



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques

Département des Sciences agronomiques



Mémoire fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de master en Sciences agronomiques

Option : Eau et environnement

Thème

*Évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique
des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Tadmaït*

Réalisée par :

M^r AMRANI Samy

M^r KAROUF Amine

Devant le jury composé de :

M METAHRI	MCA	UMMTO	Promoteur
M ^{me} AISSAOUI	DOCTEUR	UMMTO	Co-promotrice
M ^{me} AMIRAT	MAA	UMMTO	Présidente
M ^{elle} BELMIHOUB	DOCTEUR	UMMTO	Examinatrice

Promotion 2023/2024

Remerciements

Nous débutons ces remerciements en exprimant notre profonde gratitude envers Allah, le Tout-Puissant, qui nous a guidés tout au long de ce parcours en nous offrant la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener ce travail à bien.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à Monsieur **METAHRI**, notre promoteur, pour son encadrement précieux, ses conseils éclairés et son soutien constant. Son expertise et sa disponibilité ont grandement enrichi la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons également nos remerciements à Madame **AISSAOUI**, notre co-promotrice, pour son accompagnement bienveillant, ses orientations pertinentes et sa générosité dans le partage de son savoir. Son engagement et ses encouragements ont été une source précieuse de motivation.

Nous remercions Madame **AMIRAT** et Madame **BELMIHOUB** d'avoir examiné ce travail.

Nous souhaitons aussi exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la concrétisation de ce projet que ce soit par leur savoir, leur soutien moral ou leur aide matérielle, chacun a apporté une pierre essentielle à l'édifice de ce travail.

À toutes et à tous, nous vous adressons nos remerciements les plus sincères.

Merci

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers amis, qui ont toujours été à mes côtés, offrant leur soutien indéfectible, leur encouragement et leur présence bienveillante tout au long de ce parcours. Vous avez été une source inestimable de motivation.

À mes collègues, avec qui j'ai partagé des moments de collaboration, de réflexion et d'entraide. Merci pour votre esprit d'équipe et votre soutien précieux.

À ma famille, pour tout l'amour, la patience et le soutien que vous m'avez accordés. Vos encouragements ont été une force tout au long de cette aventure.

À mes parents, qui sont mes plus grands piliers, je vous dédie ce travail. Votre amour inconditionnel, vos sacrifices et votre foi en moi m'ont permis de surmonter tous les défis. Je vous dois tout.

Enfin, à mes frères, pour leur affection et leur soutien constant. Vous avez été des compagnons de route irremplaçables et je vous en suis infiniment reconnaissant.

Amine

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, qui sont les piliers de ma vie. Leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur confiance en moi ont été essentiels pour surmonter tous les défis rencontrés. Je vous suis profondément reconnaissant.

À mes frères, pour leur soutien constant et leur affection sincère. Vous avez été des partenaires précieux tout au long de ce parcours, et je vous en remercie chaleureusement.

À ma famille, pour l'amour, la patience et le soutien indéfectible que vous m'avez apporté. Vos encouragements ont été une source constante de force et de motivation.

Je souhaite également adresser mes remerciements à mes amis, qui ont toujours été là pour moi avec leur soutien inestimable, leurs encouragements et leur présence bienveillante. Vous avez joué un rôle crucial dans cette aventure.

Enfin, je remercie mes collègues pour les moments de collaboration, de réflexion et d'entraide que nous avons partagé. Votre esprit d'équipe et votre soutien ont été très précieux.

Samy

Tableau des Figures

N° de la figure.	Description	N° de la page.
Figure 1	Image satellitaire de la STEP de Tadmait	12
Figure 2	Processus de traitement	13
Figure 3	Résultats de recherche de coliformes totaux	17
Figure 4	Résultats de recherche de coliformes fécaux	18
Figure 5	Résultats de recherche de salmonelles	19
Figure 6	Résultats de recherche de staphylocoques	20
Figure 7	Résultats de recherche des vibrions cholériques	21
Figure 8	Variations de la température des eaux usées	22
Figure 9	Variations de pH des eaux usées	23
Figure 10	Variations de la conductivité	24
Figure 11	Variations des matières en suspension	25
Figure 12	Variations de la demande chimique en oxygène	26
Figure 13	Variations de la demande biologique en oxygène	27

Liste de tableaux

Tableau 1	Bactéries susceptibles d'être rencontrées dans les eaux usées	Page 5
Tableau 2	Virus susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées	Page 5
Tableau 3	Protozoaires susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées	Page 6
Tableau 4	Helminthes susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées	Page 7
Tableau 5	Données générales de la STEP de Tadmait	Page 12

Liste des Abréviations

Abréviation	Signification
STEP	Station d'Épuration
UFC	Unité Formant Colonie
ASR	Anaérobies Sulfito-Réducteurs
DBO5	Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
MES	Matières en Suspension
DCO	Demande Chimique en Oxygène
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
WEF	Water Environment Federation
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
EEA	European Environment Agency
GNAB	Gélose Nutritive à Antibiotiques

Table des matières

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre 01 : Aperçu bibliographique

1. Généralité sur les eaux usées.....	3
1.1. Définition des eaux usées.....	3
1.2. Origine des eaux usées.....	3
1.2.1. Eaux usées domestiques	3
1.2.2. Eaux usées industrielles.....	4
1.2.3. Eaux usées pluviales.....	4
1.2.4. Eaux usées agricoles.....	4
2. Composition des eaux usées.....	5
2.1. Bactéries.....	5
2.2. Virus.....	5
2.3. Protozoaires.....	6
2.4. Helminthes	7
3. Traitement des eaux usées.....	7
3.1. Etapes de traitement des eaux usées	7
3.2. Méthodes d'épuration	8
3.2.1. Lagunages.....	8
3.2.2. Lits Bactériens	8
3.2.3. Boues activées	8
4. Réglementation des eaux usées en Algérie	9
5. Réutilisation des eaux usées en Algérie	9

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

1. Objectif de l'expérimentation	11
--	----

2. Cadre d'étude	11
3. Procédé du traitement.....	13
1. Filière eau (Traitement des eaux usées)	13
2. Filière boue (Traitement des boues).....	14
4. Technique de prélèvement	14
5. Méthodes d'analyses	14
5.1. Analyse bactériologique.....	14
5.2. Analyse physico-chimique.....	15

Chapitre 03 : Résultats et discussions

1. Résultats bactériologiques.....	17
1.1. Coliformes Totaux	17
1.2. Coliformes Fécaux	18
1.6. Vibrions.....	20
2. Résultats physico-chimiques.....	21
2.1. Température	21
2.2. Potentiel Hydrogène.....	22
2.3. Conductivité.....	23
2.4. Matières en Suspension.....	24
2.5. Demande Chimique en Oxygène	25
2.6. Demande Biologique en Oxygène	26
Conclusion	28
Références bibliographiques.....	30

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

La gestion durable des ressources en eau est devenue une priorité mondiale, exacerbée par les défis liés à la croissance démographique, l'urbanisation rapide et les changements climatiques (Jones, 1999).

L'Algérie est un pays caractérisé par un climat majoritairement aride à semi-aride. Environ 80 % du territoire algérien est recouvert par le Sahara, une vaste zone désertique où les précipitations annuelles sont très faibles, souvent inférieures à 100 mm par an (Touhami, 2006). Les régions côtières et certaines zones des hauts plateaux bénéficient d'un climat plus tempéré, mais même là, l'eau reste une ressource limitée. Selon le Programme des Nations Unies pour le Développement (2013), les zones arides et semi-arides de l'Algérie subissent un stress hydrique important, aggravé par les changements climatiques et la croissance démographique. La gestion de l'eau est donc un enjeu majeur pour le pays, particulièrement dans les secteurs agricoles, où l'irrigation devient essentielle pour maintenir la production (Chenchouni, 2012 ; Bouchaala *et al.*, 2017). L'Algérie a investi dans le développement de stations d'épuration (STEP). En 2015, plus de 200 STEP étaient opérationnelles, traitant environ 700 millions de m³ d'eaux usées chaque année. Une partie significative de ce volume est réutilisée dans des secteurs stratégiques tels que l'irrigation agricole (45 millions de m³ en 2014) et l'industrie. Ces efforts visent à maximiser l'exploitation de cette ressource alternative tout en respectant les normes sanitaires et environnementales (Bouzidi, 2020).

La wilaya de Tizi-Ouzou comprend dans son patrimoine assainissement Huit (09) stations d'épuration de type biologique, dont la capacité totale de traitement est de 286 000 Eq/Hab, soit un débit nominal total de 40 650 m³/j. La station d'épuration de Tadmaït est l'une de ces stations, elle traite les eaux usées domestiques et industrielles avant leur rejet dans l'environnement (Aissaoui, 2023). La STEP de Tadmaït joue un rôle clé dans la gestion des ressources hydriques de la région. Cette station utilise un système de traitement biologique conçu pour réduire les charges polluantes, en conformité avec les directives nationales et internationales (OMS, 2006).

L'épuration des eaux usées est une initiative importante qui doit être prise au sérieux afin de protéger l'environnement et santé publique, en effet, une évaluation rigoureuse de la qualité des eaux épurées est nécessaire, en tenant compte des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, conformément aux normes fixées par des organismes tels que

Introduction

l'Organisation Mondiale de la Santé et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2011).

L'objectif de ce mémoire est la caractérisation des paramètres de qualité bactériologique et physico-chimique à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration des eaux usées de Tadmaït. Cette évaluation est essentielle pour garantir que l'eau rejetée ne présente aucun risque pour la santé humaine et l'environnement, et qu'elle respecte les critères de qualité définis pour le rejet au milieu naturel.

Chapitre I

Aperçu bibliographique

1. Généralité sur les eaux usées

La pollution environnementale est un problème mondial majeur qui affecte la santé humaine, la biodiversité, et les écosystèmes naturels. La pollution de l'eau est provoquée par les activités humaines principalement par les rejets des déchets solides et liquides urbains, les activités industrielles et agricoles (Watson et *al.*, 2017).

1.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des effluents liquides générés par diverses activités humaines, incluant les usages domestiques, industriels, commerciaux et agricoles. Elles contiennent une large gamme de polluants organiques, inorganiques et microbiologiques (Oztaysi et *al.*, 2019). Les eaux usées sont théoriquement composées de 99 % d'eau et de 1 % de matières en suspension colloïdales et dissoutes. Bien que la composition exacte des eaux usées varie naturellement entre différentes sources et au fil du temps, l'eau demeure de loin son constituant principal (WATER.U, 2017).

1.2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre origines : les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les eaux pluviales et les eaux agricoles (Metahri, 2012).

1.2.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont les effluents liquides provenant des ménages, incluant les eaux des cuisines, salles de bains, toilettes et lessives. Elles contiennent principalement de matières organiques biodégradables, les matières solides en suspension, de nutriments comme l'azote et le phosphore, graisses, huiles, détergents, des agents pathogènes et parfois de produits chimiques ménagers (Çevik et *al.*, 2019). Le traitement des eaux usées domestiques utilise des procédés physiques, chimiques et biologiques pour éliminer les contaminants avant rejet ou réutilisation, avec des technologies émergentes comme les cellules à combustible microbiennes et les nanomatériaux améliorant l'efficacité de traitement et minimisant ainsi l'impact environnemental (Nie et *al.*, 2019).

1.2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles contiennent souvent des contaminants potentiellement nocifs pour l'environnement. Selon Hossain *et al.* (2020). On peut classer les principaux rejets industriels selon la nature des rejets qu'ils présentent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales : Lavage de charbon, carrières, tamisage de sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés ;
- Pollution due aux matières organiques et graisses : Industries agroalimentaires, équarrissages, fabrication de pâte à papier ;
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers : Raffineries de pétrole, porcheries, production pharmaceutique ;
- Pollution due aux rejets toxiques : Déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires.

1.2.3. Eaux usées pluviales

Pour les eaux usées pluviales, elle s'agit des eaux de ruissellement provenant des précipitations, qui peuvent transporter divers contaminants des surfaces urbaines et industrielles. La gestion efficace de ces eaux est essentielle pour prévenir la pollution des eaux de surface et souterraines. Les progrès récents dans les techniques de gestion des eaux pluviales, telles que la gestion des bassins de rétention et des zones humides artificielles, ont été étudiés pour atténuer les impacts environnementaux (Hossain *et al.*, 2020).

1.2.4. Eaux usées agricoles

Les eaux usées agricoles sont les eaux contaminées provenant des activités agricoles, telles que l'irrigation des cultures et le drainage des terres agricoles, ces eaux peuvent contenir des substances nocives pour l'environnement et la santé publique, nécessitant ainsi une gestion adéquate pour éviter la pollution des sols et des ressources en eau (Masters & Ela, 2019). Le traitement efficace ces eaux usées est très important afin de réduire leur impact environnemental, assurer la durabilité des pratiques agricoles et de permettre leur réutilisation dans les mêmes pratiques (Metcalf *et al.*, 2022).

2. Composition des eaux usées

2.1. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires microscopiques que l'on trouve partout dans l'environnement, y compris dans le corps humain. Elles peuvent adopter différentes formes, comme des sphères ou des bâtonnets, et jouer des rôles variés, comme faciliter la digestion ou provoquer des maladies infectieuses. Certaines bactéries sont utiles, mais d'autres, pathogènes, causent des infections comme la pneumonie ou les intoxications alimentaires (GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2021). Le tableau ci-après représente les différentes bactéries susceptibles d'être rencontrées dans les eaux usées.

Tableau 1 : Bactéries susceptibles d'être rencontrées dans les eaux usées (IAURIF, 2004).

Genre	Maladie
<i>Escherichia</i>	Gastro-entérite, septicémie, infections urinaires
<i>Salmonella</i>	Fièvre typhoïde
	Toxi-infection alimentaire
<i>Shigella</i>	Dysenterie
<i>Yersinia</i>	Entérocolite, septicémie
<i>Vibrio</i>	Choléra, Gastro-entérite
<i>Pseudomonas</i>	Gastro-entérite, infections diverses
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite
<i>Legionella</i>	Légionellose

2.2. Virus

Les virus sont des agents infectieux extrêmement petits, composés d'une capsule protéique contenant du matériel génétique (ADN ou ARN). Contrairement aux bactéries, ils ne peuvent pas se reproduire seuls et nécessitent une cellule hôte pour se multiplier. Ils sont responsables de nombreuses maladies, allant du rhume à des affections plus graves comme le SIDA (Gerba & Betancourt, 2017). Le tableau 2 présente les principaux virus que l'on peut trouver dans les eaux usées.

Chapitre 01 : Aperçu bibliographique

Tableau 2 : Virus susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées (IAURIF, 2004)

Genre	Maladie
<i>Entérovirus</i>	Méningite, myocardite, infection respiratoire
	Méningite, infection respiratoire, diarrhée
	Méningite, encéphalite, conjonctivite hémorragique
<i>Rotavirus</i>	Gastro-entérite
<i>Norwalk-like virus</i>	Gastro-entérite
<i>Hépatovirus</i>	Hépatite A et Hépatite E
<i>Adénovirus</i>	Infection respiratoire, gastroentérite
<i>Coronavirus</i>	Gastro-entérite

2.3. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes que l'on trouve principalement dans des environnements aquatiques ou humides. Ils peuvent être libres ou parasitaires, certains causant des maladies comme la malaria ou la toxoplasmose. Ces microorganismes se déplacent souvent à l'aide de flagelles, cils ou pseudopodes (Karanis et al., 2007). Le tableau 3 représente les protozoaires susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées (IAURIF, 2004).

Tableau 3 : Protozoaires susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées (IAURIF, 2004).

Sous règne	Genre	Maladie
<i>Protozoaires</i>	<i>Entamoeba</i>	Amibiase
	<i>Giardia</i>	Dysenterie
	<i>Toxoplasma</i>	Toxoplasmose
	<i>Cycospora</i>	Diarrhée et perte de poids
	<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiose

2.4. Helminthes

Les helminthes regroupent des vers parasites multicellulaires tels que les nématodes, trématodes et cestodes. Ces organismes vivent souvent dans les intestins de leur hôte et peuvent provoquer des maladies graves, comme les infections intestinales ou la bilharziose. Leur transmission se fait généralement par contact avec de l'eau ou des aliments contaminés (Hotez et al., 2008). Le tableau 4 représente les helminthes susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées.

Tableau 4 : Helminthes susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées (IAURIF, 2004).

Sous règne	Genre	Maladie
<i>Helminthes</i>	<i>Ascaris</i>	Diarrhée et troubles nerveux
	<i>Taenia</i>	Diarrhée et douleurs musculaires

3. Traitement des eaux usées

3.1. Etapes de traitement des eaux usées

Les méthodes de traitement des eaux usées sont des procédés utilisés pour éliminer les contaminants et les impuretés des eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement ou de les réutiliser. Ces méthodes comprennent des processus physiques, chimiques et biologiques qui visent à éliminer les matières en suspension, les matières dissoutes, les nutriments, les pathogènes et les composés toxiques. Les méthodes de traitement des eaux usées peuvent être classées en trois catégories principales :

- Les traitements primaires, qui utilisent des processus physiques tels que la sédimentation, la filtration et la flottation. Ils visent à éliminer les déchets solides, les matières en suspension, les matières dissoutes grossières et les matières grasses de l'eau (GBD, 2018).
- Les traitements secondaires, qui utilisent des processus biologiques tels que la dégradation aérobie et anaérobie pour éliminer la matière organique. Les micro-organismes sont utilisés pour décomposer la matière organique en dioxyde de carbone et en d'autres produits inoffensifs (Raucher *et al.*, 2014).

- Les traitements tertiaires sont des étapes facultatives qui visent à éliminer les nutriments, les pathogènes et les composés toxiques résiduels. Les processus chimiques tels que la précipitation, la coagulation et la floculation sont utilisés pour éliminer les nutriments et les composés toxiques (Karwowska et al., 2021). Les processus de désinfection tels que la chloration, l'ozonation et l'irradiation ultraviolette sont utilisés pour éliminer les pathogènes.

3.2.Méthodes d'épuration

Les technologies utilisées dans le traitement des eaux usées, telles que les boues activées, le lagunage et le lit bactérien, jouent des rôles essentiels dans l'élimination des contaminants et des polluants de l'eau de manière efficace.

3.2.1. Lagunages

Le lagunage est un procédé de traitement des eaux usées basé sur des bassins où les eaux circulent lentement pour permettre la dégradation des matières organiques par des micro-organismes. En Algérie, ce système est couramment utilisé dans les régions rurales en raison de ses coûts réduits et de son efficacité sous un climat favorable. Selon Belhadj *et al.* (2017), le lagunage améliore les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées, rendant celles-ci réutilisables en agriculture.

3.2.2. Lits Bactériens

Les lits bactériens sont des systèmes de traitement biologique des eaux usées où les effluents sont aspergés sur un lit de support solide colonisé par des micro-organismes. Ces bactéries dégradent la matière organique dans les eaux par un processus aérobie. En Algérie, cette méthode est utilisée principalement dans les petites stations d'épuration. Selon Aouali *et al.* (2014), les lits bactériens sont efficaces pour réduire la demande chimique en oxygène et les nutriments, avec une simplicité d'exploitation adaptée aux contextes locaux.

3.2.3. Boues activées

Le procédé des boues activées est largement utilisé en Algérie pour le traitement des eaux usées urbaines. Il repose sur la croissance de micro-organismes en suspension dans l'eau pour dégrader les matières organiques par aération mécanique. Ce système offre une grande efficacité en termes de réduction de la demande biologique en oxygène) et de nitrification. Cependant, il nécessite une gestion rigoureuse des boues produites, comme l'ont souligné

Touati *et al.* (2018), ce qui peut rendre son exploitation plus coûteuse que d'autres méthodes dans certaines zones.

4. Réglementation des eaux usées en Algérie

La protection des ressources hydriques en Algérie est encadrée par une législation visant à prévenir les déversements nuisibles, la pollution, la surexploitation et les effets néfastes sur l'environnement.

- **Arrêté interministériel du 28 Jomada Ethania 1426 (4 août 2005)** : Ce texte, en lien avec la loi n° 05-12 relative à l'eau, exige (article 119) une autorisation préalable de l'administration des ressources en eau pour tout déversement d'effluents non domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. L'article 120 interdit d'introduire des matières pouvant nuire à la santé du personnel ou compromettre le fonctionnement des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées (JORA, 2005).
- **Arrêté interministériel du 20 Rabie El Aouel 1427 (19 avril 2006)** : Ce décret exécutif n° 06-141 établit les valeurs limites pour les rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel, incluant des prescriptions techniques et un contrôle des rejets (JORA, 2006).
- **Arrêté interministériel du 27 Jomada Ethania 1430 (21 juin 2009)** : Le décret exécutif n° 09-209 définit les modalités d'octroi des autorisations de déversement d'eaux usées non domestiques dans un réseau public ou une station d'épuration (STEP). L'article 3 fixe les valeurs limites maximales de déversement, et l'article 4 impose un prétraitement pour les effluents non conformes avant leur rejet (JORA, 2009).

5. Réutilisation des eaux usées en Algérie

Face aux tensions croissantes sur les ressources en eau causées par les changements climatiques, la réutilisation des eaux usées traitées apparaît comme une solution clé pour atténuer la pénurie d'eau et améliorer la qualité des rejets dans l'environnement (Harmand *et al.*, 2022). Utilisée depuis des siècles en agriculture au Mexique et en Chine, cette pratique aide à réduire la pression sur les ressources en eau douce.

En Algérie, la réussite des projets de réutilisation des eaux usées dépend de la gestion efficace de l'eau d'irrigation. Le décret exécutif 07-149 du 20 mai 2007 régit cette pratique, stipulant que la concession pour l'utilisation des eaux usées peut être accordée à des entités publiques ou privées. Les concessionnaires doivent veiller à une exploitation rationnelle, à l'entretien et à la réparation des infrastructures de distribution, tout en respectant la réglementation (Ababsa *et al.*, 2020).

L'irrigation avec des eaux usées épurées nécessite, en plus des contrôles habituels, une attention particulière à la qualité physico-chimique et biologique des effluents, qui peuvent contenir des micro-organismes pathogènes, des éléments toxiques, de la salinité et des matières en suspension (Ababsa *et al.*, 2020).

Sur les 169 stations d'épuration gérées par l'ONA, 14 STEP sont impliquées dans la réutilisation des eaux usées (REUT), traitant plus d'un million de m³/mois pour l'irrigation de plus de 9159 hectares et 7500 m³/mois pour des usages industriels et municipaux (Saidani, 2020).

La réutilisation des eaux usées traitées repose sur un programme planifié de réalisation des projets, priorisant les STEP selon leur emplacement, taille, et faisabilité financière. Ce programme inclut 101 STEP, avec une capacité totale de 752,39 hm³/an, permettant d'irriguer environ 94 987 hectares. Certaines grandes stations, comme celles de Baraki et Oran, sont retenues pour l'irrigation agricole, avec des volumes mobilisés entièrement disponibles en raison de la présence d'ouvrages de stockage. D'autres stations, destinées à des usages spécifiques ou à faible production, auront un impact global négligeable. Au total, les volumes théoriques mobilisables atteignent 952,39 hm³/an, couvrant potentiellement 129 500 hectares. Les stations existantes ou futures pourront également être intégrées dans ce programme de réutilisation sur demande, selon la même approche (Saidani, 2020).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Dans ce chapitre, nous détaillerons les matériels et les méthodes utilisés pour mener à bien l'étude physico-chimique et bactériologique des eaux épurées et brute de la station d'épuration des eaux usées de Tademaït. La compréhension des procédés de traitement des eaux usées et l'analyse des populations bactériennes afin d'identifier les éventuels risques sanitaires associés.

L'analyse des paramètres physico-chimiques de cette étude a été réalisée au sein du laboratoire de traitement des eaux de département des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. L'approche méthodologique inclut la collecte d'échantillons, l'analyse au laboratoire, et l'utilisation de techniques bactériologiques spécifiques pour l'identification et la quantification des bactéries. Les sections suivantes décrivent en détail les équipements, les réactifs, les protocoles d'échantillonnage, ainsi que les méthodes analytiques employées pour réaliser cette recherche.

1. L'objectif spécifiques de l'expérimentation sont les suivants

- Les qualités bactériologiques et physicochimiques de l'eau sortante en examinant les bactéries résiduelles dans l'eau épurée pour s'assurer qu'elles répondent aux normes sanitaires en vigueur.
- L'impact environnemental en évaluant l'impact du rejet des eaux traitées sur l'environnement local, en particulier sur la nappe phréatique de l'Oued Sébaou.
- La comparaison des résultats avec les normes de réutilisation en agriculture en comparant les résultats obtenus avec les standards nationaux et internationaux pour déterminer la conformité de la STEP aux exigences réglementaires.

2. Cadre d'étude

La station de traitement des eaux usées (STEP) de Tadmaït est mise en service en 2006 par l'entreprise FORMHYD, elle joue un rôle essentiel dans la gestion des eaux usées urbaines de la ville de Tadmaït. Elle utilise le procédé des boues activées à faible charge, cette installation est conçue pour traiter jusqu'à 1 950 m³ d'eaux usées par jour, correspondant à une capacité de 13 000 équivalents habitants. Avec une superficie de 13 000 m², la STEP de Tadmaït contribue significativement à la préservation de l'environnement local, la nappe phréatique de l'Oued Sébaou et à la santé publique. Le tableau (5) ci-après représente les

données générales de la STEP. La figure (1) ci-après représente l'image satellitaire de la STEP de Tadmait.



Figure 1 : image satellitaire de la STEP de Tadmait (google maps, 2024)

Le tableau ci-après représente les caractéristiques de la STEP de Tadmait

Tableau 5 : Données générales de la STEP de Tadmait (ONA, 2024)

Nom de la station	STEP Tadmait
Commune	Tadmait
Wilaya	Tizi-Ouzou
Milieu récepteur	Oued SEBAOU
Date de mise en service	Mai 2007
Date de transfert de la station à l'ONA	Octobre 2012
Localité concernée par le traitement	Côté Est de la ville de Tadmait plus le centre
Nature des eaux brutes	Urbaines
Superficie de L'assiette	1,3 Hectare
Groupement de réalisation	FOREMHYD
Type du dispositif d'assainissement de la ville	Unitaire
Système d'épuration	Boues activées à faible charge
Alimentation en eau usée	Gravitaire et par refoulement (la SR à l'arrêt)

3. Procédé du traitement

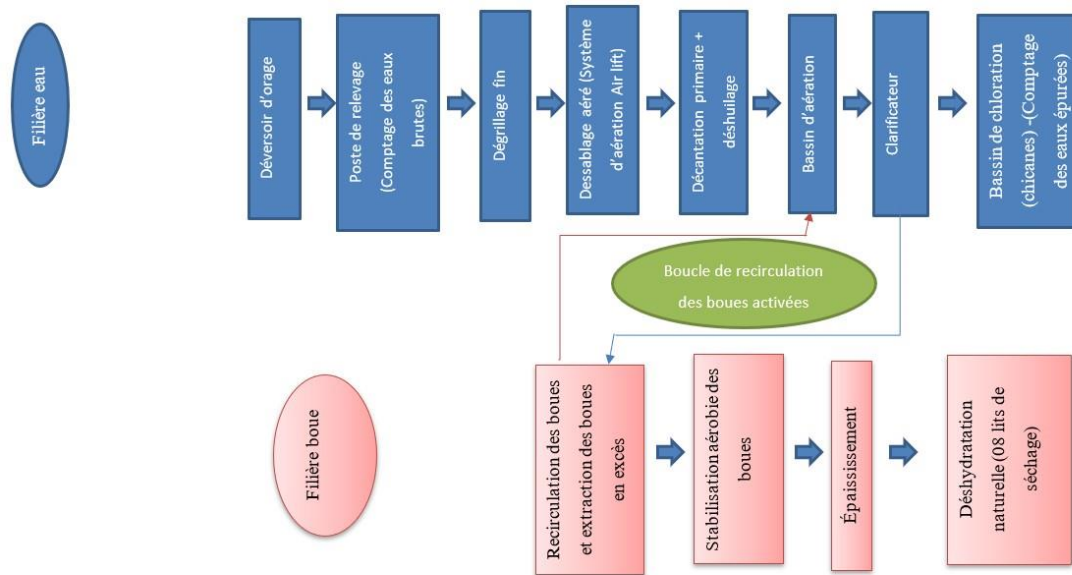


Figure 2: Processus de traitement (ONA, 2024)

1. Filière eau (Traitement des eaux usées)

1. Déversoir d'orage

Cette étape permet de gérer les eaux pluviales excédentaires lors de fortes précipitations pour éviter la surcharge des installations.

2. Poste de relevage (comptage des eaux brutes)

Les eaux usées sont relevées (remontées en hauteur) pour faciliter leur acheminement à travers les différentes étapes du traitement. Un système de comptage permet de mesurer le débit des eaux brutes entrantes.

3. Dégrillage fin

Cette étape consiste à éliminer les gros déchets solides, comme les plastiques et papiers, à l'aide de grilles fines.

4. Dessablage aéré (Système d'aération Air Lift)

Les particules lourdes, telles que le sable et les graviers, sont éliminées grâce à un système d'aération qui facilite leur décantation.

5. Décantation primaire + déshuilage

Les particules solides en suspension se déposent au fond des bassins de décantation primaire, formant des boues primaires. Un système de déshuilage permet d'éliminer les huiles et graisses flottantes.

6. Bassin d'aération

Dans cette étape, un traitement biologique est appliqué : les micro-organismes (bactéries aérobies) dégradent la matière organique présente dans l'eau grâce à l'oxygène injecté dans le bassin.

7. **Clarificateur**

Les boues activées (micro-organismes en excès) se déposent au fond du clarificateur. Une partie des boues est recirculée vers le bassin d'aération pour maintenir l'activité biologique (boucle de recirculation des boues activées).

8. **Bassin de chloration (chicanes) – comptage des eaux épurées**

L'eau traitée est désinfectée au chlore dans un bassin à chicanes pour éliminer les germes pathogènes. L'eau épurée est ensuite comptabilisée avant son rejet dans le milieu naturel.

2. Filière boue (Traitement des boues)

1. **Recirculation des boues et extraction des boues en excès**

Une partie des boues activées est recirculée vers le bassin d'aération pour maintenir le processus biologique. Les boues en excès sont extraites pour traitement.

2. **Stabilisation aérobie des boues**

Les boues extraites subissent une stabilisation aérobie. Cette étape réduit les odeurs et améliore la qualité des boues en dégradant la matière organique.

3. **Épaississement**

Les boues sont épaissies pour réduire leur volume en éliminant une partie de l'eau contenue.

4. **Déshydratation naturelle (08 lits de séchage)**

Les boues épaissies sont déshydratées naturellement sur des lits de séchage pour réduire encore plus leur teneur en eau. (ONA,2024)

4. Technique de prélèvement

La technique de prélèvement des échantillons d'eau pour les analyses bactériologiques et physico-chimiques a été réalisée conformément aux protocoles de manuel *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water* établi par Rice *et al.* (2017), les étapes suivantes ont été suivies pour garantir la représentativité et la qualité des échantillons :

- Les points de prélèvement ont été choisis dans des endroits stratégiques de la STEP de Tadmaït, il représente les eaux brutes en tête de la STEP et les eaux épurées à la sortie de clarificateur.
- Les bouteilles de prélèvement ont été stérilisées avant usage pour éviter toute forme de contamination.
- Les échantillons ont été collectés au $\frac{3}{4}$ du volume dans des bouteilles stériles directement dans le flux d'eau.
- Les échantillons ont été transportés dans des conditions réfrigérées (4°C) et analysés dans un délai de 24 heures après prélèvement pour garantir l'intégrité des échantillons.

5. Méthodes d'analyses

5.1. Analyse bactériologique

Dans cette étude, plusieurs méthodes bactériologiques standardisées ont été employées pour l'identification et le dénombrement des différentes bactéries présentes dans les échantillons d'eau. Chaque méthode a été sélectionnée en fonction des spécificités des bactéries ciblées, garantissant ainsi la fiabilité des résultats (annexe 1).

Pour les coliformes fécaux et totaux, la méthode de filtration sur membrane conforme à la norme ISO 9308-1 a été privilégiée. Cette méthode permet une détection précise des coliformes en retenant les bactéries sur une membrane filtrante, suivie d'une incubation sur des milieux sélectifs, avec une distinction claire entre les coliformes fécaux et totaux basée sur la température d'incubation.

Le dénombrement des germes totaux a été réalisé en utilisant la technique d'étalement sur gélose TGEA (Tryptone Glucose Extract Agar). Cette méthode indirecte permet de quantifier les bactéries mésophiles et psychrophiles en incubant les échantillons à 22 et 37

°C, respectivement, ce qui est essentiel pour évaluer la qualité bactériologique globale de l'eau (Snyder & Atlas, 2006).

Concernant les staphylocoques à coagulase positive, l'isolement a été effectué selon la norme NF ISO 7218. Cette méthode repose sur l'inoculation sur un milieu spécifique comme l'agar Chapman, qui favorise la croissance des staphylocoques tout en permettant une identification visuelle des colonies à coagulase positive grâce à une coloration caractéristique jaune doré.

Pour la recherche des anaérobies sulfite-réducteurs (ASR), la méthode d'incorporation en gélose viande foie a été choisie, comme détaillé par Rodier (2009). Cette méthode implique un traitement thermique pour détruire les formes végétatives et une incubation anaérobie pour permettre la détection des spores, identifiées par la formation de colonies noires caractéristiques.

L'isolement des vibrions cholériques a été réalisé à l'aide d'un milieu de transport ou d'enrichissement sélectif, suivi d'un isolement sur GNAB et d'une incubation à 37 °C. Cette méthode, recommandée par Cheghieb (2014), assure une identification fiable des colonies de *Vibrio cholerae*, typiquement jaunes sur TCBS.

Enfin, pour les Salmonelles, la technique de double enrichissement avec le milieu Sélénite Cystéine (SFB), suivie d'un isolement sur gélose Héктоen, a été employée. Cette méthode, qui inclut également des tests biochimiques classiques pour la confirmation des souches, est essentielle pour la détection précise de ces pathogènes.

5.2. Analyse physico-chimique

Dans cette partie, plusieurs méthodes standardisées ont été employées pour la mesure de différents paramètres de pollution présent dans les échantillons d'eau, les protocoles utilisés ont été détaillés dans l'annexe 2.

La température a été mesurée selon une approche rigoureusement opératoire, utilisant la méthode électrométrique avec un mini-thermomètre Hanna de précision, modèle Checktemp1 (HI 98509). Cet instrument est équipé d'une sonde déportée, permettant une mesure directe et rapide dans les échantillons d'eau, tant au niveau des eaux brutes qu'au niveau des eaux traitées.

Chapitre 02 : Matériels et méthodes

Le potentiel hydrogène a été déterminé par la méthode électrométrie en utilisant un pH-mètre Hanna (pH 211).

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductivité-mètre Hanna (HI 8820).

Les matières en suspension ont été déterminé selon la norme NF T 90-105 dont le mode opératoire standardisé pour évaluer la quantité de particules solides présentes dans un échantillon d'eau par méthode de filtration.

La demande biologique en oxygène a été mesuré par la méthode manométrique avec des flacons Oxitop, cette approche est couramment utilisée pour évaluer la quantité d'oxygène nécessaire à la décomposition de la matière organique par les micro-organismes présents dans un échantillon d'eau. Cette méthode est particulièrement simple à mettre en œuvre tout en offrant une grande précision grâce à la mesure automatisée de la consommation d'oxygène pendant 5 jours et à l'obscurité.

La demande chimique en oxygène a été déterminée par l'oxydation de la matière organique à 150 °C pendant 2 heure en excès de bichromate de potassium et la mesure a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre Hach DR 2000.

Chapitre III

Résultats et discussions

1. Résultats bactériologiques

1.1. Coliformes Totaux

La figure ci-après illustre les différentes valeurs trouvées pour les coliformes totaux dans eaux usées brutes et traitées.

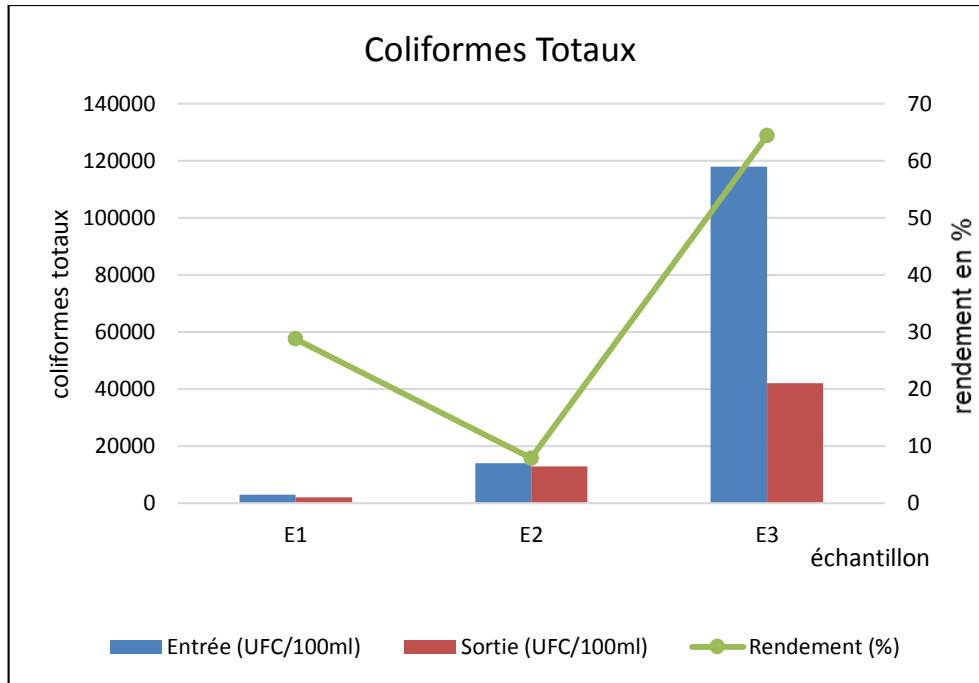


Figure 3 : résultats de dénombrement de coliformes totaux des eaux usées brutes et traitées.

Les coliformes totaux, indicateurs courants de la contamination fécale, les concentrations varient de 2920 à 118 000 UFC/100 mL dans les eaux usées. Ces valeurs baissent à la sortie de la STEP et varient entre 2080 et 42000 UFC/100 mL. Les résultats montrent une diminution variable avec un taux d'abattement maximum de 64,41% et un minimum de 7,86%. Cette situation met en évidence une inefficacité du traitement biologique dans la station de Tadmaït en terme de coliformes totaux. La désinfection à la STEP de Tadmaït est donc cruciale afin d'améliorer la qualité bactériologique des eaux épurées et limiter les risques sanitaires. En revanche, les valeurs restent dans la limite fixée par OMS à savoir 10^3 et 10^7 germes/100ml (OMS 2006 in Hamidi-Chergui *et al.*, 2016).

1.2. Coliformes Fécaux

La figure 3 illustre les différentes mesures des coliformes fécaux dans eaux usées brutes et traitées de la STEP de Tadmaït.

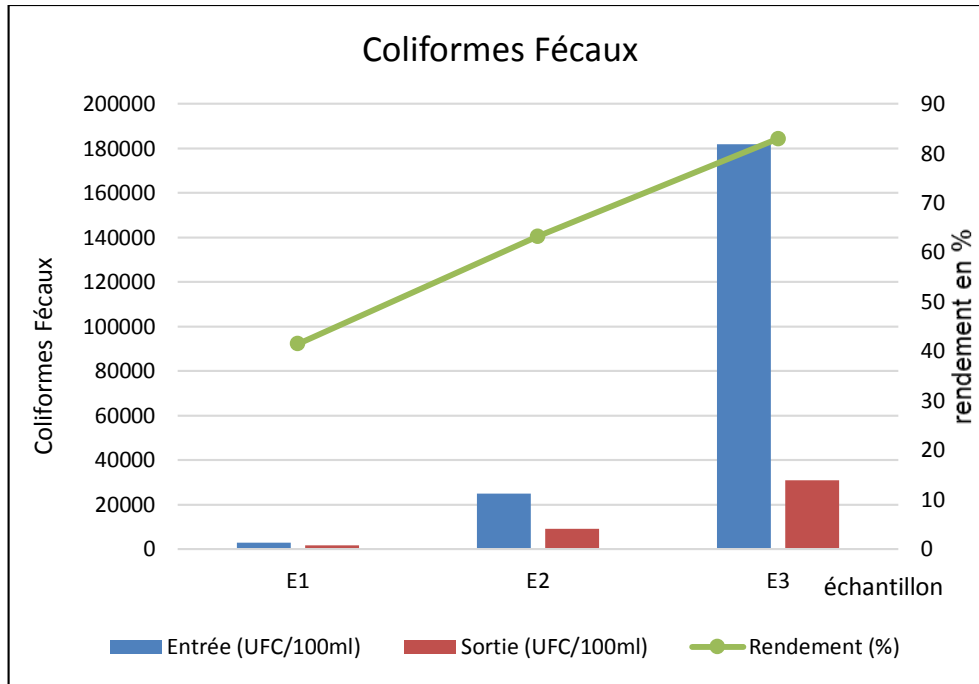


Figure 4 : résultats de dénombrement de coliformes fécaux des eaux usées brutes et traitées.

Les coliformes fécaux, indicateurs de contamination par des matières fécales, ils présents dans les échantillons d'entrée de STEP dont la concentration minimale est de 2890 UFC/100 ml. Après traitement, les concentrations diminues et varient entre 1690 et 31000 UFC/100 ml. Le rendement d'élimination varie de 41,5 % à 82,9 %. Les résultats sont similaires à celles observées dans d'autres études algériennes comme celle d'Alger (Marfoua et al, 2017). En effet, nos valeurs restent au-dessous de la norme fixée à 10^6 germes/100ml par l'OMS citée par Hamidi-Chergui et al. (2016).

1.3. Salmonelles

La figure ci-dessous illustre le dénombrement des salmonelles dans les eaux usées de la STEP de Tadmaït.

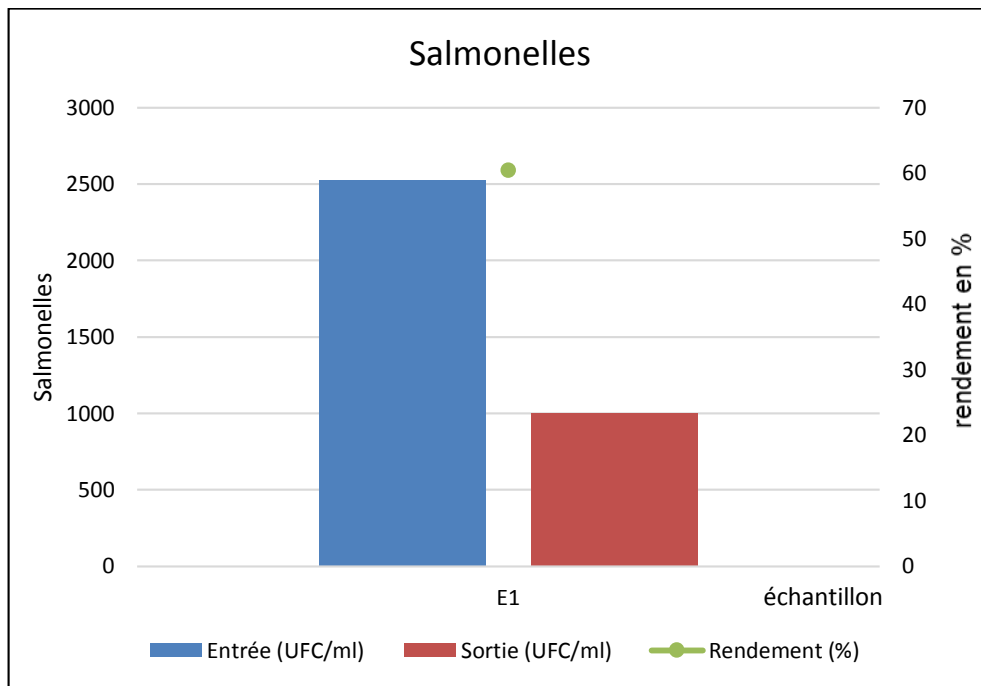


Figure 5 : résultats de dénombrement des salmonelles des eaux usées brutes et traitées.

Les Salmonelles, responsables de maladies intestinales, présentent une concentration initiale de 2530 UFC/mL et une concentration finale de 1000, avec un rendement d'élimination d'environ 60,4 %. Une étude menée à Constantine a montré un rendement plus élevé, atteignant 80 % (Kenniche et *al*, 2018).

1.4. Staphylocoques

La figure ci-après représente le résultat des staphylocoques dans les eaux usées brutes et épurées de la STEP de Tadmaït.

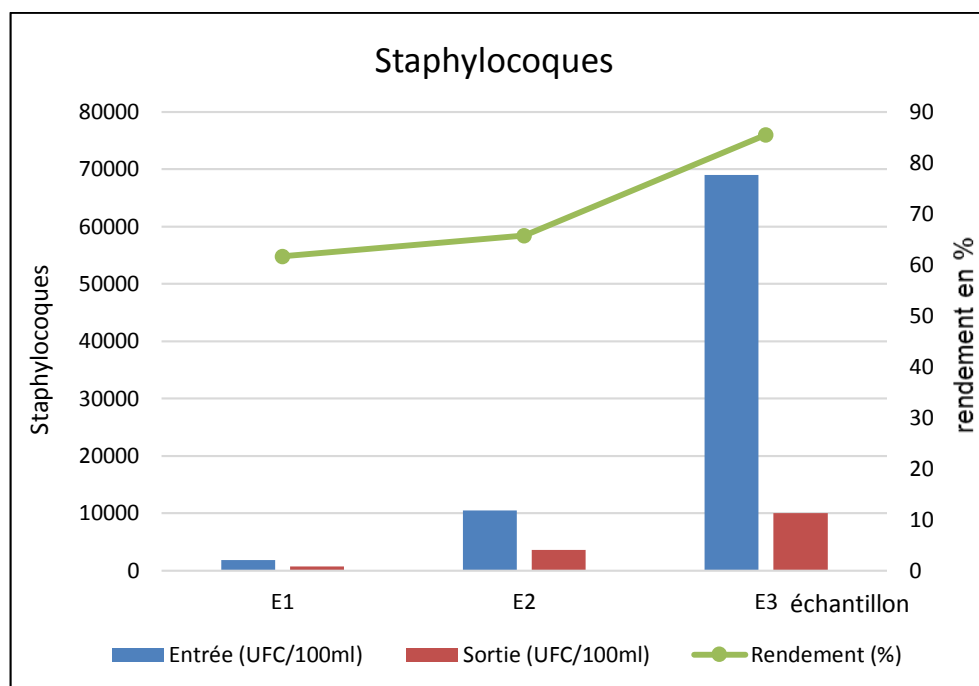


Figure 6 : résultats de dénombrement des staphylocoques des eaux usées brutes et traitées.

Les Staphylocoques, notamment *Staphylococcus aureus*, sont des bactéries pathogènes avec des concentrations avant traitement variant entre 1800 et 69000 UFC/100 mL, après épuration, les valeurs diminuent à des taux variant entre 690 et 1000 UFC/100 mL. Bien que le rendement d'élimination varie entre 61,6 % et 85,5 %. Des études, comme celle de la station de Tlemcen (Morghad et al., 2020), ont révélé des défis similaires à l'élimination des Staphylocoques.

1.5. Sulfito-réducteurs anaérobies ASR

Les ASR présentent des concentrations souvent indénombrables avant traitement, témoignant d'une contamination sévère. Après traitement, la charge bactérienne est réduite à 900 UFC/ mL. Des études à Oran (Kherroubi, 2019) ont montré des difficultés similaires à traiter ces bactéries dans d'autres stations, renforçant l'urgence d'améliorer les procédés pour garantir une gestion efficace des risques liés à ces eaux.

1.6. Vibrions

La figure ci-après représente le résultat des vibrions dans les eaux usées brutes et épurées de la STEP de Tadmait.

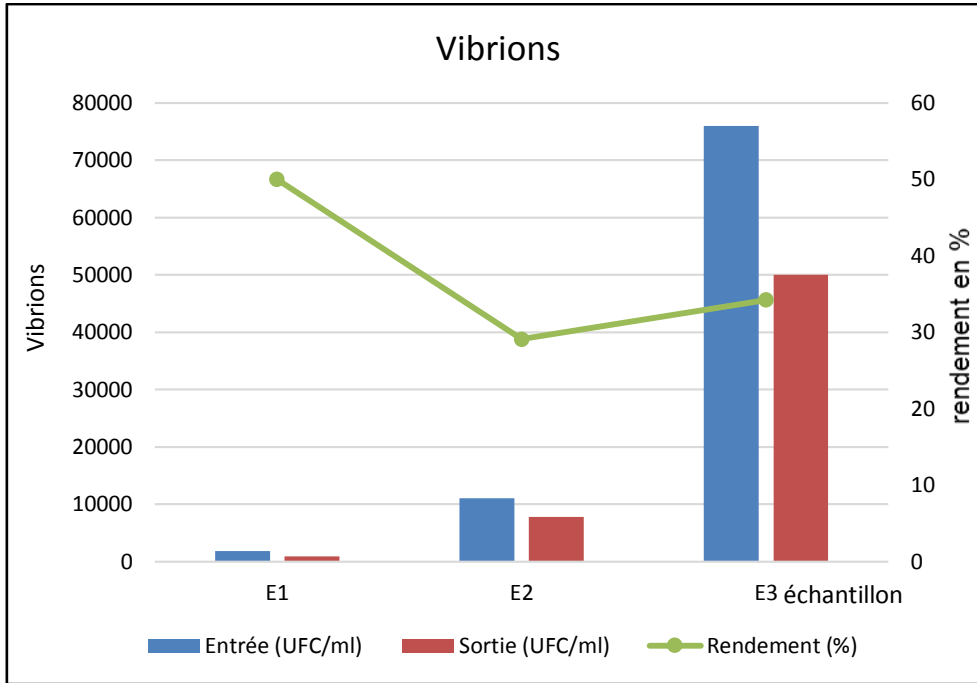


Figure 7 : résultats de recherche des vibrions cholériques des eaux usées brutes et traitées.

Les Vibrions, pathogènes causant des maladies graves comme le choléra, présentent des concentrations avant traitement variant de 1820 à 76 000 UFC/ mL. Avec des rendements d'élimination allant de 29 % à 50 %, le traitement à Tadmaït est inefficace pour garantir la sécurité sanitaire. En effet, la STEP nécessite une amélioration des processus de traitement par l'ajout de processus de désinfection afin de répondre aux normes sanitaires en vigueur.

2. Résultats physico-chimiques

2.1. Température

Elle est un paramètre physique essentiel dans la modification des propriétés chimiques, physiques et biologiques de l'eau (Bidi-Akli *et al.*, 2014). La figure suivante illustre les mesures de la température.

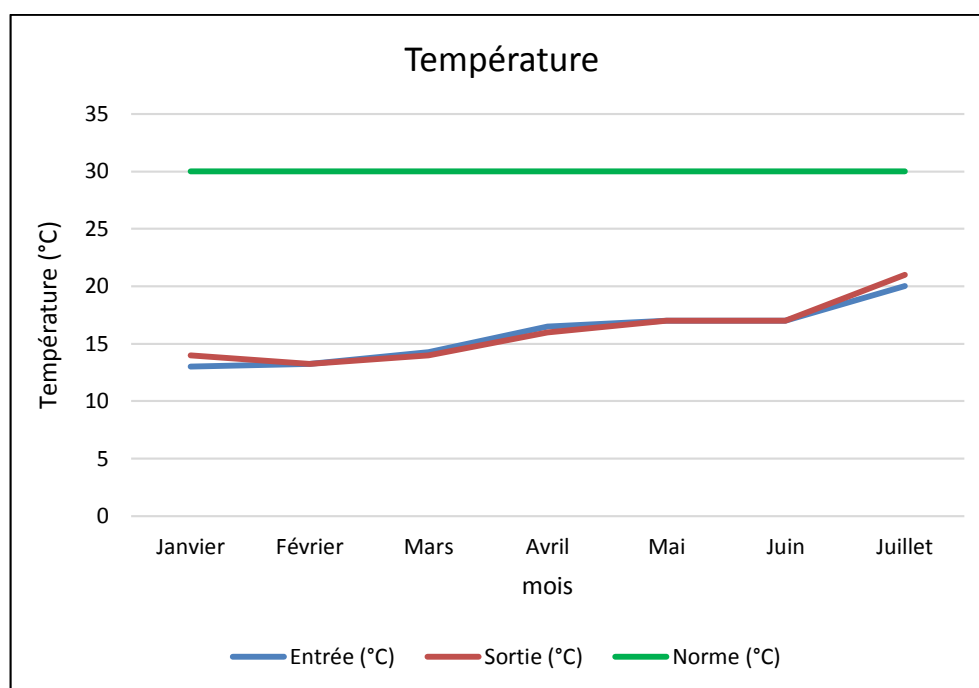


Figure 8 : Variations de la température des eaux usées brutes et traitées en fonction du temps.

Les températures mesurées varient entre 13 °C et 21 °C, restant bien en dessous de la norme maximale de 30 °C imposée par la réglementation algérienne (JORA 2006). Cela garantit que les rejets d'eaux usées ne causent pas de pollution thermique. En Algérie, notamment dans les régions méditerranéennes, le respect de cette norme est crucial pour éviter la désoxygénation des plans d'eau et protéger la biodiversité aquatique. Les résultats sont conformes aux études nationales, qui montrent l'importance de maintenir des températures stables dans les rejets pour éviter les perturbations écologiques. De plus, une différence de température entre le mois de janvier et le mois de juillet témoigne que la température de l'eau est fortement liée à la température de l'air : elles sont plus élevées pendant les saisons sèches et les plus basses pendant les saisons humides (Merghem *et al.*, 2016).

2.2.Potentiel Hydrogène

Il s'agit d'un paramètre très important dans l'environnement, le pH est la résultante de la mesure de couple acido-base présent dans l'eau. La figure suivante représente les variations du pH (Priac *et al.*, 2017).

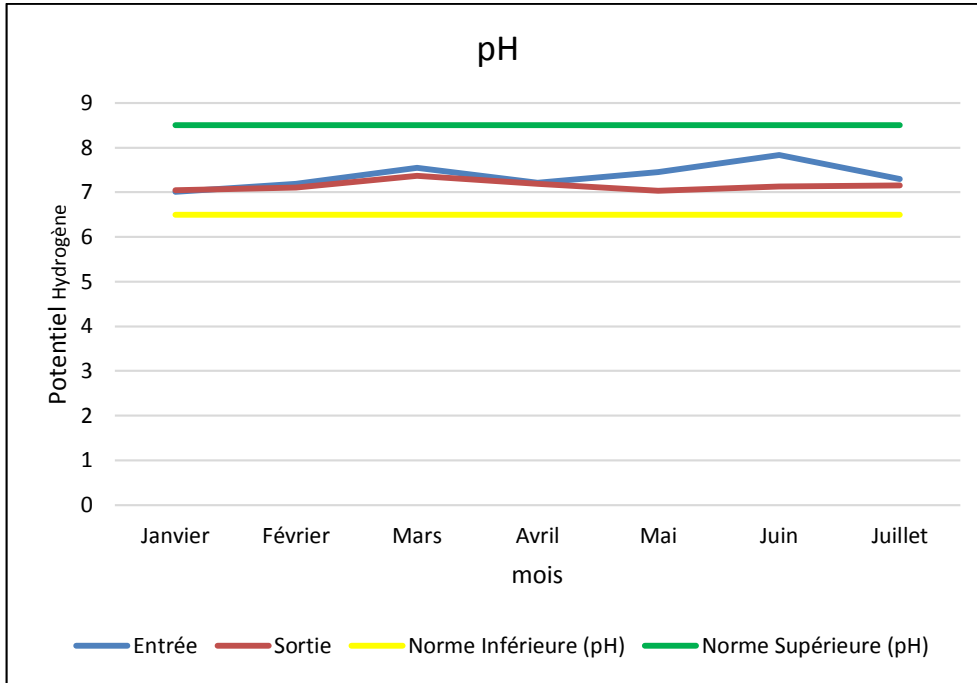


Figure 9 : Variations de pH des eaux usées brutes et traitées en fonction du temps.

Le pH mesuré varie de 7.01 à 7.83 à l'entrée et entre 7.04 et 7.37 à la sortie, respectant parfaitement la plage réglementaire de 6.5 à 8.5 de rejet vers l'environnement (JORA, 2006). Ces valeurs indiquent que les eaux usées traitées sont neutres à légèrement alcalines, un état idéal pour éviter des impacts négatifs sur les organismes aquatiques et favoriser la croissance des organismes nécessaires à la dégradation biologique de la pollution organique (Benyoucef, 2021). Le maintien d'un pH stable est essentiel pour garantir la compatibilité des rejets avec les milieux récepteurs en Algérie, comme observé dans plusieurs études sur la gestion des eaux usées (Priac *et al.*, 2017).

Les températures inférieures à 30 °C, ainsi qu'un pH compris entre 6,54 et 8,09, contribuent à la stabilité des processus biologiques dans le traitement de l'eau (Metahri, 2012 ; Benyoucef, 2021).

2.3. Conductivité

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité (Idrissi *et al.*, 2015). La figure suivante illustre les variations de la conductivité.

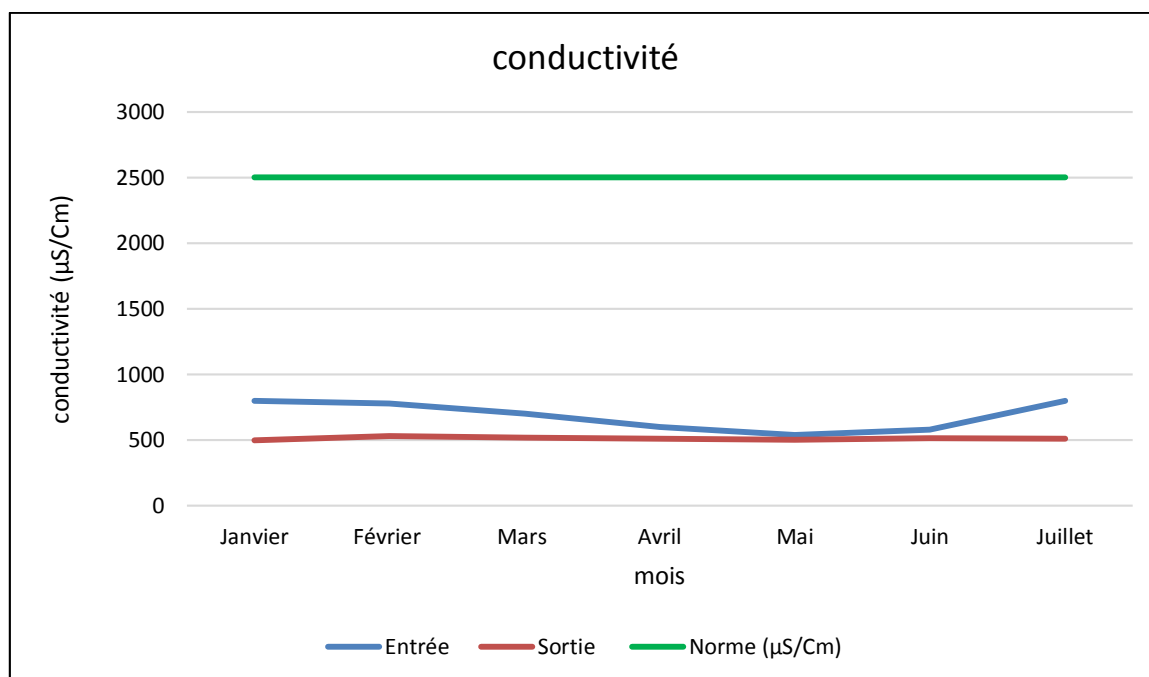


Figure 10 : Variations de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) des eaux usées brutes et traitées en fonction du temps

Les valeurs de conductivité à l'entrée varient de 603.5 à 877 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et à la sortie, elles varient de 468 à 713 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La réduction de la conductivité est due à l'assimilation des sels nutritifs produit par la dégradation de la matière organique en présence de bactéries (El Hachemi *et al.*, 2012). Elles sont bien inférieures à la norme maximale de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cela signifie que les eaux traitées ont une faible teneur en ions dissous, reflétant une bonne qualité de traitement. Une conductivité faible réduit les risques de salinisation des cours d'eau récepteurs, un enjeu critique en Algérie où les ressources en eau douce sont limitées, surtout dans les zones arides.

La réduction notable de la conductivité électrique (CE) démontre une élimination partielle des sels dissous après traitement, bien que certaines valeurs restent élevées par rapport aux standards régionaux (Saifi *et al.*, 2018). Cela soulève une problématique importante quant à l'utilisation de l'eau pour certaines cultures sensibles à la salinité, nécessitant des ajustements selon le type de culture envisagé.

2.4. Matières en Suspension

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux

dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique (Idrissi *et al.*, 2015). La figure ci-dessous représente les variations de la MES.

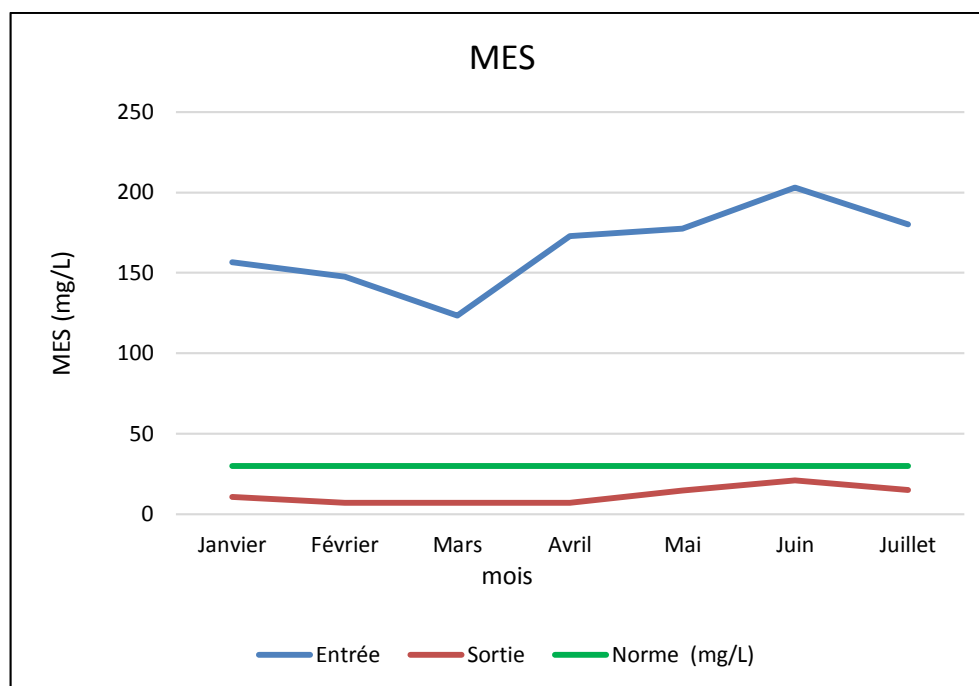


Figure 11 : Variations de la MES (mg/L) des eaux usées brutes et traitées en fonction du temps

Les Matières en suspension à l'entrée varient de 123,5 à 203 mg/L, après épuration elles varient de 7 à 21 mg/L, respectant ainsi la norme de 35 mg/L établie par JORA (2006) pour la réutilisation à des fins agricoles. Cette faible concentration montre une clarification efficace des eaux usées, assurant que les rejets ne contribuent pas à la turbidité des eaux réceptrices. En Algérie, les stations d'épuration visent une réduction optimale de la MES pour éviter l'envasement des plans d'eau et les impacts sur la biodiversité (Djaafer & Lalmi 2016).

2.5.Demande Chimique en Oxygène

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Razak *et al.*, 2020). La figure ci-dessous représente l'évolution de la DCO.

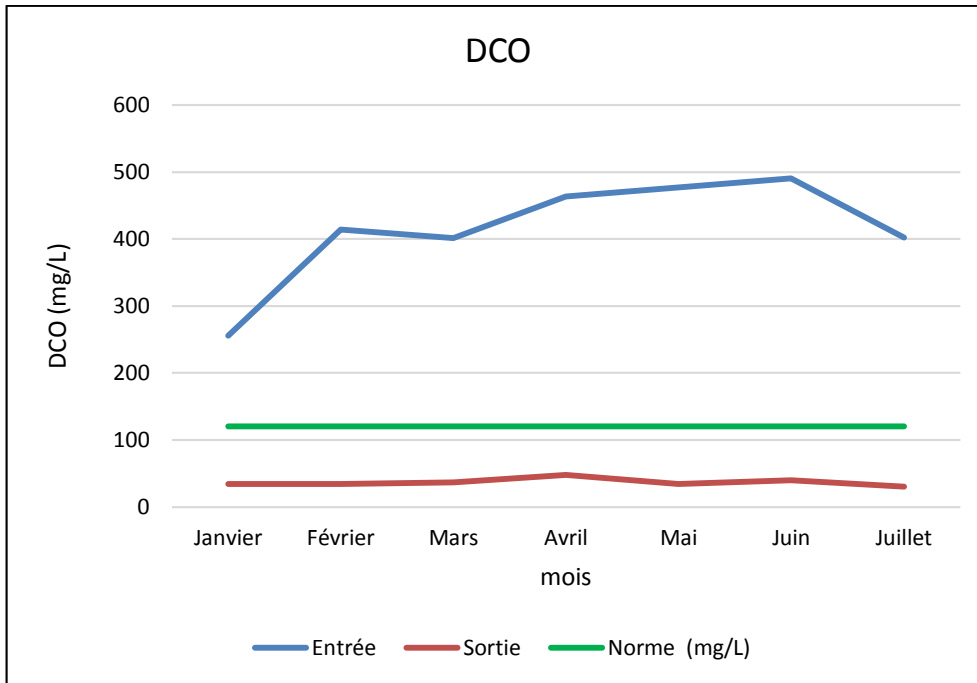


Figure 12 : Variations de la DCO (mg/L) des eaux usées brutes et traitées en fonction du temps

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) à l'entrée varie entre 255,72 et 490,88 mg/L, tandis qu'à la sortie, elle se situe entre 30 et 47,87 mg/L, bien inférieure à la limite de 120 mg/L imposée par le JORA (2006). Cela montre une élimination efficace des substances organiques dans les eaux usées. Un bon contrôle de la DCO est essentiel pour prévenir la dégradation des écosystèmes aquatiques en Algérie, où l'eutrophisation représente une menace courante dans les zones côtières et les plans d'eau stagnants.

2.6. Demande Biologique en Oxygène

La demande biologique en Oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de microorganismes, dans des conditions données (5 jours à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air) on parle alors de la DBO₅ (Idrissi *et al.*, 2015). La figure ci-dessous illustre l'évolution de la DBO₅.

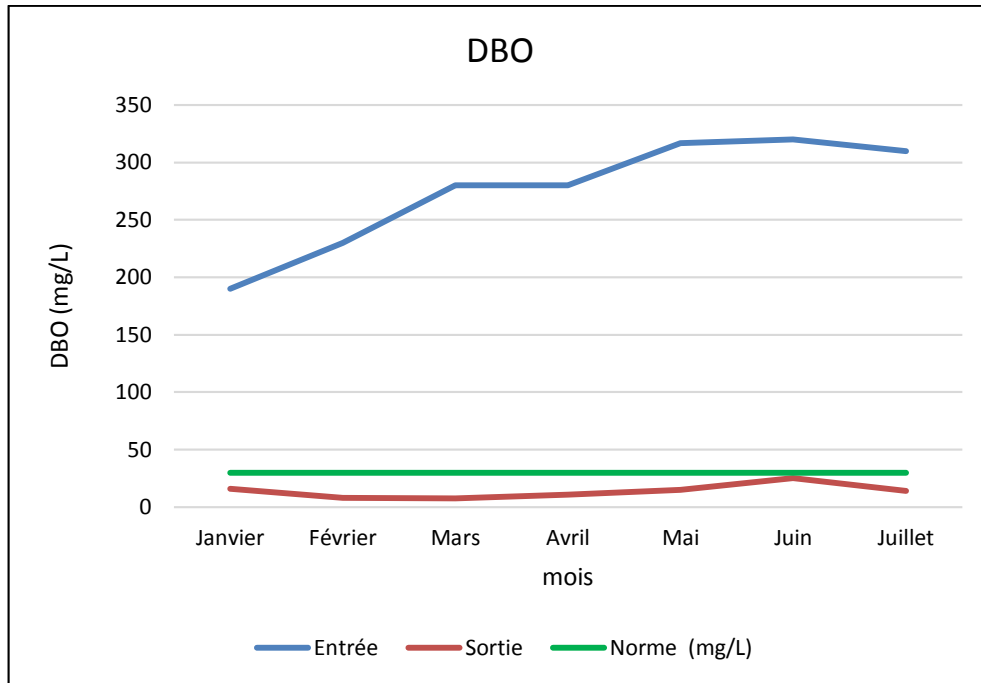


Figure 13 : Variations de la DBO₅ (mg/L) des eaux usées brutes et traitées en fonction du

Les valeurs de DBO à l'entrée de la station sont élevées et variables avec une valeur minimale de 190 mg/L, à la sortie, elles comprises entre 7,5 mg/L et 25 mg/L, respectent largement la norme de 30 mg/L. Cela signifie que la matière organique biodégradable a été efficacement éliminée, réduisant le risque d'épuisement de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices. La gestion de la DBO est un indicateur clé de la performance des stations d'épuration, contribuant ainsi à protéger la qualité des eaux naturelles.

Conclusion

L'évaluation des eaux usées traitées par la station d'épuration de Tadmaït révèle des résultats en grande partie conformes aux normes algériennes de rejet en milieu naturel. Sur le plan bactériologique, les résultats d'analyse montrent que l'évolution va dans le sens de réduction. En revanche, les taux d'élimination sont très variables cela peut être dû à l'absence du procédé de désinfection. Les taux de réduction varient un minimum de 7,86 % pour les coliformes totaux et un maximum de 85,50 % pour les staphylococcus.

Sur le plan physico-chimique, les paramètres mesurés, notamment la température et le pH, respectent les seuils réglementaires, ce qui assure un environnement favorable à l'activité microbienne nécessaire pour un traitement biologique efficace des eaux usées. En ce qui concerne les matières en suspension (MES), les résultats montrent un taux d'abattement particulièrement élevé. Les indicateurs de pollution organique tel que la demande biologique en oxygène (DBO₅) et de demande chimique en oxygène (DCO) révèlent une performance remarquable du système de traitement, avec des concentrations de polluants organiques largement inférieures aux seuils réglementaires. Cela témoigne d'une bonne capacité de dégradation de la matière organique, rendant l'eau traitée potentiellement utilisable pour des usages agricoles sans risque immédiat de pollution organique. Nous déduisons ainsi une maîtrise des traitements primaire et secondaire de ladite STEP.

Bien que les eaux usées traitées par la station de Tadmaït présentent des caractéristiques physico-chimiques et biologiques encourageantes pour une réutilisation en agriculture, certains aspects doivent encore être améliorés. La présence de microorganismes résistants, tels que les staphylocoques ASR, indique qu'un traitement complémentaire, tel que l'ultrafiltration ou la désinfection par rayons UV, est nécessaire pour garantir la sécurité sanitaire de l'eau rejetée.

Cette étude souligne l'importance d'un suivi rigoureux et régulier des performances des stations d'épuration. Cependant, pour garantir une utilisation sans risque en agriculture, il est recommandé d'effectuer des analyses parasitologiques complémentaires pour détecter la présence éventuelle de parasites pathogènes.

De plus, une recherche de métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, etc.) doit être réalisée afin d'éviter toute accumulation toxique dans les sols et les cultures. L'adoption d'innovations technologiques et l'optimisation continue des systèmes existants sont

essentielles pour améliorer la qualité des rejets et promouvoir la réutilisation des eaux usées, notamment dans le contexte des défis posés par les changements climatiques et le stress hydrique.

La mise en œuvre des recommandations proposées dans ce mémoire pourrait non seulement améliorer la qualité des effluents, mais aussi renforcer la durabilité de leur réutilisation dans des domaines stratégiques comme l'agriculture.

*Références
bibliographiques*

- Ababsa, N., Kribaa, M., Tamrabet, L., Addad, D., Hallaire, V., & Ouldjaoui, A. (2020). Long-term effects of wastewater reuse on hydro physicals characteristics of grassland grown soil in semi-arid Algeria. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 1004-1013.
- Aissaoui, D. (2023). Caractérisation des effluents domestiques et optimisation de l'épuration biologique. Cas des STEP de la région de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU).
- Aouali, F. Z., Becherif, M., Tabanajat, A., Emziane, M., Mohammedi, K., Krehi, S., & Khellaf, A. (2014). Modelling and experimental analysis of a PEM electrolyser powered by a solar photovoltaic panel. *Energy procedia*, 62, 714-722.
- BELHADJ, Mohamed Zine. *Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda*. Diss. Université Mohamed Khider-Biskra, 2017.
- Benyoucef, A. (2021). Traitement des eaux usées par la phytoépuration (Doctoral dissertation, Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi).
- Bidi-Akli, S., Arab, A., & Samraoui, B. (2014). Variation spatio-temporelle du zooplancton dans le barrage de la réserve de chasse de Zéralda (Algérie). *Revue d'écologie*, 69(3-4), 214-224.
- 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.
- BOUZIDI, Y. (2020). Réutilisation des Eaux Usées Epurées en Algérie.
- Çevik, T., Aydoğdu, N. S., Özdemir, N., & Taş, T. K. (2019). The effect of different sugars on water kefir grains. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 40-45.
- Chegieb H., Fecih B., 2014. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées d'Oued El-Hammam (Guelma) et l'épuration par les Nanoparticules (ZnO, Ag et Fe₂O₃). Mémoire de Master, Guelma, université 8 mai 1945 à Guelma. pp 21- 32.
- Chenchouni, H. (2012). Diversité floristique d'un lac du bas-sahara algérien. Flora diversity of a lake at algerian low-sahara. *Acta Botanica Malacitana*, 37, 33-44.
- Djaafer, H., & Lalmi, L. (2016). *Effet de la pollution industriel «cimenterie» sur le bilan protéique (protéïnémie) chez les habitants D'El Ma El Abiod* (Doctoral dissertation, Universite laarbi tebessi tebessa).

- El Hachemi, O., El Halouani, H., Meziane, M., Torrens, A., Salgot, M., & Sbaa, M. (2012). Etude des performances épuratrices dans une station de traitement des eaux usées par lagunage en climat désertique (Oasis de Figuig-Maroc): Aspect bactérien et organique. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, 6(1), 84-97.
- FECIH, H., Azachia M. et Bahloul M. (2016). Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées (STEP-Guelma).
- Gerba, C. P., & Betancourt, W. Q. (2017). Viral pathogens in water: Occurrence, public health impact, and available control strategies. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 14-19.
- GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. (2021). An overview on the impact and application of microorganisms on human health, medicine, and environment. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 14(1), 89-104.
- Hamaidi-Chergui, F., ZOUBIRI, A., HAMAIDI, M., Debib, A., & Kais, H. (2016). Evaluating Effectiveness Of Wastewater Treatment Plant Of Medea (Algeria). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (26), 113-128.
- Hamdani, A. Khettab, N. (2022). The role of artificial water bodies in limiting nutrient transfers in the hydrosystem. case study in the Oued d'Houss watershed (Bouira-Algeria).
- Hossain, M., & Patra, P. K. (2020). Water pollution index—A new integrated approach to rank water quality. *Ecological Indicators*, 117, 106668.
- Hotez, P. J., Brindley, P. J., Bethony, J. M., King, C. H., Pearce, E. J., & Jacobson, J. (2008). Helminth infections: the great neglected tropical diseases. *The Journal of clinical investigation*, 118(4), 1311-1321.
- Idrissi, Y. A., Alemad, A., Aboubaker, S., Daifi, H., Elkharrim, K., & Belghyti, D. (2015). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Azilal-Maroc-/[Physico-chemical characterization of wastewater from Azilal city-Morocco-]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11(3), 556.
- Jones, J. A. A. (1999). Climate change and sustainable water resources: placing the threat of global warming in perspective. *Hydrological Sciences Journal*, 44(4), 541–557.
- Karam, F., Haddad, R., Amacha, N., Charanek, W., & Harmand, J. (2022). Assessment of the Impacts of Phyto-Remediation on Water Quality of the Litani River by Means of Two Wetland Plants (*Sparganium erectum* and *Phragmites australis*). *Water*, 15(1), 4.

- Karanis, P., Kourenti, C., & Smith, H. (2007). Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. *Journal of Water and Health*, 5(1), 1-38.
- Karwowska, B., Sparczyńska, E., & Dąbrowska, L. (2021). Water treatment in hybrid connection of coagulation, ozonation, UV Irradiation and adsorption processes. *Water*, 13(13), 1748.
- Kenniche, S., Bekkoussa, B., M'nassri, S., Teffahi, M., Taupin, J. D., Patris, N., ... & Majdoub, R. (2022). Hydrochemical characterization, physicochemical and bacteriological quality of groundwater in Sidi Kada Mountains, northwest of Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(11), 1061.
- Khélifi-Touhami, M., Ounissi, M., Saker, I., Haridi, A., Djorf, S., & Abdenour, C. (2006). The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 4(2), 340.
- Marfoua, M., Souffi, I., Chaibi, R., & Sibachir, A. (2017). Caractérisation biologique et écologique d'un poisson d'eau douce (genre Pseudophoxinus) dans l'Est Algérien. *Journal Algérien des Régions Arides*, 12(2), 84-92.
- Merghem, K. A., Gharibi, E., El Halouani, H., Taupin, J. D., Ghalit, M., Alnedhary, A. A., & Zarrouk, A. (2016). Quality study of wastewater treated by Waste Water Treatment Plant (WWTP) in the city of Sana'a (Yemen) used for agriculture. *Moroccan Journal of Chemistry*, 4(3), J-Chem.
- Metahri, M. S. (2012). *Élimination 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* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Metcalf, R., White, H. L., Moresco, V., Ormsby, M. J., Oliver, D. M., & Quilliam, R. S. (2022). Sewage-associated plastic waste washed up on beaches can act as a reservoir for faecal bacteria, potential human pathogens, and genes for antimicrobial resistance. *Marine Pollution Bulletin*, 180, 113766.
- Morghad, T., Hassaine, H., Boutarfi, Z., Gaouar, S., Bellifa, S., & Meziani, Z. (2020, September). Bacteriological water quality and biofilm formation in the treatment system of the hemodialysis unit in Tlemcen, Algeria. In *Seminars in Dialysis* (Vol. 33, No. 5, pp. 394-401).

- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y., & Yan, M. (2019). Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of the Total Environment*, 696, 134022.
- Oztaysi, B., Cevik Onar, S., Seker, S., & Kahraman, C. (2019). Water treatment technology selection using hesitant Pythagorean fuzzy hierachical decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1), 867-884.
- Oztaysi, B., Cevik Onar, S., Seker, S., & Kahraman, C. (2019). Water treatment technology selection using hesitant Pythagorean fuzzy hierachical decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1), 867-884.
- Priac, A., Morin-Crini, N., Druart, C., Gavaille, S., Bradu, C., Lagarrigue, C., ... & Crini, G. (2017). Alkylphenol and alkylphenol polyethoxylates in water and wastewater: a review of options for their elimination. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3749-S3773.
- Raucher, Robert S., and George Tchobanoglous. *The opportunities and economics of direct potable reuse*. Alexandria, VA: WateReuse Research Foundation, 2014.
- Razak, M. W. A., & Adamou, Z. (2020). Caractérisation Physico-Chimique Des Lixiviats Des Décharges: Cas de la Décharge non Contrôlée de Niamey 2000 (Niamey-Niger). *European Scientific Journal*, ESJ, 16(9), 42.
- Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed.
- Saidani, M. (2020). *Enquête sur l'évolution du secteur de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Algérie* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Saifi, H., Saifi, R., Benabdelkader, M., Saidi, M., & Mabrouk, Y. (2018). Impact des Stations d'Épuration des Eaux Usées sur l'Environnement. *Revue des Energies Renouvelables SIENR*, 18, 87-91.
- Snyder, J. W., & Atlas, R. M. (2006). *Handbook of media for clinical microbiology*. CRC press.
- Touati, M., Benhamza, M., & Bouhafs, F. (2018). Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf (Nord Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 37, 103-112.

➤ **Autres références :**

- Arrêté interministériel du 19 avril 2006. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 20 Rabie El Aouel 1427.
- Arrêté interministériel du 21 juin 2009. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 27 Joumada Ethania 1430.
- Arrêté interministériel du 4 août 2005. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 28 Joumada Ethania 1426.
- Décret exécutif 07-149 du 20 mai 2007. *Journal Officiel de la République Algérienne*.
- Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France, de Biasi, L., Stéphan, J. M., & Colombet, F. (2004). Atlas rural et agricole de l'Île-de-France. IAURIF, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France.
- Institut pour la Santé Métrique et l'Évaluation (IHME). (2018). *Global Burden of Disease Study 2018 (GBD 2018): Méthodes et Résultats*. IHME, Université de Washington.
- JORA. (2006, juillet 12). Loi n° 06-12 relative à la gestion, à la protection et à l'utilisation des ressources en eau. *Journal Officiel de la République Algérienne*, 45(23-29).
- ONA. (2024). Documentation interne de l'office national d'assainissement.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2011). *L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : Gérer les systèmes en danger*. Rome, Italie : FAO.
- Organisation mondiale de la Santé. (2006). *Lignes directrices pour la qualité de l'eau potable : Recommandations*. Genève, Suisse : OMS.
- WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau). (2017). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 : Les eaux usées - une ressource inexploitée*. Paris, UNESCO.

Annexes

Annexe 1

Recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux et Totaux (Norme ISO 93081)

1. Préparation de l'échantillon :

- Collecter l'échantillon d'eau usée dans un récipient stérile. Si nécessaire, effectuer une dilution appropriée pour éviter la surcharge bactérienne.

2. Filtration :

- Placer un filtre à membrane stérile (généralement de 0,45 µm de porosité) dans un support de filtration.
- Passer un volume connu de l'échantillon d'eau à travers le filtre à l'aide d'une pompe à vide pour assurer un flux constant et contrôlé.

3. Rinçage :

- Après la filtration, rincer le filtre avec de l'eau stérile pour éliminer toute matière particulaire non bactérienne.

4. Incubation :

- Transférer le filtre avec une pince stérile sur un milieu de culture sélectif spécifique pour les coliformes TTC.
- Incuber les plaques à 35-37°C pour les coliformes totaux et à 44-45°C pour les coliformes fécaux, pendant 24 heures.

5. Dénombrement :

- Examiner les filtres après incubation et compter les colonies caractéristiques (rouges avec un centre sombre pour les coliformes totaux, bleu ou violet pour les coliformes fécaux).
- Chaque colonie visible représente une unité formant colonie (UFC) dans l'échantillon initial filtré.

Recherche et dénombrement des Germes Totaux

1. Préparation de l'échantillon :

- Réaliser des numérations bactériennes par la méthode d'étalement.
- Étaler 1 ml de l'échantillon brut ou de ses dilutions sur une gélose TGEA (Tryptone Glucose Extract Agar).

2. Incubation :

- Incuber les plaques à 22°C et 37°C pendant 24 heures.
-

Isolement des Staphylocoques à Coagulase Positive (Norme NF ISO 7218)

1. Préparation des échantillons :

- Prélever un échantillon d'eau usée conformément aux pratiques d'échantillonnage standard.
- Filtrer l'échantillon à travers un filtre stérile de 0,2 µm.

2. Inoculation sur milieu sélectif :

- Placer le filtre stérile sur une plaque d'agar Chapman.
- Incuber la plaque à 37°C pendant 24 à 48 heures.

3. Identification des colonies :

- Observer les colonies caractéristiques de staphylocoques à coagulase positive, qui sont généralement entourées d'une zone jaune.

4. Confirmation de l'espèce :

- Réaliser les tests biochimiques : test de catalase et test de coagulase.
-

Recherche et dénombrement des Spores des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

1. Prélèvement et traitement thermique :

- Homogénéiser l'échantillon, puis réaliser des dilutions successives.
- Chauffer à 80°C pendant 8 à 10 minutes pour éliminer les formes végétatives.

2. Répartition et préparation en gélose :

- Refroidir le tube et répartir l'échantillon dans 4 tubes stériles.
- Ajouter 20 ml de gélose viande foie, ainsi que du sulfite de sodium et de l'alun de fer.

3. Incubation :

- Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

4. Lecture et dénombrement :

- Après 24 heures, dénombrer les colonies noires visibles de 0,5 mm.

Isolement des Vibrions Cholériques

1. Préparation de l'échantillon :

- Prélever l'échantillon d'eau suspecté de contamination par *Vibrio cholerae*.

2. Enrichissement :

- Ajouter 1 ml de l'échantillon dans 10 ml de milieu peptoné alcalin, puis incuber à 37°C pendant 6 à 8 heures.

3. Isolement sur gélose :

- Effectuer un isolement sur gélose GNAB, puis incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

4. Identification des colonies :

- Observer les colonies jaunes sur TCBS, puis réaliser une coloration de Gram et des tests biochimiques (oxydase).
-

Isolement des Salmonelles

1. Premier enrichissement :

- Ajouter 1 ml de l'échantillon dans 10 ml de Sélénite Cystéine (SFB), puis incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.

2. Deuxième enrichissement et isolement :

- Transférer l'échantillon dans un second tube de SFB, puis effectuer un isolement sur géloses Héктоen.

3. Lecture des résultats :

- Lire les résultats après incubation et identifier les colonies morphologiquement et biochimiquement (coloration de Gram, tests biochimiques classiques ou API 20E).

Annexe 2

Mesure de la Température (T)

Matériel utilisé :

- Thermomètre numérique avec sonde déportée (par exemple, Hanna Checktemp1 HI 98509).

Procédure opératoire :

1. Préparation de l'équipement :

- Calibrer le thermomètre selon les instructions du fabricant.
- Nettoyer la sonde avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination.

2. Prélèvement et mesure :

- Prélever des échantillons d'eau brute à l'entrée de la station d'épuration.
- Prélever des échantillons d'eau traitée à la sortie après les différentes étapes de traitement.
- Immerger la sonde du thermomètre dans chaque échantillon à une profondeur suffisante.
- Attendre la stabilisation de la lecture et noter la température affichée.

3. Enregistrement des données :

- Effectuer les mesures à différents moments pour tenir compte des variations.
 - Consigner les valeurs avec la date, l'heure et les conditions spécifiques (température ambiante, état du processus).
-

Mesure du Potentiel Hydrogène (pH)

Matériel utilisé :

- pH-mètre calibrable avec électrode adaptée.
- Solutions tampons de pH 4, 7 et 10.

Procédure opératoire :

1. Calibration de l'appareil :

- Calibrer le pH-mètre en utilisant les solutions tampons pour assurer la précision des mesures.

2. Prélèvement des échantillons :

- Collecter des échantillons d'eaux usées brutes et traitées dans des récipients propres.

3. Mesure du pH :

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée entre chaque mesure.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon.
- Attendre la stabilisation de la lecture.
- Noter le pH mesuré.

4. Contrôle des normes :

- Comparer les valeurs mesurées aux normes en vigueur (pH entre 6,5 et 8,5 pour les eaux traitées).
 - Si nécessaire, ajuster les processus de traitement pour corriger le pH.
-

Mesure de la Conductivité Électrique (CE)

Matériel utilisé :

- Conductimètre portable (par exemple, Hanna HI 8820) avec sonde de température intégrée.
- Solutions étalons de conductivité (par exemple, 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Procédure opératoire :

1. Calibration de l'appareil :

- Calibrer le conductimètre avec la solution étalon pour garantir la précision.

2. Prélèvement des échantillons :

- Prélever les échantillons d'eau en évitant toute contamination.
- Si la mesure n'est pas immédiate, conserver l'échantillon à température adéquate.

3. Mesure :

- Rincer la sonde avec de l'eau distillée avant utilisation.

- Immerger la sonde dans l'échantillon.
- Attendre la stabilisation de la lecture.
- Noter la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$, en tenant compte de la compensation de température.

4. **Interprétation :**

- Une conductivité élevée peut indiquer une pollution importante en ions dissous.
 - Comparer les résultats avec les normes applicables.
-

Détermination des Matières en Suspension (MES)

Matériel utilisé :

- Filtres en cellulose
- Appareil de filtration sous vide.
- Balance analytique précise.
- Étuvé réglée à 105 °C.
- Dessiccateur.

Procédure opératoire :

1. Prélèvement et préparation de l'échantillon :

- Homogénéiser l'échantillon d'eau avant l'analyse.
- Mesurer un volume connu de l'échantillon.

2. Filtration :

- Peser un filtre propre et sec (masse initiale).
- Assembler l'appareil de filtration sous vide.
- Filtrer l'échantillon à travers le filtre sous vide.

3. Séchage :

- Retirer le filtre et le placer dans l'étuve à 105 °C pendant au moins 1 heure.
- Cette étape élimine l'humidité pour ne conserver que les matières solides.

4. Refroidissement et pesée :

- Placer le filtre dans un dessiccateur jusqu'à refroidissement.
- Peser le filtre avec les résidus (masse finale).

5. Calcul des MES :

- $MES (mg/L) = [(masse\ finale - masse\ initiale) / volume\ de\ l'échantillon] \times 1000.$
-

Mesure de la Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO5)

Matériel utilisé :

- Flacons Oxitop avec système manométrique.
- Incubateur réglé à 20 °C.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) pour absorber le CO₂.
- Nutriments si nécessaire.

Procédure opératoire :

1. Préparation de l'échantillon :

- Verser un volume approprié de l'échantillon dans le flacon Oxitop.
- Ajouter des nutriments si l'échantillon est pauvre en micro-organismes.

2. Ajout du NaOH :

- Placer une pastille ou une solution de NaOH dans le compartiment prévu du flacon pour absorber le CO₂ produit.

3. Mise en place du système :

- Fermer hermétiquement le flacon avec le capteur de pression.
- S'assurer que le système est correctement étanche.

4. Incubation :

- Placer les flacons dans l'incubateur à 20 °C pendant 5 jours.

5. Mesure et calcul :

- Le système enregistre la baisse de pression due à la consommation d'oxygène.
 - La DBO5 est calculée automatiquement par le dispositif Oxitop et exprimée en mg O₂/L.
-

Mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Matériel utilisé :

- Tubes de digestion résistants à la chaleur.
- Réactifs : bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), acide sulfurique (H_2SO_4), catalyseur (sulfate d'argent).
- Bloc digesteur ou four à 150 °C.
- Spectrophotomètre (par exemple, Hach DR 2000).
- Pipettes et verrerie de laboratoire.

Procédure opératoire :

1. Préparation de l'échantillon :

- Introduire un volume précis de l'échantillon dans le tube de digestion.

2. Ajout des réactifs :

- Ajouter une quantité mesurée de solution de bichromate de potassium.
- Ajouter de l'acide sulfurique concentré contenant le catalyseur (sulfate d'argent).
- Mélanger délicatement pour éviter les projections.

3. Digestion :

- Placer les tubes dans le bloc digesteur.
- Chauffer à 150 °C pendant 2 heures pour oxyder la matière organique.

4. Refroidissement :

- Retirer les tubes et les laisser refroidir à température ambiante.

5. Mesure de l'absorbance :

- Transférer le contenu si nécessaire dans une cuve adaptée.
- Mesurer l'absorbance à une longueur d'onde spécifique (généralement 600 nm) avec le spectrophotomètre.

6. Calcul de la DCO :

- Utiliser une courbe d'étalonnage pour convertir l'absorbance en concentration de DCO.
- Exprimer les résultats en mg O_2/L .

Résumé

Cette étude a pour but de suivre de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux usées brutes et épurées de la station d'épuration de Tadmait. Les résultats d'analyse bactériologique montrent des taux d'abattement variables, ils varient de 7,86 à 64,41 % pour des pathogènes tels que les coliformes totaux et de 60,40 % pour les salmonelles, ces résultats sont accordés à l'absence d'un système de désinfection. Les résultats d'analyse physico-chimique montrent des réductions importantes avec des valeurs minimales de 47,87, 25 et 21 mg/L enregistrée respectivement pour la demande chimique en oxygène, la demande biologique en oxygène et les matières en suspension. Bien que, la STEP assure un traitement efficace l'élimination de la pollution physico-chimique et organique, des améliorations technologiques, notamment l'ajout de procédés de désinfection avancés, sont nécessaires pour réduire davantage les pathogènes et permettre une réutilisation sécurisée des eaux épurées.

Mots clés : caractérisation, pathogènes, pollution organique, normes.

Abstract

This study evaluates the bacteriological and physicochemical quality of raw and treated wastewater processed by the Tadmait wastewater treatment plant in Algeria. Located in a context of water stress, this station plays a crucial role in managing urban wastewater. The results show that the physicochemical treatment is generally effective, with parameters such as Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD5) largely meeting the standards, with values below 47.87 mg/L and 25 mg/L, respectively. Similarly, suspended solids (SS) were reduced to less than 21 mg/L, complying with regulatory thresholds. However, in terms of bacteriological performance, the results are less satisfactory. Although reductions were observed, the removal rates for pathogens such as total coliforms (7.86% to 64.41%) and salmonella (60.4%) are insufficient to ensure total sanitary safety. This is attributed to the absence of a disinfection system. In conclusion, while the treatment plant effectively reduces organic pollution, technological improvements, including the addition of advanced disinfection processes, are necessary to further reduce pathogens and enable the safe reuse of treated water, particularly in agriculture.

Key words: Bacteriological quality, physico-chemical quality, wastewater, wastewater treatment plant (STEP), Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD5), Suspended solids (MES), standards, pathogens, disinfection, organic pollution, reuse.

