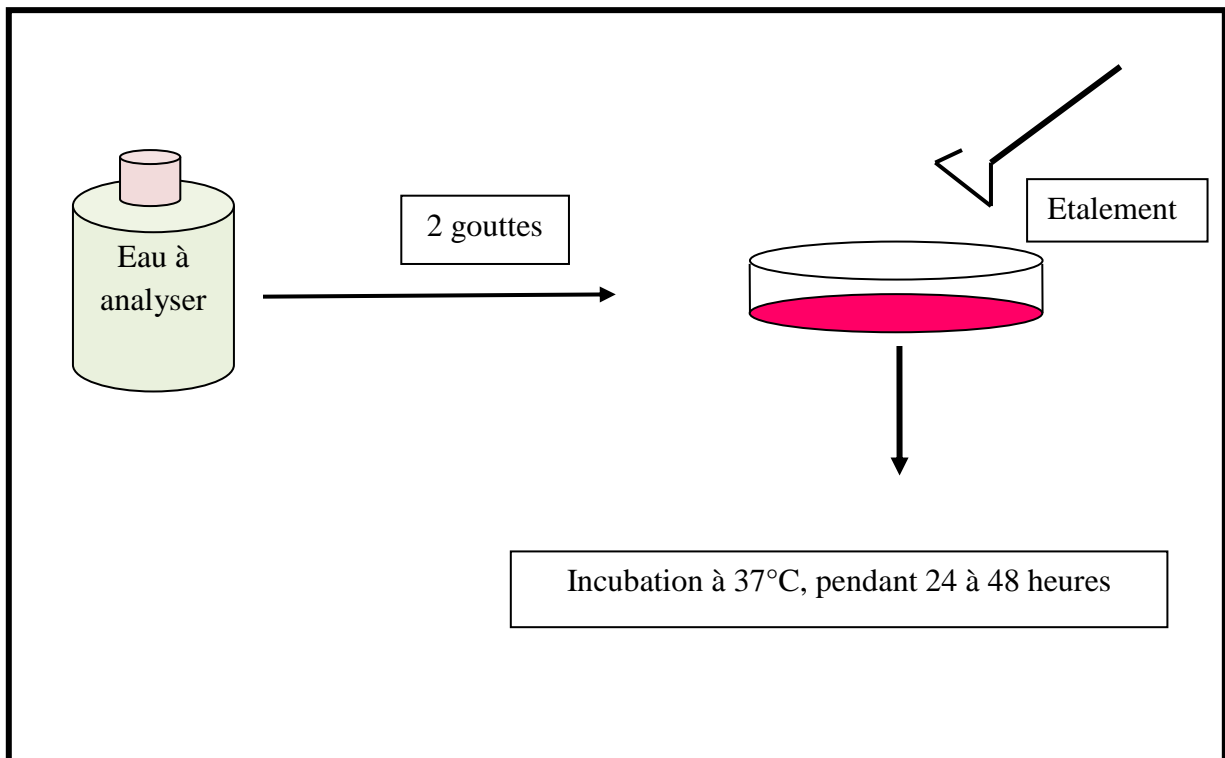


Figure 16: Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes

Chapitre 3
Résultats et Discussion

1. Caractérisation physico-chimique

Pour l'analyse physico-chimique, les paramètres étudiés sont : la température de l'eau, le potentiel Hydrogène, les matières en suspension, la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, les nitrates, les nitrites et les ortho phosphates.

1.1.Température

La valeur de la température de l'eau brute (EB) est de 15,5 °C, et pour l'eau épurée (EE) la valeur est de 14,7 °C comme le montre la figure 17. Nous observons une légère réduction de la valeur de la température à la sortie ceci peut être expliqués par l'activité de la dégradation de la pollution contenue dans l'eau brute par les microorganismes (Benyoucef, 2021). Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Benfreha (2022) pour la STEP d'El Kouwaer de la ville de Mascara avec une moyenne de 13,5 °C pour l'eau brute et traitée. Elles sont aussi supérieures à ceux de Hamaidi-Chergui *et al.*, (2016) pour la STEP de Médéa avec une moyenne de 11 °C pour l'eau brute et de 10,91 °C pour l'eau épurée. Ces valeurs restent inférieures à 30 °C considérée comme la norme Algérienne de rejets dans le milieu récepteur (JORA, 2006).

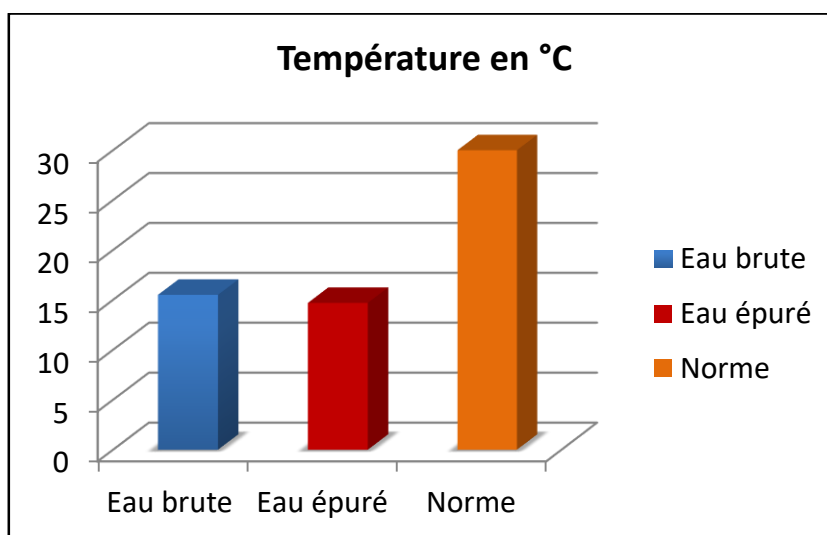


Figure 17 : Température de l'eau brute et l'eau épurée

1.2.Potentiel Hydrogène

La valeur de pH à l'entrée de la station est égale à 6,49, à la sortie le pH est de 6,78. Les valeurs trouvées sont inférieures à ceux trouvées à la STEP de El Kouwaer de la ville de Mascara par Benfreha (2022) à savoir une valeur moyenne de 7,55 pour l'eau brute et de 7,65 pour l'eau traitée. En revanche, elles sont légèrement supérieures à ce trouvées par Hamaidi-Chergui *et al.*, (2016) à Médéa pour une moyenne de 7,05 pour l'eau brute. La gamme de valeurs de pH obtenues favorise la croissance des organismes nécessaire à la dégradation biologique de la pollution organique (Fechkeur et Fekir, 2023). Les résultats conformes aux normes algériennes et correspondent à l'intervalle de pH optimal qui est comprise entre 6,5 et 8,5 (JORA, 2006).

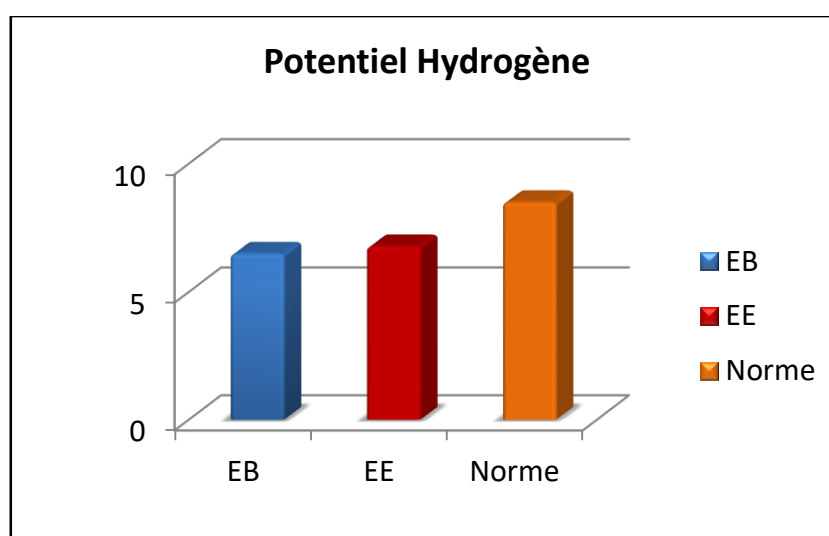


Figure 18 : Potentiel Hydrogène de l'eau brute et l'eau épurée

1.3.Conductivité électrique

La conductivité est utilisée pour évaluer la minéralisation globale de l'eau.

La valeur de la conductivité à l'entrée de la station est de 1762 μ Sm/cm, à la sortie elle est de 1660 μ Sm/cm. La réduction de la conductivité dans la STEP est due à l'assimilation des sels nutritifs (azote et phosphate) produit par la dégradation de la matière organique en présence de bactéries. En effet, une salinité dépasse la valeur limite de 2500 μ Sm/cm, peut réduire la prolifération des microorganismes, ce qui entraîne une diminution du rendement épuratoire (Metahri, 2012).

Nos résultats sont inférieurs à ceux de Benfreha (2022) pour la STEP de El Kouwaer de la ville de Mascara, avec une moyenne de 2320 μ Sm/cm pour l'eau brute et de 1934 μ Sm/cm pour l'eau épurée et à ceux de Hamaidi-Chergui *et al.* (2016) à Médéa avec une moyenne de

2769 $\mu\text{Sm/cm}$ pour l'eau brute. En revanche, notre résultat en terme d'eau traité est supérieur à 1569 $\mu\text{Sm/cm}$ trouvé à Média (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016).

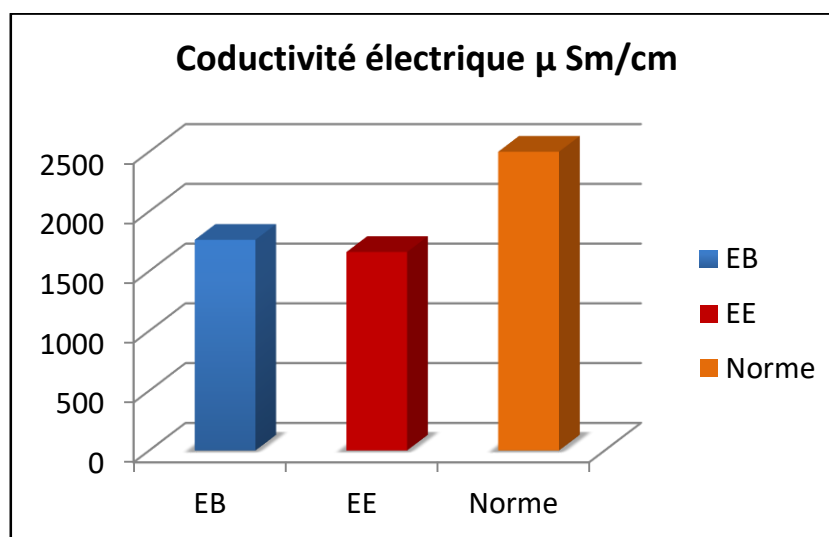


Figure 19 : Conductivité électrique de l'eau brute et épurée

1.4.Matières en suspension

La concentration de la matière en suspension de l'eau brute est de 306 mg/l et l'eau épurée est de 7 mg/l. L'évolution des MES va dans le sens de réduction indiquant une élimination de celles-ci. Le taux d'abattement des matières en suspension est de 97,71 %, il assure la fiabilité de procédé de décantation de la STEP. Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés à Mascara (Benfreha 2022) avec une valeur moyenne de 317,5 mg/l pour l'eau brute et de 25,25 mg/l pour l'eau épurée. De même, elles sont aussi inférieures à ceux de Hamaidi-Chergui *et al.* (2016) à Médéa avec une moyenne de 529,67 mg/l pour l'eau brute et de 23,5 mg/l pour l'eau épurée. Les valeurs de sortie sont inférieures à 35 mg/l considérée comme norme Algérienne de rejet vers le milieu récepteur fixée par le JORA (2006).

Les variations de la MES sont illustrées dans la figure suivante.

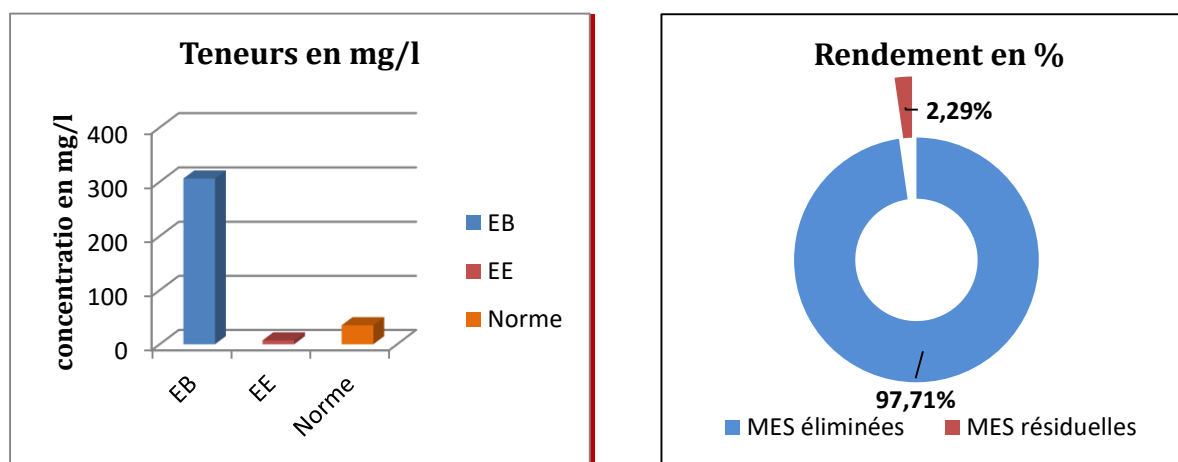


Figure 20 : Variation de la MES et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.

1.5.Demande biochimique en oxygène

À l'entrée de la station, la DBO_5 est de 980 mg/l, ce qui s'explique la charge considérable de l'effluent en pollution organique. Cette charge est probablement due aux rejets des effluents industriels agroalimentaires et l'abattoir raccordés au réseau public d'assainissement. Les effluents non domestiques présentent une source majeure de nuisances, car ils contribuent à la dégradation des ouvrages d'assainissement et au dysfonctionnement de la STEP. De même, cette valeur dépasse 500 mg d' O_2/L considéré comme valeur moyenne de rejet admissible dans les ouvrages d'assainissement ou dans une station d'épuration fixée par le JORA (2009).

Une fois l'eau épurée, les niveaux diminuent considérablement pour atteindre 9 mg/l, signifié ainsi la bonne dégradation de la matière organique par les bactéries épuratrices avec un taux d'abattement de 99,08 % et un taux résiduel de 0,92 %.

En effet, l'eau brute est supérieur à ceux trouvé à Mascara (Benfreha, 2022) et Médéa (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016) respectivement de l'ordre de 215,5 et 680 mg/l. Pour l'eau traitée notre résultat est inférieur à 12,25 mg/l trouvé à Mascara par Benfreha (2022). En contrepartie, il est supérieur à 5,89 mg O_2/l trouvé à Médéa par Hamaidi-Chergui *et al.* Ces valeurs respectent la norme algérienne < 30 mg/l de rejet vers l'environnement.

La figure 21 représente les teneurs en DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration d'une part et d'autre part le rendement d'élimination.

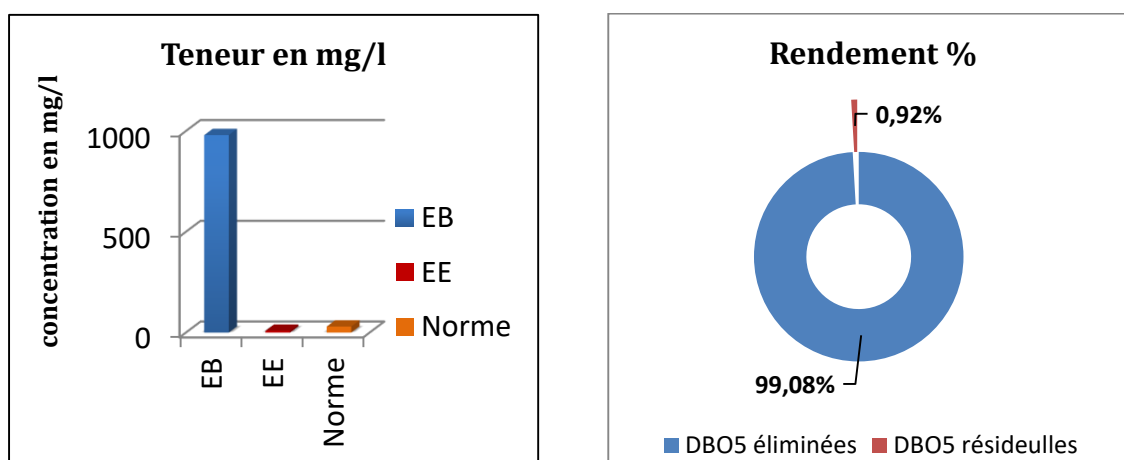


Figure 21 : Variation de la DBO₅ et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP.

1.6.Demande chimique en oxygène

La valeur de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux usées d'entrée est 1286 mg d'O₂/l, cette valeur est très élevée, elle est due au rejet d'effluents de la laiterie et d'abattoir fortement chargés en matières organiques biodégradables et non biodégradables, elle dépasse ainsi 1000 mg d'O₂/l la valeur moyenne de rejet admissible dans les ouvrages d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORA, 2009).

A la sortie de STEP, nous avons observé une réduction importante de la matière oxydable dont la valeur est 67,2 mg d'O₂/l avec un taux d'élimination de 94,77 %, évoque une élimination satisfaisante de la matière oxydable. Le résultat d'eau brute est similaire à 1278,5 mg/l trouvé à Mascara Benfreha (2022), et il est supérieur à 672,02 mg/l trouvé à Médéa (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016). La teneur d'eau épurée est inférieure à 86,2 mg/l trouvée à Mascara (Benfreha, 2022), mais elle est supérieure à 40,5 mg/l trouvée à Médéa (Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016).

La figure 22 représente les teneurs en DCO à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration d'une part et d'autre part le rendement d'élimination.

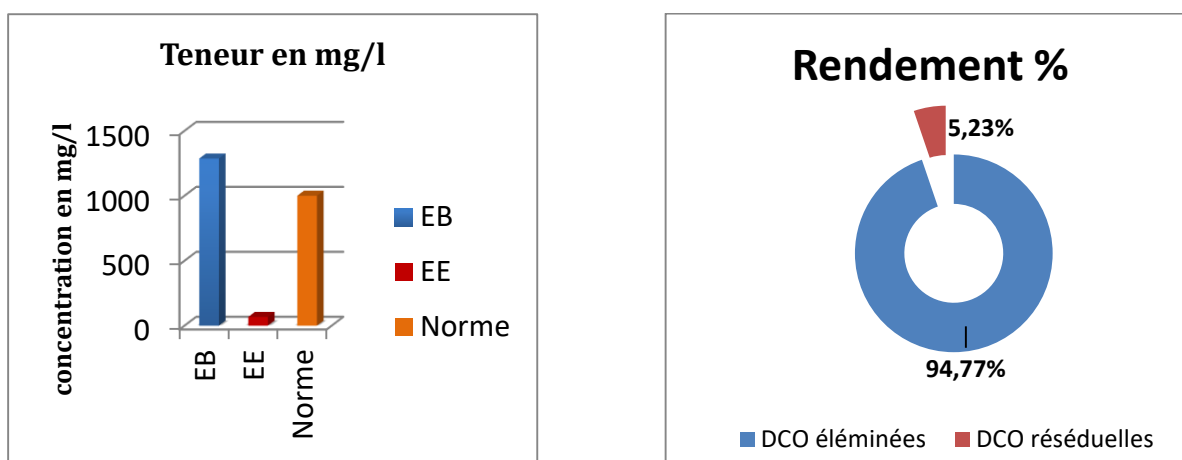


Figure 22 : Variation de la DCO et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP

1.7.Nitrates et nitrites

La valeur des nitrites à l'entrée de la STEP est de 0,3 mg/l et à la sortie est de 0,03 mg/l avec un taux d'abattement de 90 %. De fait que ces stations ne possèdent pas de filière de dénitrification, le résultat de la diminution des nitrites dans les eaux de sortie peut être lié à plusieurs facteurs ; la décantation de MES permet d'éliminer une tranche d'azote contenue dans cette pollution particulière ; la consommation de la matière organique par les bactéries aérobies contribue efficacement à l'oxydation biologique de l'azote ; l'assimilation sauvage de l'azote à l'extrémité des bassins.

La concentration des nitrates à l'entrée de la station est de 0,35 mg/l et à la sortie est de 5,4 mg/l. Nous remarquons une production des nitrates, elle pourrait être due à l'oxydation biologique de l'acide nitreux en acide nitrique par les nitrobacters et/ou à l'oxydation incomplète de l'acide nitrique en azote gazeux. Le résultat trouvé en termes d'eau brute est similaire à 0,37 mg/l trouvé par Benfreha (2022) à Mascara

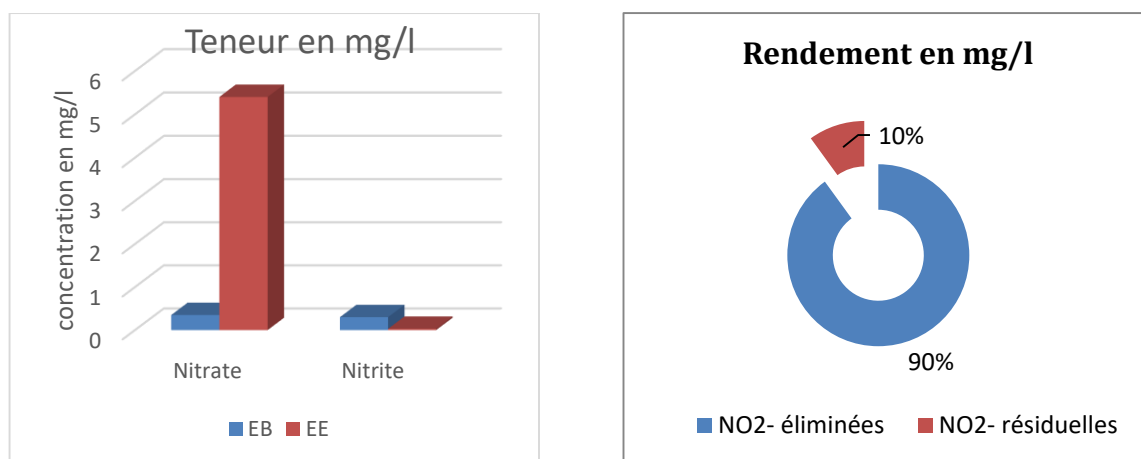


Figure 23 : Variation des nitrates et nitrites et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP

1.8.Ortho phosphates

Les résultats obtenus pour les ortho phosphates montrent une valeur de 98 mg/l à l'entrée de la station, cette valeur élevée peut être expliquée par le rejet des effluents d'industrie agroalimentaire et l'abattoir implanté dans la région, la valeur trouvée reste supérieure à 50 mg/l norme de rejet en phosphore admissible dans les ouvrages d'assainissement ou dans une station d'épuration (JORA, 2009).

A la sortie de la STEP, la teneur diminue à 29 mg/l où le taux d'élimination est de 70.40 %. Selon l'office international de l'eau (2005), la réduction de phosphore est liée à plusieurs phénomènes, en particulier, une proportion de 0 à 10 % est décantée et une autre partie est éliminée par l'oxydation biologique en parallèle avec matière organique. Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Benfreha (2022) à Mascara (3,20 mg/l pour l'eau brute et de 3,13 mg/l pour l'eau épurée) et par Hamaidi-Chergui *et al.*, (2016) à Médéa (1,35 mg/l pour l'eau brute et de 0,77 mg/l pour l'eau traitée).

La valeur enregistrée en ortho phosphates des eaux épurées ne respecte pas la norme algérienne relative au rejet en milieu naturel fixées dans le JORA en 2006 à savoir 2 mg/l. Elle est supérieure de 14 fois la norme. Des efforts supplémentaires doivent être déployés pour éviter le phénomène d'eutrophisation par l'excès de phosphore dans les eaux épurées rejetées dans l'Oued de Tamda qui alimente à 500 m la plage Tassalast.

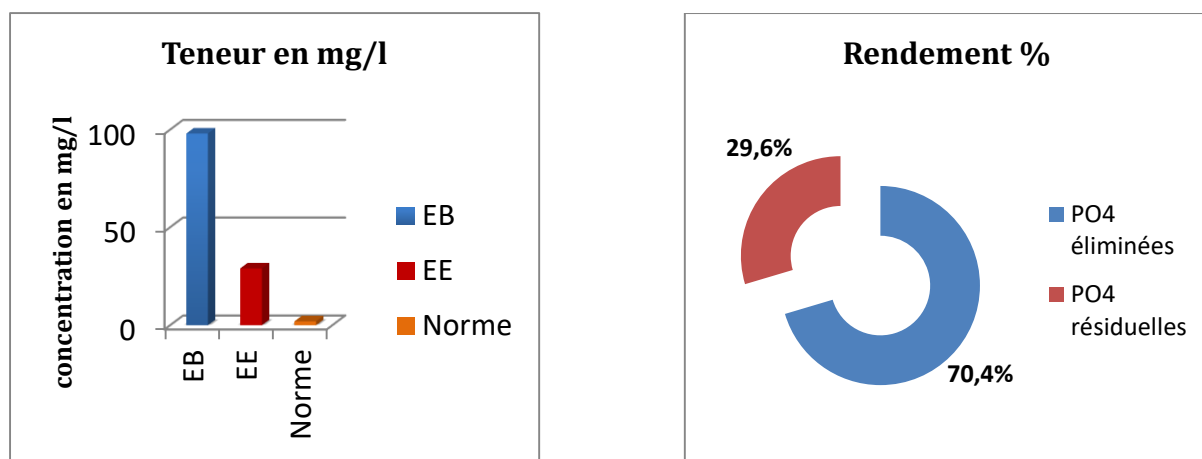


Figure 24 : Variation de PO₄ et son rendement épuratoire dans les eaux de la STEP

2. Résultats et discussions des analyses bactériologiques des eaux usées brutes et traitées

2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

La flore mésophile aérobie totale est utilisée comme un indicateur de pollution globale. Toutefois, la comptabilisation de ces microorganismes nous permet d'avoir une idée de la quantité de microorganismes présente dans les eaux usées traitées, elle est également utilisée comme indicateur de l'efficacité du traitement biologique (Fagrouch, 2010 ; Tabet, 2015).

Les résultats de dénombrement des GT à 37 °C des eaux usées prélevées sont présentés dans le tableau 03. Les fortes concentrations des GT à 37 °C ont été enregistrées au niveau du deuxième prélèvement avec des valeurs variées entre $2,36 \times 10^5$ et $1,73 \times 10^6$ germes/ml pour l'eau brute, et entre $2,43 \times 10^5$ et $4,3 \times 10^5$ germes/ml pour l'eau épurée. Les faibles concentrations des GT ont été enregistrés au premier prélèvement avec des valeurs variées entre 90 et 500 germes/ml pour l'eau brute, et entre 200 et 370 germes/ml pour l'eau épurée.

La performance d'abattement des GT de la station est de 58,53 % pour le P1 et de 98,74 % pour le P2.

Tableau 03 : Variation et rendement épuratoire en GT dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneur des GT dans les eaux en germes/ml		Taux en %	
	Brute	Epurée	Elimination	résiduel
P1	90 - 500	200 - 370	58,53	41,47
P2	$2,36 \times 10^5$ - $1,73 \times 10^6$	$2,43 \times 10^5$ - $4,3 \times 10^5$	98,74	1,74

2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La charge polluante enregistrée des CT dans le premier prélèvement est indénombrable à une dilution de 10^{-1} à 10^{-3} nous constatons ainsi une forte charge. Ces concentrations très élevées résultent par la présence des conditions du milieu idéal pour la prolifération de bactéries telles que l'abondance en nutriments, en oxygène dissous, un pH alcalin et une température modérée. Pour le deuxième prélèvement, les valeurs enregistrées sont de l'ordre de $3,6 \times 10^4$ et $3,2 \times 10^2$ UFC/100ml respectivement pour l'eau brute et l'eau épurée. Le résultat montre une diminution significative avec un taux d'abattement de 99,11 %. Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans la STEP de Médéa avec une moyenne de $9,28 \times 10^9$ UFC/100 ml pour l'eau brute et de $3,81 \times 10^6$ UFC/100 ml pour l'eau traitée (Hamidi-Chergui *et al.*, 2016). En revanche, ils sont supérieurs à ceux trouvés par Tabet (2015) à la STEP de Guelma. Cependant, ces valeurs restent dans la limite de la norme fixée entre 10^3 et 10^7 germes/100ml (OMS in Hamidi-Chergui *et al.*, 2016).

Tableau 04 : Variation rendement épuratoire en CT dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des CT dans les eaux en UFC/100ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	résiduel
P1	indénombrables	indénombrables	/	/
P2	$3,6 \times 10^4$	$3,2 \times 10^2$	99,11	0,89

La charge polluante enregistrée des CF dans le premier prélèvement est indénombrable à une dilution de 10^{-1} à 10^{-3} nous constatons ainsi une forte charge. Pour le deuxième prélèvement, la valeur observée pour l'eau brute est de 2500 UFC/100ml, le nombre de ces germes a

régressé après traitement où nous avons dénombré dans 590 UFC/100ml pour l'eau épurée dont le taux d'élimination est de 76,40 %. Ces résultats sont inférieurs par rapport à ceux dénombrés par Tabet (2015) et par Hamidi-Chergui *et al.*, (2016). De même, nos valeurs restent dans la limite de la norme fixée à 10^6 germes/100ml (OMS in Hamaidi/Chergui 2016).

Tableau 05 : Variation et rendement épuratoire en CF dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des CF dans les eaux en UFC/100ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P1	indénombrables	indénombrables	/	/
P2	2500	590	76,40	23,60

2.3.Résultats et dénombrements des streptocoques fécaux

Le tableau 06 représente les résultats de dénombrement des SF des eaux prélevées. Les valeurs enregistrés dans le premier prélèvement sont indénombrables à une dilution de 10^{-1} à 10^{-3} , et pour le deuxième prélèvement, le résultat est de 400 UFC/100ml pour l'eau brute. Dans l'eau traitée on a enregistrée l'absence totale des SF. Cette absence de SF dû probablement au diversement des eaux usées de l'hôpital de la ville qui sont chargée par des produits nocives à ce genre de bactérie (Barour *et al.*, 2012). Ces résultats sont inférieurs à ceux de Tabet (2015), et aussi à ceux de Hamidi-Chergui *et al.*, (2016), varie entre $1,70 \times 10^9$ et $3,20 \times 10^9$ germe/100 ml pour l'eau brute, et varie entre 3×10^5 et $6,80 \times 10^5$ germe/100 ml pour l'eau épurée.

Ces résultats répondent aux recommandations de l'OMS fixé à 10^5 germes/100ml (OMS in Hamaidi-Chergui *et al.*, 2016).

Tableau 06: Variation et rendement épuratoire en SF dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des SF dans les eaux en UFC/100ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P1	indénombrables	indénombrables	/	/
P2	400	Absence	100	0

2.4. Résultats et dénombrements des spores anaérobies sulfito-réducteur

Le tableau 07 représente les résultats de dénombrement des ASR dans les eaux usées. Les résultats obtenus dans le premier prélèvement sont de 37 UFC/20 ml pour l'eau brute et de 10 UFC/20 ml pour l'eau épurée avec une performance d'abattement de 72,97 %. Pour le deuxième prélèvement, le résultat est indénombrable pour une dilution de 10^{-1} à 10^{-3} . Nos résultats sont inférieurs à ceux de Hamidi-Chergui *et al.*, (2016), avec une moyenne de $3,43 \times 10^4$ spores/20 ml à l'entrée et $3,73 \times 10^2$ spores/20ml à la sortie.

Tableau 07 : Variation et rendement épuratoire en ASR dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des ASR dans les eaux en spores/20ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P1	37	10	72,97	27,03
P2	indénombrables	indénombrables	/	/

2.5. Résultats et dénombrement des salmonelles

Le tableau 08 représente les résultats de dénombrement des salmonelles. Les plus fortes valeurs ont été enregistrées au niveau du premier prélèvement (indénombrable). Au niveau de deuxième prélèvement, des valeurs ont été dénombrées avec un nombre de $1,12 \times 10^6$ UFC/ml pour l'eau brute et de $6,9 \times 10^5$ UFC/ml pour l'eau traitée le rendement d'élimination des salmonelles est faible dont le taux d'élimination est de 38,39 % et le taux résiduel est de 61,61 %. Cette forte concentration des salmonelles dans les eaux usées de la STEP dû probablement à la présence de ces bactéries dans les matières premières utilisées à la production de denrées alimentaire (les œufs, les viandes, le lait) de la laitière et l'abattoir de la région d'après (anses, 2018 ; anses, 2021).

Tableau 08 : Variation et rendement épuratoire en salmonelles dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des salmonelles dans les eaux en UFC/ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P2	$1,12 \times 10^6$	$6,9 \times 10^5$	38,39	61,61

2.6. Résultats et dénombrement des vibrions colériques

Les résultats obtenues pour le dénombrement des vibrions colériques au niveau de P1 nous montrent une concentration comprise entre 550 UFC/ml et 670 UFC/ml pour l'eau brute et de

370 UFC/ml et 450 UFC/ml pour l'eau épurée. Au niveau de P2 les valeurs observées est de $3,7 \times 10^3$ UFC/ml pour l'eau brute et de 7×10^2 UFC/ml pour l'eau épurée. La présence de ces bactéries est due probablement au diversement des eaux usées de l'hôpital qui peuvent être contaminé par des selles diarrhéiques en grande quantité d'après l'institut pasteur (2024).

Le taux d'abattement des vibrions colériques de la STEP au niveau de P1 est de 33,33 % et de 81,01 % au niveau de P2.

Tableau 09 : Variation et rendement épuratoire en VC dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des VC dans les eaux en UFC/ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P1	550 - 670	370 - 450	33,33	66 ,67
P2	$3,7 \times 10^3$	7×10^2	81,01	18,99

2.7.Résultats et dénombrement des staphylocoques

Une absence totale des staphylocoques au niveau de premier prélèvement. Les résultats enregistrés au deuxième prélèvement sont de $7,2 \times 10^3$ UFC/ml pour l'eau brute et de l'absence totale dans les eaux épurées (0 UFC/ml). Ces résultats sont conformes à la recommandation de l'OMS.

La performance d'abattement de la STEP des staphylocoques est de 100 %.

Tableau 10 : Variation et rendement épuratoire en staphylocoques dans les eaux de la STEP

N° de prélèvement	Teneurs des staphylocoques en UFC/ml		Taux en %	
	Eau brute	Eau épurée	Elimination	Résiduel
P2	$7,2 \times 10^3$	Absence	100	0

Conclusion

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. Pour lutter contre la pollution des milieux récepteurs, des stations d'épurations des eaux usées ont été installées, accompagnées d'un suivi de leurs performances.

Dans ce travail, nous avons analysé les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration de Tizirt pour évaluer le taux d'abattement de cette station.

Les résultats physicochimiques obtenus montrent que les eaux usées brutes ont une charge polluante élevée due probablement aux rejets des laiteries et des abattoirs. Les concentrations de DCO, DBO₅ et PO³⁻ dépassent les normes de déversement.

A la sortie de STEP, les eaux traitées respectent les normes Algériennes de rejets sauf des ortho phosphates. Des efforts supplémentaires sont nécessaires pour éviter le phénomène d'eutrophisation due à l'excès de phosphore.

Les résultats bactériologiques obtenus indiquent que les eaux usées traitées sont conformes aux normes de rejets Algérienne à l'exception des germes pathogènes vibrions colériques et salmonelles. La charge bactérienne élevée est due aux rejets hospitaliers et agro-alimentaires.

Le traitement des eaux usées par le procédé à boues activées au niveau de la station d'épuration de la ville de Tizirt montre une double efficacité la réduction de la charge bactérienne et physicochimique.

Au final, une étude est recommandée sur le réseau d'assainissement public afin d'identifier l'origine de la charge bactérienne déversée dans un réseau d'assainissement et obliger les industries locales à prétraiter leurs effluents avant de les déverser dans le réseau.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abass Hassan (2023) Water Pollution and its Devastating Effects on Human Health and Ecosystems <https://www.linkedin.com/pulse/water-pollution-its-devastating-effects-human-health-abass-hassan-consulté-en-ligne-le-20/06/2024>.
2. Aissaoui Dyhia (2023). Caractérisation des effluents domestiques et optimisation de l'épuration biologique. Cas des STEP de la région de TIZI-OUZOU. Thèse de doctorat, université de TIZI OUZOU.
3. Ait allala Noura, Saidani Melissa (2020). Enquête sur l'évolution du secteur de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie. Mémoire de Master, université de Tizi ousou.
4. Ali Abdelmotaleb Barour, Mohamed Benslama, Azzedine Chefrou & Choukri Barour (2012). Contribution à l'étude microbiologique des eaux de l'oued Medjerda dans l'extrême Est Algérien : Souk Ahras.
5. Amel Blidi (2023), journaliste. Il en existe 211 sur le territoire national : Cap sur les stations d'épuration. El Watan-dz.com. <https://elwatan-dz.com/il-en-existe-211-sur-le-territoire-national-cap-sur-les-stations-depuration> .consulté le 17/05/2024.
6. Amrouni (2016) Contribution à l'évaluation des paramètres de traitement des eaux usées domestiques de la STEP Est de la commune de Tizi Ouzou. Mémoire de Master en science agronomique, Université de tizi ousou.
7. ATTAB. S (2011) amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local.
8. BACHI Oum Elkheir (2010) Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de TEMACINE. Mémoire de Magister, universite kasdi merbah ouargla.
9. Belaid, N. (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*. Thèse de doctorat en eau sol environnement chimie et microbiologie de l'eau, Université de Sfax et Université de Limoges.
10. Belgacem, Selmani (2021). Etude des paramètres physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées de la STEP Est de Tizi Ouzou.
11. Benfreha, Benyelles Mirvette (2022). Etude de problème de dysfonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées liée à la nature de la flore microbienne des boues activées. Thèse de doctorat. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

12. Bouchaala, L., Charchar, N., Gherib, A. (2017). Ressources hydriques: traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algerian journal of arid environment*, 7(1), 84-95.
13. Bouchenak Khelladi, R. M. (2015). *Comparaison qualitative entre filtration sur sable et filtration sur charbon actif « application aux eaux usées épurées de la STEP de Ain El Houtz»*. Mémoire de master en hydraulique, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
14. Boudouda Raja, Kherchich fawzia (2012). Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau baignade de la région de Guelma (Piscines et retenus naturelles). Mémoire de Master, université de Guelma.
15. BOUMALEK Walid (2020) Etudes des possibilités de valorisation agricole des sous-produits d'épuration et l'amélioration de la gestion des processus épuratoires d'unestation d'épuration. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique.
16. Boussadia, Amali (2019). Traitement des eaux usées de l'entreprise algal+ par la méthode électrochimique (électrocoagulation).
17. C.R.Bt, Constantine, Algérie. E-mail : l.bouchaala@crbt.dz/mlaidb@yahoo.fr/n.chechar@crbt.dz/a.gherib@crbt.dz.
18. Cauchi, H., Nakache, S., Zagury, B., Carré, C., Denis, D., & Larbaigt, D. Martigne et Séguret. 1996. Dossier: la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Methods*, 2, 81-118
19. CCME, 2011. <http://ccme.ca/en/res/2011-chloride-ceqg-scd-1460-en.pdf> . Consulté le 18/06/2024.
20. Damien Banas et Jean-Christophe Lata (2006). Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution ; UMR 8079 - CNRS/ENGREF/Univ. Paris-Sud ; Bât 362 ; F-91405 Orsay Cedex France.
21. Dernas, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. Dossier : la réutilisation des eaux usées
22. Eaufrance, (2024).<https://www.eaufrance.fr/lassainissement-des-eaux-usees-domestiques>. Consulté le 21/06/2024.
23. ELSKENS, (2010). Article analyse des eaux résiduaires-Mesure de la pollution.38p, Technique d'ingénieur.
24. FECHKEUR Iqbal Abdallah, FEKIR Mohammed Faysal (2023). Contrôle de qualité des eaux usées traitées au niveau de la STEP de Mostaganem. Mémoire de Master.

25. François Bigonnesse (2022), microbiologiste. TECHNIQUES DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS POUR L'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE DES ALIMENTS ET DE L'EAU.
26. FUNASA (2013). http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_prat....consulté le 18/06/2024.
27. Gouri (2017) caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux de l'Oued de seybouse et leur impact sur la qualité biochimique du persil « *Pétrosélinum crispum* » var *néapolitanum*. Thèse de doctorat. Université ANNABA.
28. HAMAIDI-CHERGUI F., ZOUBIRI A.F., HAMAIDI M.S.1, DEBIB A2, KAIS H. (2016). EVALUATING EFFECTIVENESS OF WASTEWATER TREATMENT PLANT OF MEDEA (Algeria).Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°26, Juin 2016, pp. 113-128 © 2016 All rights reserved, Legal Deposit 1266-2002.
29. Hamma, Moussouni (2019) Analyse des eaux usées épurées de la Station d'épuration de Souk el Tenine en vue d'une Valorisation agricole. Mémoire de Master en Chimie, Université A. Mira Bejaïa.
30. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0080Fi.pdf> consulté en ligne le 19/06/2024
31. <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0057Fi.pdf> consulté en ligne le 19/06/2024.
32. JORA (2006). Valeurs limites des paramètres des rejets effluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne, 27p.
33. KHALDI Habiba (2018) Étude de possibilité d'épuration des eaux usées par un mélange Boues- micro-algues. Cas de la Station d'Épuration de Tiaret (Algérie). Thèse de doctorat, Université Ibn Khaldoune –Tiaret.
34. Khalid Hasan a,*, Abrar Shahriar b, Kudrat Ullah Jim b Water pollution in Bangladesh and its impact on public health [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(19\)35805-0.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(19)35805-0.pdf) consulté en ligne le 21/06/2024.
35. Laabassi, A. (2016). L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes, Thèse de doctorat, université Ferhat Abbas Sétif 1, 107.
36. Li Lin , Haoran Yang and Xiaocang Xu (2022) Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.880246/full> consulté le 20/06/2024

37. Madhav, S. *et al.* (2020). Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health. In: Pooja, D., Kumar, P., Singh, P., Patil, S. (eds) *Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material. Advanced Functional Materials and Sensors*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0671-0_4 consulté le 20/06/2024
38. MELCC, 2020. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/art32/Etablissement-normes-rejet-station-epuration.pdf>. Consulté le 21/06/2024.
39. Metahri, M. S. (2012). *Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou*. Thèse de doctorat en agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
40. OMS (1989). L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS, OMS, Genève, 74 p.
41. OMS, (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.
42. Oughidni Selma SEBTI Bouchra (2015). Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau des zones humides urbaines de la wilaya d'Annaba : Cas du marais de Boussedra. Mémoire de Master, université de Guelma.
43. Razibaouene (2020) Etude du fonctionnement de la station d'épuration de Thénia (Boumerdes)
44. Rejsek F, (2002). Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Ed CRDP, France.
45. Richard Bani (2016). Waste Water - Evaluation and Management. Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Sciences, University of Ghana, Ghana.
46. Tabet Mouna (2015). Etude physicochimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration. Thèse de doctorat. Université Guelma.
47. Tandia, C. T. (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physicochimiques et bactériologiques (Control and Monitoring
48. Vande rmeersch, S. (2006). *Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes*. Mémoire de fin d'étude en gestion de l'environnement, Université Libre de Bruxelles.

49. Vinod Kumar, Anket Sharma, Rakesh Kumar, Renu Bhardwaj, Ashwani Kumar Thukral & Jesús Rodrigo-Comino (2018). Assessment of heavy-metal pollution in three different Indian water bodies by combination of multivariate analysis and water pollution indices. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1497946> consulté en ligne le 20/06/2024.
50. Yang, R., Yang, S., Lin, Y., Su, Y., Li, Y. et Zheng, C. (2021). Spectrométrie d'émission optique de carbone à microplasma miniature pour la détection de l'oxygène dissous dans l'eau. *Journal microchimique*, 171, 106862. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X21009486> consulté en ligne le 20/06/2024
51. Zeghoud (2014). L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued.
52. Zeyneb Kılıç (2021) Water Pollution: Causes, Negative Effects and Prevention Methods Adıyaman University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Adıyaman, Türkiye Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of the Institute of Science and Technology (2021) 3 (1): 129-132.

Annex

Annexes 1

Tableau 1 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

N°	PARAMÈTRES	UNITÉ	VALEURS LIMITES	TOLÉRANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène

DBO5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : demande chimique en oxygène

MES : matière en suspension

Tableau 2 : Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autre que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration

Paramètres	Valeurs limites maximales (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Béryllium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300

Mercure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

*Température : inférieure ou égale à 30°C

*PH : compris entre 5,5 et 8,5

Annexes 2

Modes opératoires pour les analyses physicochimiques

1. Mesure de matières en suspension

1.1.Principe

Utilise une méthode de coloration chimique pour convertir les MES en une substance colorée, puis mesure l'absorbance de cette substance à une longueur d'onde spécifique.

1.2.Matériel

- Spectrophotomètre.

1.3.Mode opératoire

- Prélever 10 ml de chaque échantillon à analyser (entrée, sortie) dans des cuves carrées.
- Remplir une cuve carrée de 10 ml d'eau distillée (le blanc) puis le place dans

L'appareil et appuyé sur zéro.

- Placer les échantillons l'un après l'autre (entrée- sortie), appuyé sur mesurer puis les résultats s'affichent en mg/l.

2. Mesure de pH et la température

2.1.Principe

On prolonge l'électrode dans l'échantillon, on attend jusqu'à ce que ça stabilise pour faire la lecture.

2.2.Matériel

- pH-mètre et thermomètre étalonné.

2.3.Mode opératoire

- Prendre une quantité suffisante d'échantillon dans un bécher ;
- Allumer le pH/C° mètre ;
- Plonger progressivement la sonde de température et l'électrode de pH dans l'échantillon ;
- Attendre la stabilisation de la mesure pour faire la lecture de la température et bien agiter le contenu de bécher pour la mesure de pH.

3. Demande biochimique en oxygène

3.1.Principe

Cet essai mesure la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour l'oxydation des matières organiques dans un échantillon d'eaux. Cette mesure est l'analyse couramment utilisée pour mesurer la charge polluante dans les stations d'épurations et pour évaluer l'efficacité de l'épuration.

3.2.Matériel

- Système de mesure Oxy-Top.

3.3.Mode opératoire

- Prélever des quantités d'échantillons.
- Mettre en marche DBO mètre tout en réglant le thermostat à 20°C.
- Remplir une bouteille en verre marron avec un volume 432 ml d'eau de sortie et une autre de 43.2 ml d'eau d'entrée.
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
- Placer ces dernières dans l'incubation pendant une heure pour permettre à l'échantillon d'atteindre une température de 20 °C.
- Ajouter deux écailles de l'hydroxyde de potassium (KOH).
- Placer les Oxy-Top sur les flacons.
- Appuyer sur la touche S et M simultanément jusqu'à ce que le zéro s'affiche pour lancer l'enregistrement.
- Mettre les bouteilles dans l'enceinte réfrigère à 20 °C pour une durée 5 jours.
- La lecture se fait après 5 jours d'incubation en appuyé sur la touche M (la valeur s'affiche en mg d'O₂/l).

4. Demande chimique en oxygène

4.1.Principe

Permet de mesurer précisément la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les substances organiques présente dans l'eau.

4.2.Matériel

- Oxy-Top

4.3.Mode opératoire

Bien mélanger un volume d'échantillon à l'aide d'un agitateur magnétique pour l'homogénéiser ;

- Prélever à l'aide une pipette un volume de 2 ml de l'échantillon à analyser.
- Introduire le volume dans les tubes manganèse 3 prêts à emploi et bien agiter :
- Préparer le blanc en introduit 2ml d'eau distillé dans un tube.
- Mettre les tubes dans le réacteur DCO pendant 2 heures à une température de 150 °C.
- Faire sortir les échantillons et laisser refroidir à la température ambiante pendant 30 minutes
- Placer les tubes dans le spectrophotomètre et lisez directement le résultat.

5. Nitrite

5.1.Principe

Utiliser une réaction chimique pour convertir ces ions en une substance colorée, puis mesure l'absorbance de cette substance à une longueur d'onde spécifique.

5.2.Matériel

- Spectrophotomètre.

5.3.Mode opératoire

- Après filtration des eaux brute pour l'entrée.
- Prélever 10 ml d'échantillon (d'entrée et sortie).
- Ajouter aux échantillons le réactif Nitri Ver 3 puis agiter. Une période de réaction de 20 min va commencer.
- Placer le blanc (10ml de l'échantillon) dans le puits de mesure.
- Presser : zéro, le curseur se déplace vers la droite puis l'affichage indique : 0.000 mg/l NO₂-N Placer l'échantillon pré préparé dans le puits de mesure.
- Appuyer sur mesurer, le curseur se déplace vers la droite puis la concentration de nitrite en mg/l d'azote s'affiche.

6. Nitrates

6.1.Principe

La concentration des ions NO₃ est déterminée par la mesure de l'absorbance de cette coloration à une longueur d'onde spécifique.

6.2.Matériel

- Spectrophotomètre.

6.3.Mode opératoire

Pour l'eau brute :

- Remplir une cuve carrée de 15 ml d'échantillon filtré.
- Ajouter le contenu d'un sachet de Nitra ver 6.
- Agiter pendant 3 min sans arrêt puis laisser agir pendant 2 min.
- Après 2 min verser 10 ml de la solution.
- Ajouter le contenu d'un sachet de Nitri ver 3 et laisser agir 15min.
- Remplir une cuve de 10 ml d'échantillon eau brute (le blanc) ; essuyer et placer dans le spectrophotomètre, presser : ZERO (l'affichage indique : 0.00 mg/l).
- Placer l'échantillon préparé dans le spectrophotomètre, appuyé sur mesurer (la concentration s'affiche en mg/l d'azote N-NO₃-).

Pour l'eau épurée :

- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Nitra Ver 5, boucher, agiter pendant 1min.
- Laisser agir pendant 5 min.
- Remplir une autre cuvette avec l'échantillon témoin (le blanc) ; essuyer, placer dans le puits de mesure ; appuyé sur zéro (l'affichage indique : 0.0 mg/l NO₃-N) ;
- Placer l'échantillon pré-préparé dans le puits de mesure.
- Appuyer sur mesurer (le résultat s'affiche en mg/l d'azote N-NO₃-).

7. Ortho phosphates

7.1.Principe

La concentration des ortho phosphates est déterminée par la mesure de l'absorbance de ce complexe à une longueur d'onde spécifique.

7.2.Matériel

- Spectrophotomètre.

7.3.Mode opératoire

- Prélever 25 ml de l'échantillon lui-même (d'entrée et sortie).
- Ajouter 1ml de molybdate pour chacun.
- Ajouter 1 ml d'acide pour chacun.
- Laisser réagir pendant 15 min.
- Prélever 10 ml de l'échantillon préparé.
- Placer l'échantillon dans le puits de mesure (spectrophotométrie).
- Appuyez sur mesure pour faire la lecture.