



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et
cosmiques
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence / 2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :

GUELLOUH Selsabil et KHIRANI Hanane

Le : lundi 2 juin 2025

Analyse environnementale des effluents urbains de Biskra : approche physico-chimique et bactériologique du site de Chaâbet Roba.

Jury :

Dr.	DJENIDI Habiba	Grade	Université de Biskra	Présidente
Dr.	GUEMMAZ Fateh	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	TOUALBIA Nadjiba	Grade	Université de Biskra	Examinatrice

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout-puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier monsieur Guemmaz Fateh d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème. Sa disponibilité, ses conseils judicieux, son orientation et ses encouragements constants nous ont été d'une aide précieuse tout au long de ce travail.

Nous adressons nos remerciements aux membres du jury, président et examinateur, pour l'attention qu'ils ont bien voulu porter à ce modeste travail, ainsi que pour leur implication à juger et à enrichir cette étude par leur savoir.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à notre famille et à nos amis pour leur soutien indéfectible.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

Notre famille, pour son soutien inconditionnel et ses encouragements constants.

Notre très cher père et notre très chère mère, sources de motivation tout au long de ce parcours.

Nos chers frères et nos chères sœurs.

Nos amis, qui ont partagé les joies et les défis de ces années d'études.

SELSABIL ET HANANE

Table de matières

Remerciements.....	
Dédicaces.....	
Table des matières.....	
Liste des tableaux	I
Listes des figures.....	II
Listes des abréviations.....	4
Introduction générale.....	1

Partie bibliographique

CHAPITRE 1 : Généralités sur les eaux usées

1.1.Introduction	4
1.2.Définition.....	4
1.3.Composition des eaux usées.....	4
1.4. Les polluants biologiques à haut risque.....	5
1.4.1.Bactéries.....	5
1.4.2.Virus.....	5
1.4.3.Les protozoaires.....	5
1.4.4.Les helminthes.....	6
1.5.Origine des eaux usées.....	6
1.5.1.Les eaux usées domestiques.....	6
1.5.2.Les eaux usées industrielles.....	6

1.5.3. Les eaux usées agricoles.....	7
1.5.4. Les eaux usées pluviales.....	7
1.6. Contaminations toxiques dans les eaux usées	7
1.6.1. Contamination chimique.....	7
1.6.2. Contamination microbienne.....	7

CHAPITRE 2 : Propriétés physicochimiques et bactériologique des eaux usées

2.1. Introduction.....	9
2.2. Propriétés physico-chimiques des eaux usées.....	9
2.2.1 Température (T)	9
2.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	9
2.2.3. Matières en suspension (MES)	9
2.2.4. Turbidité	9
2.2.5. Conductivité électrique (CE)	10
2.2.6. L'Oxygène dissous	10
2.2.7. Demande biochimique en oxygène (DBO)	10
2.2.8. Demande chimique en oxygène (DCO)	10
2.2.8.1. La biodégradabilité.....	11
2.2.9. Substances eutrophisantes (nutriments)	11
2.2.9.1. Matières azotées.....	11
2.2.9.2. Composés phosphorés	12
2.3. Les paramètres bactériologiques.....	12

2.3.1.Les coliformes totaux.....	12
2.3.1.1.Définition des coliformes.....	12
2.3.1.1.1.Les coliformes fécaux.....	13
2.3.1.1.2.Les entérocoques	14
2.3.2.Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs.....	14

Partie expérimentale

CHAPITRE 3 : Matériel et méthode

3.1.Introduction.....	17
3.2.Généralités sur la région de Biskra.....	17
3.2.1.Localisation géographique.....	17
3.2.2.Analyse climatique de la ville de Biskra	18
3.2.2.1.Température	18
3.2.2.2.Les précipitations.....	19
3.2.2.3.Humidité de l'air	20
3.2.2.4.Les vents.....	20
3.2.2.5.Population	21
3.4.Présentation de site d'étude	21
3.4.1.Site de rejet du Chaâbet Roba	21
3.5.Echantillonnage des eaux usées.....	22
3.6.Méthodes d'analyses et de dosage des eaux.....	22
3.6.1.Dosage physico-chimiques des eaux usées.....	22

3.6.1.1.Température.....	23
3.6.1.2.Le Potentiel d'hydrogène (pH).....	23
3.6.1.3.Oxygène dissous	23
3.6.1.4.Matières en suspensions (MES)	23
3.6.1.5.Conductivité électrique (CE)	24
3.6.1.6.Turbidité.....	24
3.6.1.7. La détermination de DBO ₅ (NF EN 1899).....	24
3.6.1.7.1. Principe.....	24
3.6.1.8.Détermination de la DCO (NF T 90-101)	25
3.6.1.8.1.Principe.....	25
3.6.1.9.Azote ammoniacal	25
3.6.1.10.Orthophosphate	25
3.6.1.11.Dosage des nitrites (NO ²⁻)	26
3.6.1.12.Dosage des nitrates (NO ³⁻)	26
3.6.2.Les analyses bactériologiques.....	26
3.6.2.1.Dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.....	26
3.6.2.1.1.Dénombrement des coliformes totaux, et des coliformes fécaux.....	26
3.6.2.1.1.1.Principe	26
3.6.2.1.2.Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	27
3.6.2.1.2.1.Principe.....	27
3.6.2.2.Recherche et dénombrement des <i>clostridium sulfito-réducteurs</i>	28

3.6.2.2.1.Principe.....	28
-------------------------	----

CHAPITRE 4 : Résultats et discussion

4.1.Introduction	31
4.2.Les résultats.....	31
4.2.1.Le potentiel d'hydrogène (pH)	32
4.2.2.Température.....	32
4.2.3.L'oxygène dissous.....	33
4.2.4.Matière en suspension (MES)	34
4.2.5.Conductivité électrique	35
4.2.6.Turbidité.....	35
4.2.7.Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO ₅)	36
4.2.8.Demande chimique en oxygène (DCO)	37
4.2.9.Ammonium (NH ₄ ⁺).....	37
4.2.10.Nitrite (NO ₂ ⁻).....	38
4.2.11.Nitrates (NO ₃ ⁻)	39
4.2.12.Ortho phosphate	39
4.2.13.Coliformes fécaux.....	40
4.2.14.Escherichia coli	41
4.2.15.Streptocoques fécaux.....	42
4.2.16.Clostridium sulfito-réducteur.....	43
4.3.Evaluation de la qualité des eaux.	43

4.4.Discussion	45
Conclusion.....	53
Références bibliographiques.....	55
Annexes.....	
Résumés.....	

Liste des tableaux

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période 2000-2013 (station météorologique Biskra,2015)	19
Tableau 2. Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2013.....	19
Tableau 3. Humidité relative de l'air exprimée en pourcentages (%) durant 2000-2013 dans la région de Biskra (station météorologique Biskra,2015)	20
Tableau 4. Les vitesses mensuelles moyennes du vent (m/s) durant la période 2000-2013 dans la région de Biskra.....	20
Tableau 5. Résultats des paramètres physico chimiques des eaux usées d'Oued Chaabet Roba...31	
Tableau 6. Résultats des paramètres bactériologiques de site d'étude (Chaabet Roba).....	40
Tableau 7. Origine de la contamination fécale des eaux usées brutes prélevées.....	43
Tableau 8. Grille de classification des eaux pour le site de rejet (Chaabet Roba).....	44

Liste des figures

Figure 1. Composants des eaux usées et leurs effets.....	4
Figure 2. Les coliformes	13
Figure 3. <i>Escherichia coli</i>	14
Figure 4. Situation de Biskra dans la carte d'Algérie	18
Figure 5. Les rejet de l'oued Chaâbet Roba.....	22
Figure 6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	27
Figure 7. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux.....	28
Figure 8. Les valeurs de pH au niveau de l'oued Chaâbet Roba durant les quatre mois.....	32
Figure 9. Les valeurs de la température au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	32
Figure 10. Les valeurs de l'oxygène dissous au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	33
Figure 11. Les valeurs de la matière en suspension au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	34
Figure 12. Les valeurs de la conductivité électrique au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	35
Figure 13. Les valeurs de la turbidité au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	35
Figure 14. Les valeurs de DBO5 au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	36
Figure 15. Les valeurs de DCO au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	37
Figure 16. Les valeurs d'ammonium niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	37
Figure 17. Les valeurs de nitrites au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	38
Figure 18. Les valeurs de nitrates au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	39
Figure 19. Les valeurs d'orthophosphate au niveau de l'oued Chaâbet Roba.....	39
Figure 20. Répartition temporelle des coliformes fécaux durant la période d'étude.....	40
Figure 21. Répartition temporelle d' <i>Escherichia coli</i> durant la période d'étude.....	41
Figure 22. Répartition temporelle des streptocoques fécaux durant la période d'étude.....	42

Figure 23. Répartition temporelle de *Clostridium sulfito-réducteur* durant la période d'étude...43

Liste des abréviations

PH :	Potentiel d'hydrogène
T :	Température
CE :	Conductivité électrique
OD :	Oxygène dissous
MES :	Matières en suspension
NH₄⁺ :	Ammonium
NO²⁻ :	Nitrites
NO³⁻ :	Nitrates
DBO₅ :	Demande biologique en oxygène pendant 5 jours
DCO :	Demande chimique en oxygène
CF :	Coliformes fécaux
CT :	Coliformes totaux
SF :	Streptocoque fécaux
<i>E. coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
JORA :	Journal officiel de la République Algérienne
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ISO :	Organisation internationale de standardisation
NPP :	Nombre le plus probable
UFC :	Unités formant colonie
PO₄³⁻ :	Orthophosphates

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

SEQ EAU : Système d'évaluation de la qualité des eaux

BPC : Biphényles polychlorés

POP : Polluants organiques persistants

COV : Composés organiques volatils

ARG : Gènes de résistance aux antibiotiques

ARB : Bactéries résistantes aux antibiotiques

PFC : Composés perfluorés

ISDH: Indiana State Department of Health

CEAEQ: Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

CREPAFC: Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût.

ADE Biskra : Algérienne des eaux de Biskra

N : Azote

P : Phosphore

Na₂SO₃ : Sulfite de sodium

FeS : Sulfure de fer

ANAT : Agence nationale l'aménagement du territoire

Introduction

Générale

L'eau, ressource naturelle essentielle et omniprésente à la surface terrestre, constitue le fondement de toute forme de vie et sa qualité est un enjeu crucial (Ngoulou *et al.*, 2019). Dans les régions arides et semi-arides, particulièrement importantes pour les pays en développement, les eaux souterraines représentent souvent l'unique source d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, jouant ainsi un rôle vital dans leur développement socio-économique. Cependant, cette ressource est particulièrement vulnérable à l'altération et aux menaces induites par les activités humaines (Guemmaz, *et al.*, 2019). Ainsi, la pollution de l'eau, définie comme une perturbation de l'équilibre naturel du milieu aquatique compromettant ses usages, est fréquemment causée par le rejet d'eaux usées. Ces dernières résultent de la contamination physique, chimique et microbiologique d'eaux de bonne qualité par les activités domestiques, industrielles et agricoles (Ngoulou *et al.*, 2019) et leur composition varie considérablement en fonction de leur origine (Adewumi et Ajibade, 2019). Les eaux usées sont ainsi constituées d'un mélange complexe de déchets physiques, chimiques et biologiques qui peuvent être traitées par diverses méthodes (Chandrashekhara *et al.*, 2019).

Face à ce constat, la présente étude vise à suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Chaâbet Roba) et de comparer ces résultats aux normes établies par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) l'objectif principal est de déterminer le degré de pollution de ces eaux afin d'évaluer les risques liés à leur rejet sans traitement dans l'environnement.

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en deux parties. La première partie comprend deux chapitres : le premier abordera les généralités concernant les eaux usées, tandis que le second détaillera leurs diverses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques. La seconde partie présente la méthodologie et le matériel utilisés pour cette étude, les résultats des analyses effectuées, leur discussion, et enfin, une conclusion récapitulant les principaux résultats obtenus.

Partie bibliographiques

Chapitre 1

Généralités sur les eaux usées

1.1.Introduction

Les eaux usées constituent une source majeure de pollution, elles transportent divers agents pathogènes ainsi que des substances toxiques, sans un traitement adéquat elles représentent un risque important pour la santé humaine et l'environnement, dans ce chapitre nous présentons en détail les notions générales relatives aux eaux usées.

1.2.Définition

L'eau usée, également désignée sous les termes d'eau résiduaire ou d'effluent, correspond à toute eau dont la qualité a été altérée suite à son utilisation, La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme toute modification négative des propriétés naturelles, qu'elles soient biologiques ou physico-chimiques, résultant directement ou indirectement des activités anthropiques (Attab, 2011), les eaux usées comprennent les eaux domestiques (eaux vannes et eaux ménagères), les eaux de ruissellement ainsi que les effluents industriels issus des activités des usines (Baumont *et al.*,2004).

1.3.Composition des eaux usées

En théorie, les eaux usées sont constituées à 99 % d'eau et à 1 % de matières en suspension, colloïdales et dissoutes comme des composés organiques toxiques tels que les hydrocarbures, les biphényles polychlorés (BPC), les polluants organiques persistants (POP), les composés organiques volatils (COV) et les solvants chlorés. La composition exacte des eaux usées varie selon leurs sources au fil du temps, l'eau reste de loin son constituant principal (Ryder, 2017).

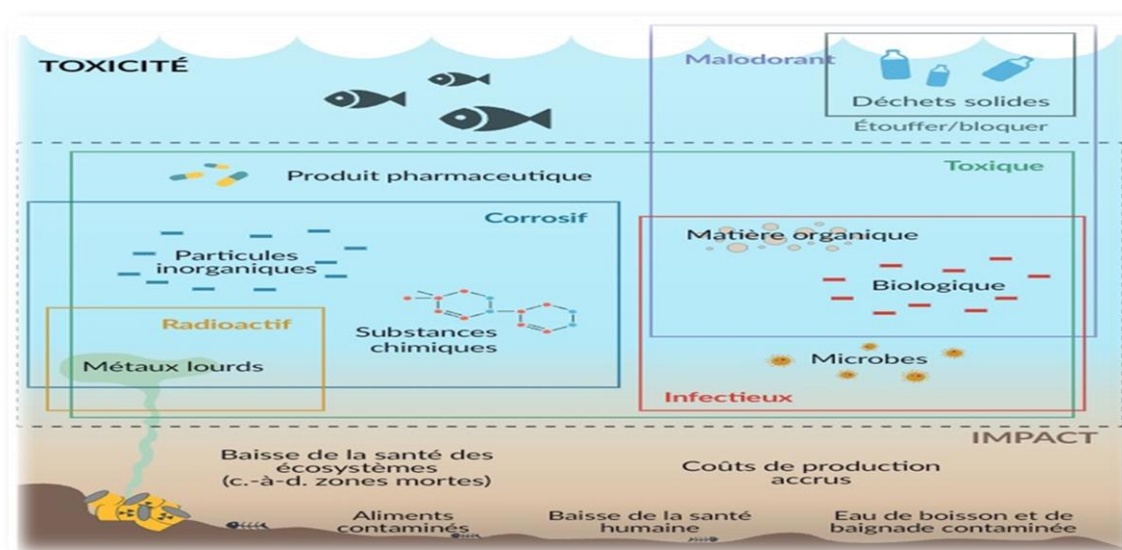


Figure 1. Composants des eaux usées et leurs effets (Ryder, 2017).

1.4. Les polluants biologiques à haut risque

Les polluants biologiques à haut risque sont des composés d'origine vivante présents dans notre environnement, susceptibles d'impacter négativement tant la santé humaine que l'équilibre écologique. Il s'agit généralement des bactéries, virus, protozoaires, d'helminthes, biotoxines, gènes de résistance aux antibiotiques (ARG) et les bactéries résistantes aux antibiotiques (ARB). Parmi les sources principales de contamination de notre environnement par ces polluants nocifs, on trouve notamment les eaux usées qui représentent un vecteur significatif de leur propagation dans les milieux naturels (Jia et Zhang, 2020).

1.4.1. Bactéries

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires appartenant à la catégorie des procaryotes, leur morphologie est diverse, se présentant sous forme sphères, bâtonnets ou spirales (Jia et Zhang, 2020), ces organismes microscopiques, dont la taille se situe généralement entre 0,1 et 10 micromètres (μm) et la quantité moyenne de bactéries dans les matières fécales est d'environ 10^{12} bactéries/g (Asano, 1998), les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml, les *Proteus* et entérobactéries 10^5 , les streptocoques 10^3 à 10^4 , *Clostridium* 10^2 à 10^3 , la concentration en bactéries pathogènes atteint environ 10^4 germes par litre, Parmi les espèces les plus fréquemment identifiées figurent les salmonelles (Belaid, 2010).

1.4.2. Virus

Les virus sont des parasites de très petite taille (10 et 350 nanomètres), qui ont besoin d'envahir les cellules d'autres organismes pour pouvoir se multiplier, dans les eaux usées des zones urbaines on trouve entre 10^3 et 10^4 particules virales par litre (CSHPF, 1995 ; Asano, 1998).

1.4.3. Les protozoaires

Les protozoaires sont des parasites unicellulaires avec noyau qui, bien que plus grands et complexes que les bactéries, se développent aux dépens de leurs hôtes, Certains protozoaires peuvent former des kystes, des structures de survie robustes qui leur permettent de résister aux traitements d'épuration des eaux usées, *Entamoeba histolytica* et *Giardia lamblia* sont deux protozoaires majeurs qui menacent la santé humaine, le premier causant la dysenterie amibienne (Asano, 1998 ; Baumont *et al.*, 2004).

1.4.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers parasites multicellulaires dont les œufs se retrouvent dans les eaux usées en concentration variant de 10 à 10^3 œufs par litre. Les espèces principales incluent *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria* et *Taenia saginata* (CSHPF, 1995).

1.5. Origine des eaux usées

Selon Metahri (2012) les eaux usées peuvent être classées en quatre grandes catégories selon leur provenance et leurs caractéristiques polluantes :

1.5.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques se répartissent en deux catégories distinctes. La première catégorie, les eaux grises, provient des tâches ménagères quotidiennes telles que la vaisselle et le nettoyage, et se caractérise principalement par la présence de détergents et de graisses. La seconde catégorie, les eaux noires, est issue des toilettes et contient les excréments humains. Ces eaux noires sont particulièrement chargées en matières organiques, en composés azotés et phosphatés, ainsi qu'en germes fécaux (Metahri, 2012).

1.5.2. Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles se distinguent nettement des eaux domestiques par leur composition qui varie selon le type d'industrie dont elles proviennent. En plus des composés habituels (matières organiques, azotées et phosphorées), elles contiennent diverses substances chimiques et métalliques spécifiques à chaque secteur industriel :

- Le secteur agroalimentaire et l'équarrissage génèrent des eaux chargées en graisses.
- Les raffineries produisent des effluents contaminés aux hydrocarbures.
- L'industrie métallurgique et le traitement de surface rejettent des eaux contenant des métaux
- Les industries chimiques et les tanneries émettent des eaux contenant acides, bases et produits chimiques divers.
- Les centrales thermiques rejettent des eaux à température élevée.
- Le secteur nucléaire produit des eaux contenant des matières radioactives.

Les eaux usées industrielles exigent un traitement préalable obligatoire avant leur déversement dans les systèmes de collecte des eaux usées (Metahri, 2012).

1.5.3. Les eaux usées agricole

Les eaux usées agricoles se composent de polluants provenant de deux sources principales : les cultures et l'élevage, ces effluents comprennent les substances liées aux pratiques agricoles : les résidus d'engrais qui s'infiltrent dans le sol par lessivage, les pesticides et autres produits phytosanitaires utilisés pour protéger les cultures et les déchets d'origine animale (le purin, le lisier provenant des élevages de bétail) (Arezki et Lazouzi, 2020).

1.5.4. Les eaux usées pluviales

Les eaux pluviales sont définies comme les eaux provenant du ruissellement sur les toitures, les terrasses, les parkings et les voies de circulation. Ces eaux ont pour destination finale le milieu naturel (Habib et El Rhazi, 2007).

1.6. Contaminations toxiques dans les eaux usées

1.6.1. Contamination chimique

Les effluents industriels, agricoles et domestiques contiennent des substances chimiques persistantes et toxiques, qui contaminent les milieux aquatiques, s'accumulent dans la chaîne alimentaire et causent de graves maladies (cancers, troubles respiratoires et oculaires). Les perturbateurs endocriniens (nonylphénol, estrone, estradiol) et les composés perfluorés (PFC) sont particulièrement dangereux, même à très faibles doses, en raison de leurs effets sur la fertilité, le système immunitaire, le système nerveux et leur potentiel cancérogène (Kesari *et al.*, 2021).

1.6.2. Contamination microbienne

Les eaux usées non traitées contiennent de nombreux agents pathogènes responsables de maladies graves. Elles peuvent causer des infections gastro-intestinales (campylobactériose, salmonellose), virales (hépatite A, poliomyélite) et autres (typhoïde, encéphalite). Les symptômes fréquents incluent diarrhée et gastro-entérite (ISDH, 2009 ; Okoh *et al.*, 2010).

Des agents pathogènes comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *E. coli* et *Vibrio cholerae*, contaminent les eaux via les égouts, élevages et hôpitaux, provoquant de graves infections humaines. Leur infiltration dans les réseaux d'eau potable constitue un risque majeur pour la santé publique. (Craun *et al.*, 2006 ; Craun *et al.*, 2010 ; kesari *et al.*, 2021).

Chapitre 2

Propriétés physicochimiques et bactériologique des eaux usées.

2.1.Introduction

En parlant de l'eau usée, il semble important d'avoir une idée sur sa Propriétés physicochimiques et bactériologique.

2.2.Propriétés physico-chimiques des eaux usées

2.2.1Température (T)

La température est un facteur écologique essentiel dans les milieux aquatiques. Une augmentation de celle-ci peut sérieusement perturber la vie aquatique, causant ce qu'on appelle la pollution thermique. La température joue également un rôle clé dans les processus biologiques de nitrification et de dénitrification. La nitrification, transformation optimale entre 28 et 32°C, ralentit considérablement entre 12 et 15°C et cesse en dessous de 5°C (Rodier *et al.*, 2005).

2.2.2.Potentiel d'hydrogène (pH)

La vie aquatique est très sensible aux variations de pH, et un pH entre 6 et 9 est nécessaire au bon développement de la faune et de la flore, de plus, il est crucial pour l'épuration des effluents et la croissance bactérienne, avec une nitrification optimale entre un pH de 7,5 et 9 (Rodier *et al.*, 2005).

2.2.3.Matières en suspension (MES)

Les particules en suspension peuvent fournir un support d'attache, un habitat riche en nutriments et matières organiques aux bactéries indispensables à leur croissance . Elles assurent une bonne protection des bactéries contre les prédateurs et les effets antiseptiques des rayons UV solaires. Ainsi, les MES accroissent, significativement la durée de vie des bactéries, potentiellement pathogènes (Robert *et al.*, 2017).

2.2.4.Turbidité

La turbidité, mesure de la transparence de l'eau est associée à la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension. Elle influence sur la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau, contrôlant ainsi la photosynthèse des organismes aquatiques concernés (Boubacar Moussa, 2023).

2.2.5. Conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité d'une eau à conduire l'électricité, variant selon la température et les substances dissoutes. Les sels minéraux conduisent bien à l'électricité, contrairement aux matières organiques et colloïdales. Dans les eaux usées riches en matière organique, la conductivité ne reflète donc pas toujours précisément la charge polluante réelle du milieu (CEAEQ, 2015).

1.2.6. L'Oxygène dissous

L'oxygène dissous est vital pour la vie des animaux et des plantes aquatiques. Il influence aussi les réactions biologiques dans l'eau. La quantité d'oxygène qui peut se dissoudre dans l'eau change en fonction de la température, de la pression et de la quantité de sels dissous. On mesure la quantité d'oxygène dissous en milligrammes d'oxygène par litre d'eau (mg O₂/l) (Rejsek, 2002).

2.2.7. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅) est un paramètre qui mesure la pollution organique d'un échantillon d'eau. Plus précisément, elle représente la quantité d'oxygène que les microorganismes aérobies consomment pendant une période de 5 jours, à une température constante de 20°C, pour dégrader les matières organiques et inorganiques présentes dans l'échantillon. Ce processus de dégradation, appelé oxydation biochimique, permet d'évaluer la charge polluante biodégradable de l'eau (Berné *et al*, 1991).

2.2.8. Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande chimique en oxygène (DCO) mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement toutes les substances présentes dans l'eau. Quand des matières organiques (comme les protéines, lipides et hydrates de carbone) sont rejetées dans l'eau par les industries et les zones urbaines, leur dégradation consomme l'oxygène dissous, ce qui peut asphyxier les organismes aquatiques. La DCO permet donc d'évaluer ce niveau de pollution organique et minérale dans l'eau (CREPAFC, 2007).

2.2.8.1. La biodégradabilité

La biodégradabilité d'un effluent désigne sa capacité à être décomposé ou oxydé par des micro-organismes impliqués dans les processus de traitement biologique des eaux usées. Elle est généralement évaluée à l'aide d'un coefficient K, défini par le rapport entre la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biologique en Oxygène sur cinq jours (DBO_5), soit : $K = DCO / DBO_5$. L'interprétation de ce coefficient permet d'estimer la facilité de biodégradation des matières présentes :

- $K < 1,5$: les matières oxydables sont majoritairement hautement biodégradables.
- $1,5 < K < 2,5$: les matières oxydables sont modérément biodégradables.
- $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K élevé indique la présence dans l'eau de substances inhibant la croissance bactérienne, telles que les sels métalliques, les détergents, les phénols ou encore les hydrocarbures, la valeur de ce coefficient oriente le choix du procédé de traitement à adopter : si l'effluent est biodégradable, un traitement biologique est privilégié ; dans le cas contraire, un traitement physico-chimique s'impose (Metahri, 2012).

2.2.9. Substances eutrophisantes (nutriments)

Les éléments azote (N) et phosphore (P) sont des nutriments essentiels pour les plantes. Les composés qui les contiennent, notamment les phosphates et les nitrates, représentent donc une source nutritive idéale pour la croissance des végétaux (Guemmaz, 2023).

2.2.9.1. Matières azotées

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal (NH_4^+).
- L'azote ammoniacal (NH_4^+) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée.

- L'azote nitreux (NO_2^-) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal dans les conditions d'aérobie par les *nitrosomonas*, ou par une réduction des nitrates en anoxie par les bactéries hétérotrophes, les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.



- L'azote nitrique (NO_3^-) représentent le produit final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau, Cette transformation est assurée par les *Nitrobacter*, qui convertissent les nitrites en nitrates selon la réaction suivante :



Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation. Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale, les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles (Wen *et al.*, 2017 ; Metahri, 2012).

2.2.9.2.Composés phosphorés

Le phosphore, élément fondamental de la matière vivante, se présente dans les eaux usées sous trois formes principales : les ions ortho-phosphates isolés, les ions phosphates condensés, et les ions phosphates condensés liés à des molécules organiques (Guemmaz, 2023).

2.3.Les paramètres bactériologiques

Les bactéries servent de marqueurs fiables permettant de déterminer à la fois la qualité et l'ampleur de la pollution biologique des effluents déversés dans les écosystèmes aquatiques (Salama *et al.*, 2013).

2.3.1.Les coliformes totaux

2.3.1.1.Définition des coliformes

Les coliformes constituent un groupe de bactéries qui font partie de la famille des *Enterobacteriaceae*, selon la norme ISO (l'organisation internationale de standardisation), le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram-négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires 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 heures, à des températures de 35 à 37°C , le comptage de ces organismes est communément appelé "dénombrement des coliformes totaux", les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Rodier *et al.*, 2005).



Figure 2. Les coliformes (Gaid, 2024).

2.3.1.1.1. Les coliformes fécaux

Également appelés coliformes thermo tolérants, concerne un sous-groupe des coliformes totaux qui se distingue par sa capacité à fermenter le lactose à une température de 44°C. Au sein de ce groupe bactérien, *Escherichia coli* représente l'espèce prédominante , qui capables de convertir le tryptophane en indole et possédant les caractéristiques biochimiques spécifiques à cette espèce (Rodier *et al.*, 2005 ; Salama *et al.*, 2013).



Figure 3. *Escherichia coli* (Gaid, 2024).

2.3.1.1.2. Les entérocoques

Les entérocoques se caractérisent par leur morphologie sphérique et leur organisation en paires ou en chaînes, ces bactéries à Gram positif, dépourvues de catalase, et anaérobies facultatives, ont la particularité de pouvoir hydrolyser l'esculine en présence de bile, cette réaction d'hydrolyse est une caractéristique distinctive des bactéries appartenant au groupe D, plus précisément des entérocoques, aussi connus sous le nom de streptocoques fécaux, le ratio de coliformes fécaux/streptocoques fécaux constitue un indicateur clé pour déterminer l'origine d'une contamination. Un ratio supérieur à 4 révèle une pollution d'origine humaine, tandis qu'un ratio inférieur à 0,7 indique une pollution provenant d'animaux, cette analyse permet donc d'identifier précisément la source de la contamination fécale (Salama *et al.*, 2013; Gaid, 2024).

2.3.2. Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs

Il s'agit d'un groupe spécifique de bactéries qui possèdent plusieurs caractéristiques principales : Capables de convertir le sulfate en sulfure d'hydrogène, elles ne peuvent pas vivre en présence d'oxygène (anaérobies strictes), Gram positif, sporulées, ces spores représentent une forme de résistance qui leur permet de survivre dans des conditions défavorables, particulièrement quand elles sont exposées à la lumière du soleil, cette capacité à sporuler est un mécanisme de protection efficace contre divers stress environnementaux (Salama *et al.*, 2013).

Partie expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthode

3.1.Introduction

Notre étude se concentre sur la ville de Biskra et vise à évaluer l'ampleur et la nature de la pollution à travers l'analyse des eaux usées au niveau d'un point de rejet spécifique (Chaâbet Roba). Cette évaluation s'appuie sur l'analyse de différents paramètres, tant physicochimiques que bactériologiques, permettant de caractériser précisément la contamination de ces effluents.

3.2.Généralités sur la région de Biskra

3.2.1.Localisation géographique

Biskra, ville située au pied du versant sud du massif de l'Aurès dans l'Est algérien, marque l'entrée de l'espace saharien, son histoire remonte à environ 3000 ans, débutant comme une simple oasis sur une route commerciale reliant le nord au sud, Connue sous différents noms à travers l'histoire Vescether, Vescera, Bescera, Pescara (selon Léon l'Africain), elle tient son nom actuel de l'appellation romaine "Vescera" (Cote, 1991; Mahimoud et Zerouala, 2010).

La région de Biskra constitue une zone de transition caractérisée par un ensemble structural et sédimentaire distinct. Sa partie septentrionale présente un relief montagneux, tandis que sa partie méridionale forme une dépression, représentant une extension du nord du Sahara (Abdenmour *et al.*, 2021).

Biskra est située dans le Sud-Est algérien, entre la latitude 34° 51' 00" nord et la longitude 5° 44' 00", précisément au sud du massif des Aurès qui constitue sa limite nord. Elle s'étend vers le sud jusqu'à la zone des chotts Melghir et au sud-ouest jusqu'au commencement du grand Erg oriental.

- Superficie totale : 21.671,20 km²
- Limites administratives :
 - Au nord : Wilaya de Batna
 - Au nord-ouest : Wilaya de M'sila
 - Au sud-est : Wilaya de Djelfa

- Au sud : Wilaya d'Ouadi Souf
- Au nord-est : Wilaya de Khenchla

Le recensement de 2016 indique une population de 205.162 habitants, avec une densité de 33 habitants/km² (Benameur *et al.*, 2018).

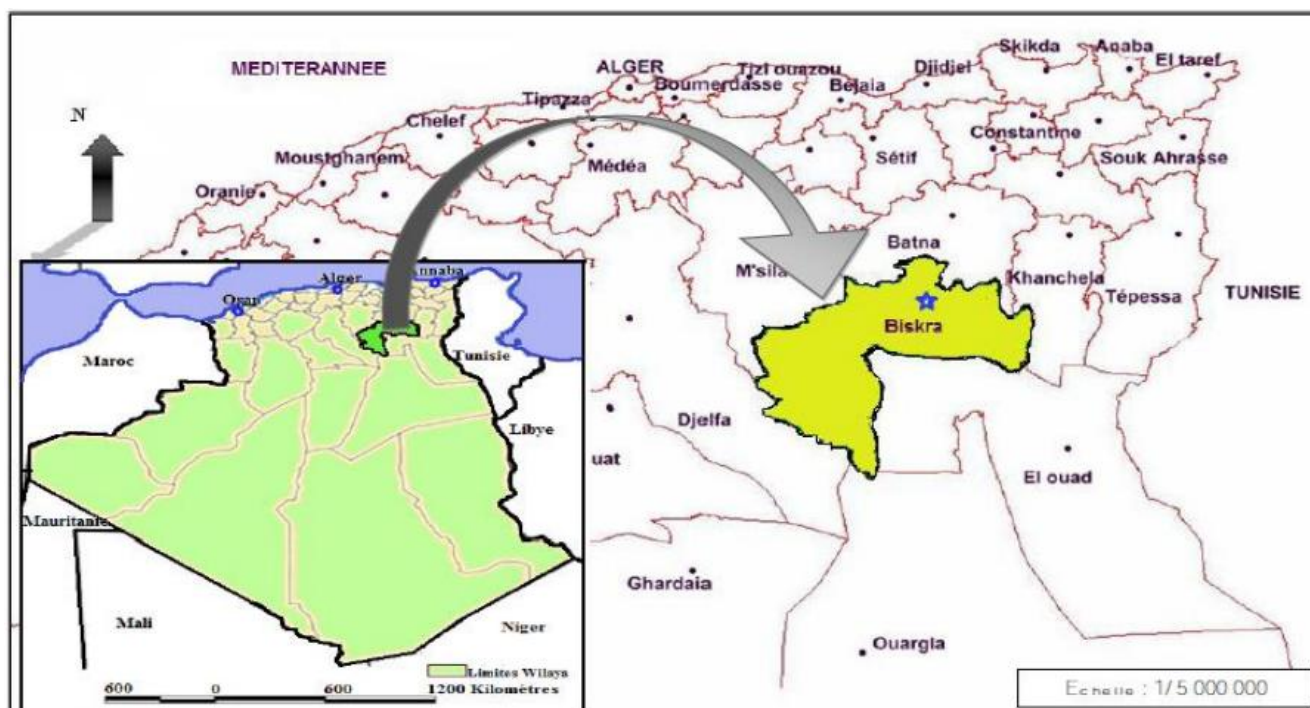


Figure 4. Situation de Biskra dans la carte d'Algérie (ANAT, 2015).

3.2.2. Analyse climatique de la ville de Biskra

D'après Farhi (2002) et Boudjellal et Bourbia (2009), le climat de la zone de Biskra se caractérise par :

- Un été extrêmement chaud et sec.
- Un hiver marqué par des nuits très froides contrastant avec des journées plus tempérées et les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants.

3.2.2.1. Température

Selon Ramade (2008), la température est un facteur limitant essentiel qui régit les processus biologiques et détermine où vivent les organismes sur Terre.

L'air pur et l'éloignement des océans font que les déserts ont des températures maximales élevées et de grandes variations de température. La température est bénéfique à la vie s'il y a assez d'eau, créant des environnements riches comme les mares et les oueds. Cependant, en milieu sec, la chaleur devient un problème car elle accélère la perte d'eau par les plantes et le sol (évapotranspiration).

Tableau 1. Températures moyennes mensuelles (en °C) de la région de Biskra durant la période 2000-2013 (station météorologique Biskra, 2015).

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
2000_2013	12.25	14.3	17.05	21.95	26.6	27.35	34.65	34.45	29.85	24.6	17.2	12.5	22.7

Le tableau n°1 montre que la température moyenne durant 2000-2013 de la région de Biskra est de l'ordre de 22,7 C°. La température maximale moyenne la plus élevée est enregistrée durant le mois de juillet (34,65 C°), et la température minimale moyenne la plus basse est notée durant le mois de janvier (12,25C°).

3.2.2.2. Les précipitations

Pour les hydrologues travaillant dans les régions tropicales, les précipitations occultes comme la rosée ou les formes solides comme la neige et la grêle sont négligeables. Dans ce contexte, le terme "précipitation" désigne essentiellement la pluie ou les averses (Roche, 1963).

La précipitation à Biskra se caractérise par sa faiblesse et sa mauvaise répartition. On observe une valeur de 10 mm en Juillet et un maximum de 23.5 mm en décembre.

Tableau 2. Les précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période 2000-2013 (station météorologique Biskra, 2015).

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumul
2000_2013	20.6	13.71	25	23.2	32.2	12.9	10	11.8	28.6	45.8	21.1	23.5	291.8

3.2.2.3. Humidité de l'air

Selon Allia (2018), la région des Ziban est une région aride, avec un climat sec et chaud et une humidité relativement faible.

Tableau 3. Humidité relative de l'air exprimée en pourcentages (%) durant 2000-2013 dans la région de Biskra (station météorologique Biskra, 2015)

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
2000_2013	56.9	47.2	44.4	40.6	37.9	31.1	26.4	30	39	47.7	54.6	58.7	43.6

D'après les données du tableau 3, on observe que la région de Biskra est caractérisée par une faible humidité de l'air, dont la moyenne annuelle était de 43,6% durant la période 2000-2013. Les taux les plus élevés sont notés durant les mois de janvier, novembre, et décembre. Les mois les plus secs sont juin et juillet avec un taux de 31.1% et 26.4% respectivement.

3.2.2.4. Les vents

Selon Bouchemal (2017), les vents exercent une influence importante sur l'évaporation, les précipitations et, dans une moindre mesure, sur les températures.

D'après le tableau ci-dessus nous constatons que la vitesse maximale est enregistrée pendant le mois d'avril (5,2 m/s).

Tableau 4. Les vitesses mensuelles moyennes du vent (m/s) durant la période 2000-2013 dans la région de Biskra (station météorologique Biskra, 2015).

Mois Périodes	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
2000_2013	3.4	4.6	4.2	5.2	4.6	3.8	3.7	3.4	3.5	3.1	3.7	3.7	3.9

3.2.2.5.Population

La ville de Biskra a connu une forte augmentation de sa population après l'indépendance, entraînant une expansion urbaine non maîtrisée et difficile à contrôler.

Les données statistiques exhaustives du recensement de la population en 2015 de la wilaya de Biskra durant la période d'étude sont :

- La croissance annuelle est de 2.05%
- La densité populaire est de 34 hab/km² ;
- Le nombre total de la population atteint 775 797 habitants (ANAT, 2015).

3.4.Présentation de site d'étude

Selon Benameur *et al* (2018), à Biskra, les eaux usées sont généralement collectées puis rejetées dans l'environnement sans traitement préalable. Ces rejets d'eaux non traitées représentent un risque significatif pour la santé publique. Parmi les différents sites de rejet des eaux usées de la ville de Biskra, on trouve notamment le site de Chaâbet Roba.

3.4.1.Site de rejet du Chaâbet Roba

Le site de rejet de Chaâbet Roba est localisé à l'Est de la ville de Biskra. Ce site reçoit l'ensemble des eaux usées provenant de la zone d'El-Alia. Il se distingue par des conduites d'un diamètre de 1200 mm), figure 5 (Mouaki, 2011), les eaux rejetées à Chaâbet Roba sont principalement d'origine domestique (Benameur *et al.*, 2018).



Figure 5. Les rejets de l’oued Chaâbet Roba.

3.5.Echantillonnage des eaux usées

L’échantillonnage des eaux usées de la ville de Biskra a été effectué mensuellement du mois de janvier à avril en 2025 au niveau de site de rejet (Oued : Chaâbet Roba) pour l’étude physico-chimique et bactériologique.

Des échantillons de deux litres chacun ont été prélevés et conservés par l’ajout de Formol 10% (2 ml par litre) dans des flacons en verre colorés, stériles et munis de bouchons afin d’éviter l’infiltration de la lumière, et transportés dans des caisses iso thermiques à température ambiante de 4°C jusqu’à leur arrivée au laboratoire où ils sont soumis à une analyse immédiat.

3.6.Méthodes d'analyses et de dosage des eaux

Les analyses physicochimiques et les analyses bactériologiques ont été effectuées dans le laboratoire de l’ADE (Algérienne des eaux de Biskra)

3.6.1.Dosage Physico-chimiques des eaux usées

Les analyses doivent être faites le plus tôt possible après le prélèvement pour permettre d’avoir des résultats représentatifs.

3.6.1.1.Température

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre et elle est exprimée en degré Celsius (°C) (Hamdi *et al.*, 2022).

3.6.1.2.Le Potentiel d'hydrogène (pH)

Selon Rejsek (2002), le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Nous avons utilisé un appareil multi paramètres.

3.6.1.3.Oxygène dissous

Selon Rejsek (2002) dans le domaine d'épuration l'oxygène dissous est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose.

La mesure de l'oxygène dissous est effectuée par l'appareil multi-paramètres, le résultat est donné directement en mg/l.

3.6.1.4.Matières en suspensions (MES)

Pour le dosage de MES, nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant. Le filtre est séché à 105°C puis pesé après refroidissement (Rodier *et al.*, 2005).

Le taux de MES exprimé en (mg/l) est donné par l'expression :

$$MES = \frac{(M_1 - M_0)}{V} 1000$$

Où

V : Le volume en ml d'échantillon utilisé (mL).

M₀ : La masse en mg du disque filtrant avant utilisation (mg)

M₁ : La masse en mg du disque filtrant après utilisation (mg)

3.6.1.5. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration des ions, de leur nature, de la température et viscosité de la solution.

Nous avons mesuré la conductivité à l'aide d'un appareil conductimètre, le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ndiaye, 2010).

3.6.1.6. Turbidité

Nous avons mesuré la turbidité à l'aide d'un turbidimètre portable.

3.6.1.7. La détermination de DBO_5 (NF EN 1899)

3.6.1.7.1. Principe

Il s'agit d'une méthode de détermination de la DBO dans les eaux par dilution et ensemencement avec suppression de la nitrification.

- Prétraitement de l'échantillon d'eau à analyser et dilution avec différentes quantités d'eau de dilution.
- Incubation à 20°C pour 5 jours, obscurité dans flacon entièrement rempli et fermé.
- Détermination $[\text{O}_2]$ d'avant et après incubation.
- Calcul de la masse d' O_2 consommé par litre d'échantillon.
- La valeur de la DBO_5 de l'échantillon est donnée par l'expression :

$$\text{DBO}_5 = [(C_1 - C_2) - \frac{V_t \cdot V_e}{V_t} (C_3 - C_4)] \frac{V_t}{V_e}$$

Avec :

C_1 : Concentration d'oxygène dissous dans la dilution de l'échantillon au temps zéro en mg.L^{-1}

C_2 : Concentration d'oxygène dissous de cette même dilution de l'échantillon après 5 jours d'incubation, en mg.L^{-1}

- C_3 concentration d'O₂ dissous de la solution du blanc à $t = 0$ en mg.L⁻¹
- C_4 concentration d'O₂ dissous de la solution du blanc après n jours en mg.L⁻¹
- V_e volume d'échantillon utilisé pour la préparation de la solution d'essai concernée en mL
- V_t volume total de cette solution d'essai en mL.

3.6.1.8.Détermination de la DCO (NF T 90-101)

3.6.1.8.1.Principe

Il s'agit de l'oxydation des matières réductrices contenues dans l'eau à analyser par un excès de dichromate de potassium K₂Cr₂O₇, en milieu sulfurique, en présence d'argent et de sulfate de mercure à ébullition pendant 2 heures. L'excès de dichromate est dosé par une solution titrée de sels de Mohr.

La valeur de la DCO de l'échantillon est donnée par l'expression :

$$\text{DCO} = 8000 \frac{[\text{Fe}^{2+}] (V_1 - V_2)}{V_0} \quad \text{En mg d'O}_2\text{.L}^{-1}$$

V_0 : Volume de la prise d'essai avant dilution éventuelle

V_1 : Volume de la chute de burette utilisé pour l'essai à blanc

V_2 : Volume de la chute de burette utilisé pour la détermination

3.6.1.9.Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est mesuré selon la méthode spectrophotométrique au réactif de Nessler et sel de rochelle à une longueur d'onde voisine de 420nm (Rodier *et al.*, 2005).

3.6.1.10.Orthophosphate

La mesure d'ortho phosphate est effectuée par la méthode spectrophotométrie à l'aide du molybdate d'ammonium avec une longueur d'onde de 880 nm. (Hamdi *et al.*, 2022).

3.6.1.11. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après, couplage avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne une coloration rose mesurée à 543 nm (Hamdi *et al.*, 2022).

3.6.1.12. Dosage des nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (Hamdi *et al.*, 2022).

3.6.2. Les analyses bactériologiques

Ces analyses sont basées sur l'identification des bactéries indicatrices de pollution, qui comprennent

- Les coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*).
- Les streptocoques fécaux.
- *Clostridium sulfito-réducteur*.

3.6.2.1. Dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

3.6.2.1.1. Dénombrement des coliformes totaux, et des coliformes fécaux

La méthode sélectionnée est la colimétrie par inoculation en milieux liquides, également connue sous le nom de fermentation en tubes multiples. Cette technique d'énumération des coliformes est un procédé établi depuis plus de 80 ans pour évaluer et surveiller la qualité microbiologique de l'eau (Debabza, 2005).

3.6.2.1.1.1. Principe

Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3) contenant un milieu de culture non véritablement sélectif mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz (Rodier *et al.*, 2005). (Le mode opératoire détaillé en annexe 5). Ce dessus schéma explicative de méthode de NPP des tubes.

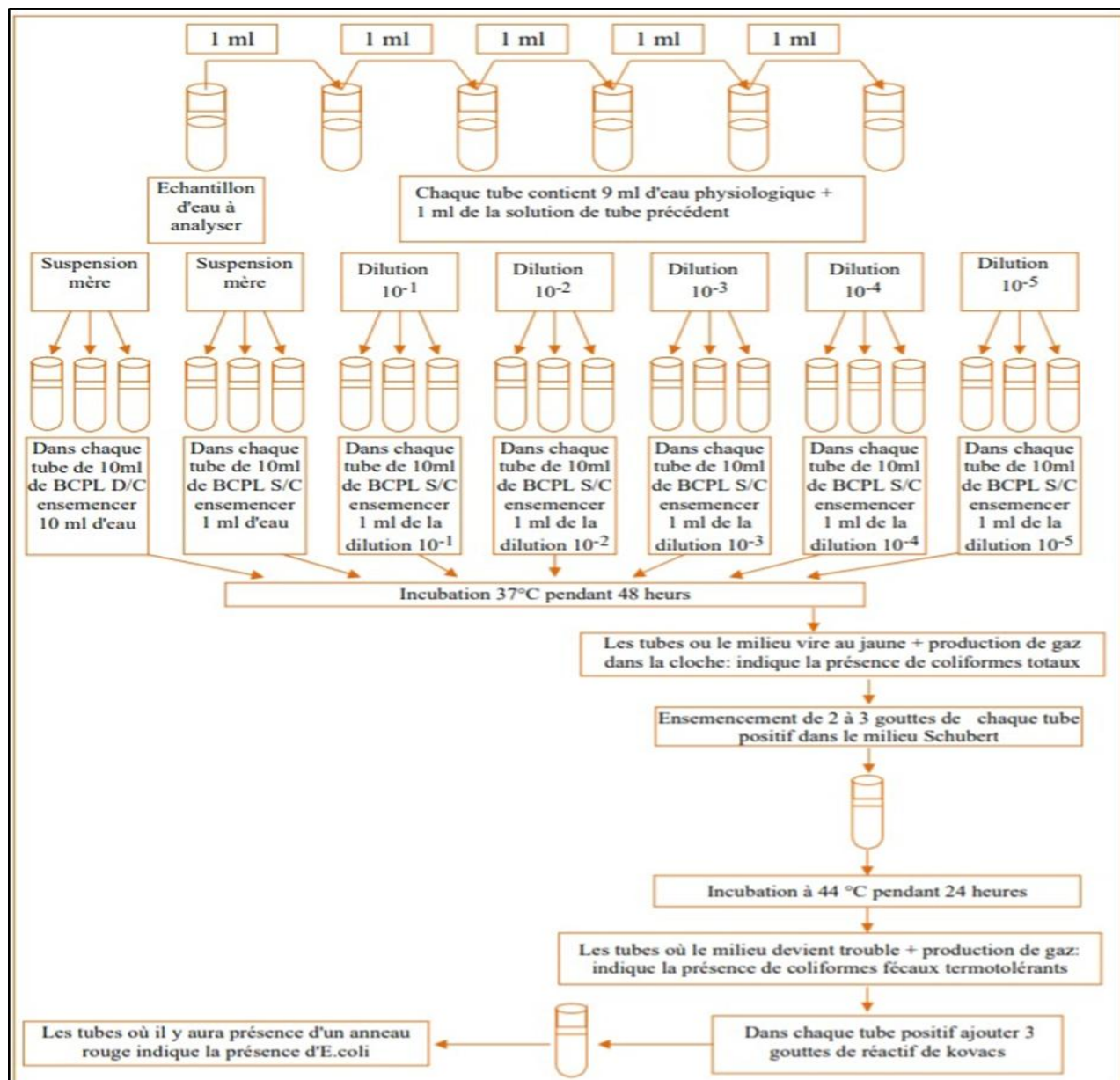


Figure 6. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Moukar et Labadi, 2010)

3.6.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

3.6.2.1.2 Principe

Nous avons utilisé la même méthode que la précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (Rodier *et al.*, 2005). (Le mode opératoire détaillé en annexe 6). Ce dessus schéma explicative de méthode de NPP des tubes.

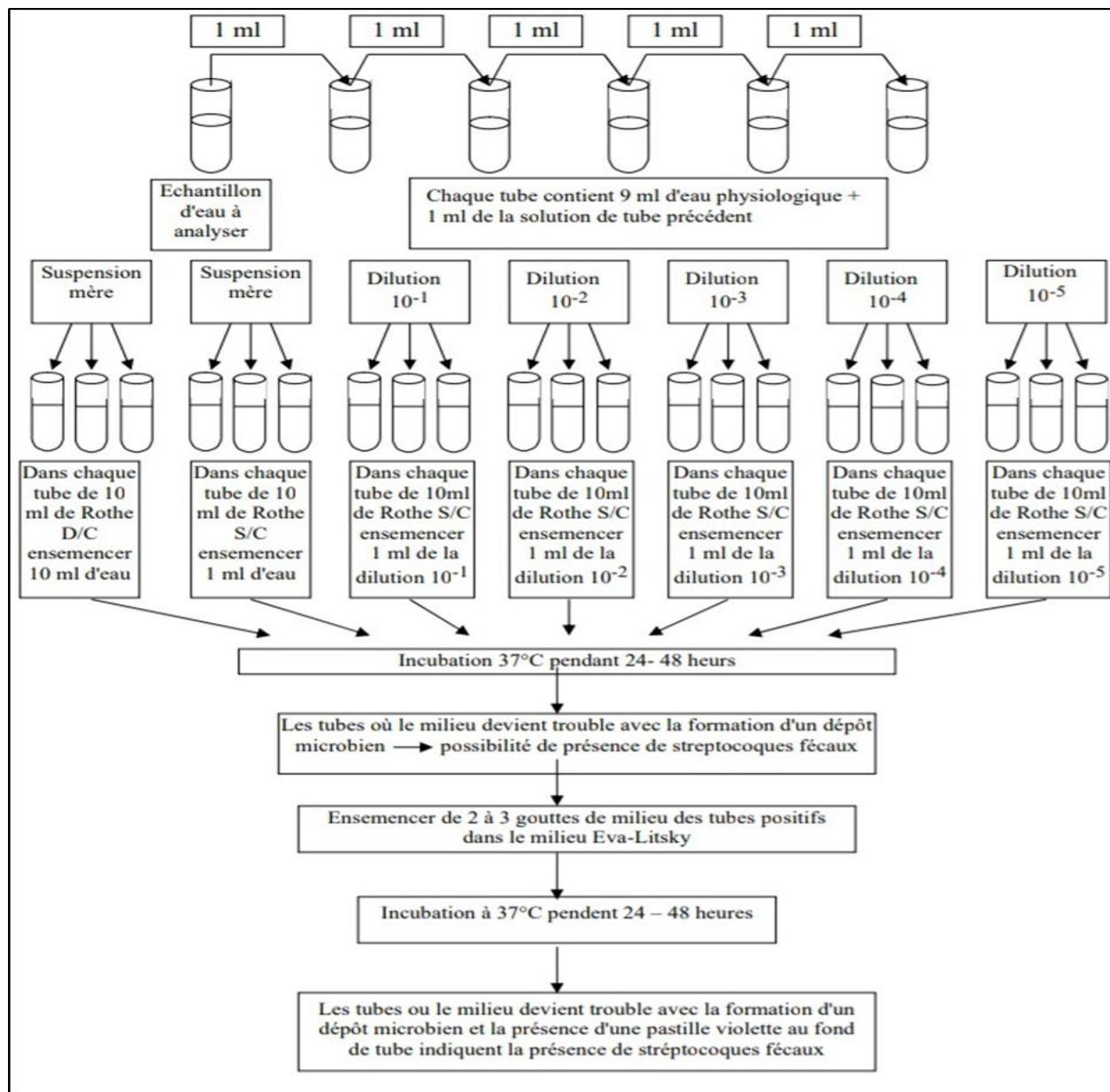


Figure 7. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux (Moukar et Labadi, 2010).

3.6.2.2. Recherche et dénombrement des *clostridium sulfito-réducteurs*

3.6.2.2.1. Principe

Pour ce genre de bactéries on effectue la méthode par incorporation en gélose (Rodier *et al.*, 2005), contenant de la viande, du foie et des additifs minéraux (sulfate de fer (III) d'ammonium dodécahydraté et sulfate de fer) (Potelon et Zysman, 1998). Après 24 à 48h d'incubation, ces bactéries donnent des colonies typiques et réduisent le sulfite de sodium (Na_2SO_3) du milieu en

sulfure qui réagit avec Fe^{++} et donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire (Lebres et Mouffok, 2008). (Le mode opératoire détaillé en annexe 7).

Chapitre 4

RESULTATS ET DISCUSSION

4.1.Introduction

Cette partie est consacrée à exposer les résultats obtenus et la discussion sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

4.2.Les résultats

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Chaâbet Roba) déterminés à partir de prélèvements mensuels effectués entre Janvier jusqu'au Avril 2025 sont illustrés par le tableau 5.

Tableau 5. Résultats des paramètres physico chimiques des eaux usées d'Oued Chaâbet Roba

Site d'étude (Chaâbet Roba)					
Mois	Jan	fév	mar	Avr	Moyenne
Paramètre					
Ph	7.8	7	7.5	7.6	7.47
Température (C°)	14.5	14	24.4	18	17.72
Oxygène dissous (mg/l)	2.2	2.6	5.2	6.3	4.07
MES (mg/l)	0.9	1.3	1.8	0.7	1.17
Conductivité électrique (µS/ml)	2950	2750	2290	2480	2617.5
Turbidité (NTU)	127	130	163	215	158.75
DBO5 (mg/l)	230	155	400	400	296.25
DCO (mg/l)	270	180	480	425	338.75
Azote ammoniacal (mg/l)	13.02	15	8.6	23.75	15.09
Ortho phosphate (mg/l)	2.6	1.8	26.5	12.5	10.85
Nitrites (NO ₂ ⁻) (mg/l)	1.3	1.8	2.06	7.68	3.21
Nitrates (NO ₃ ⁻) mg/L	3.01	5.6	4.66	10.65	5.98

Nous allons mettre en évidence l'évolution des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées analysées dans le temps.

4.2.1.Le potentiel d'Hydrogène (pH)

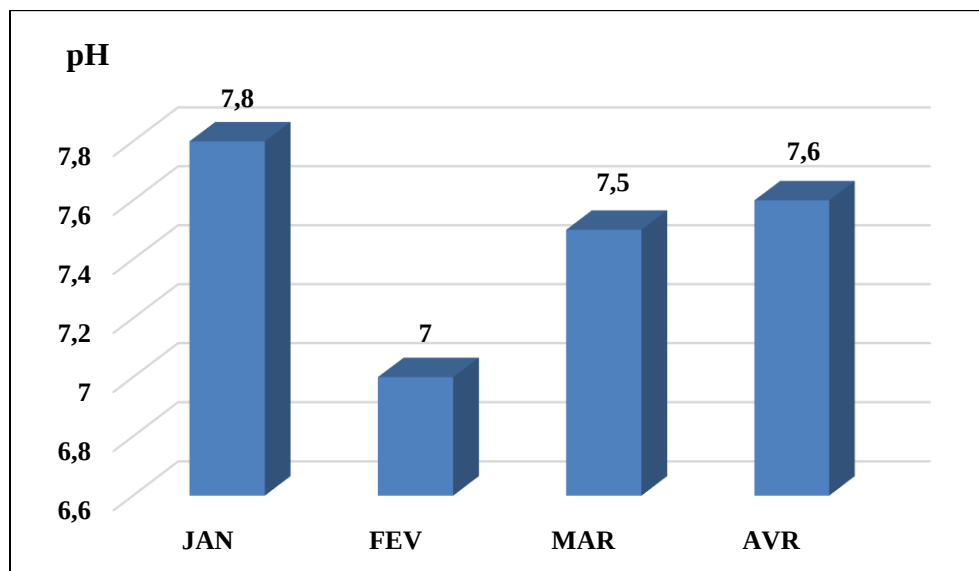


Figure 8. Les valeurs de pH au niveau de l'Oued Chaâbet Roba durant les quatre mois.

Les valeurs de pH de l'eau dans l'Oued de Chaâbet Roba observées dans le tableau 5 et la figure 8 oscillent entre 7 à 7,8 avec 7,47 comme étant la valeur moyenne.

4.2.2.Température

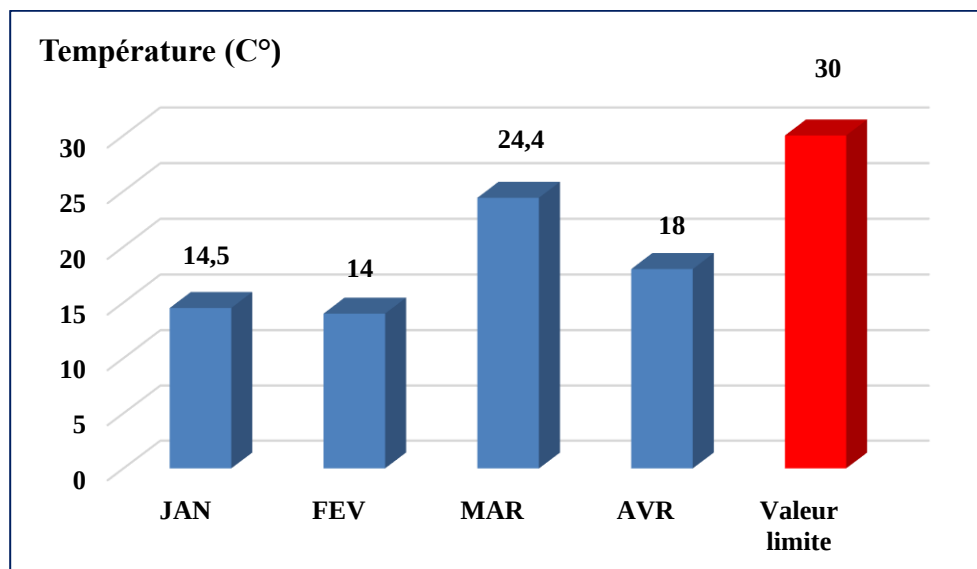


Figure 9. Les valeurs de la température au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

La température des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Chaâbet Roba) oscille entre 14°C et 24,4 °C avec 17,72°C comme valeur moyenne.

Les valeurs enregistrées sont inférieures à 30 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le JORA (2006). La température la plus basse a été enregistrée pendant le mois de février et la plus élevée au mois de mars.

4.2.3.L'oxygène dissous

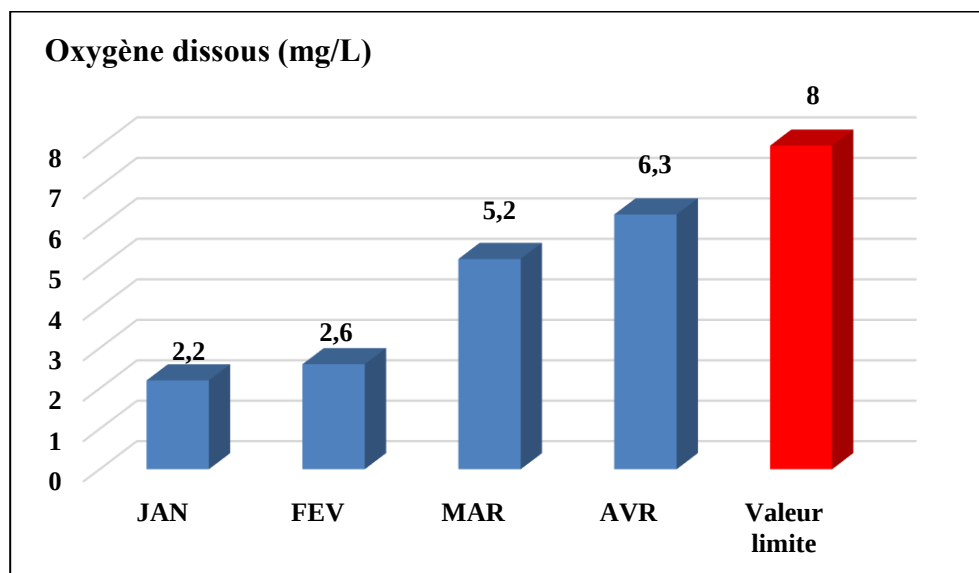


Figure 10. Les valeurs de l'oxygène dissous au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux usées varient entre 2,2mg /l et 6,3mg/l donnant une moyenne de 4,07 mg/l inférieur à la valeur limite de JORA (2012). Selon le résultat obtenu, on enregistre une faible teneur en oxygène dissous au mois de janvier (période froide), alors qu'au mois d'avril (période chaude) elle a augmenté.

4.2.4.Matière en suspension (MES)

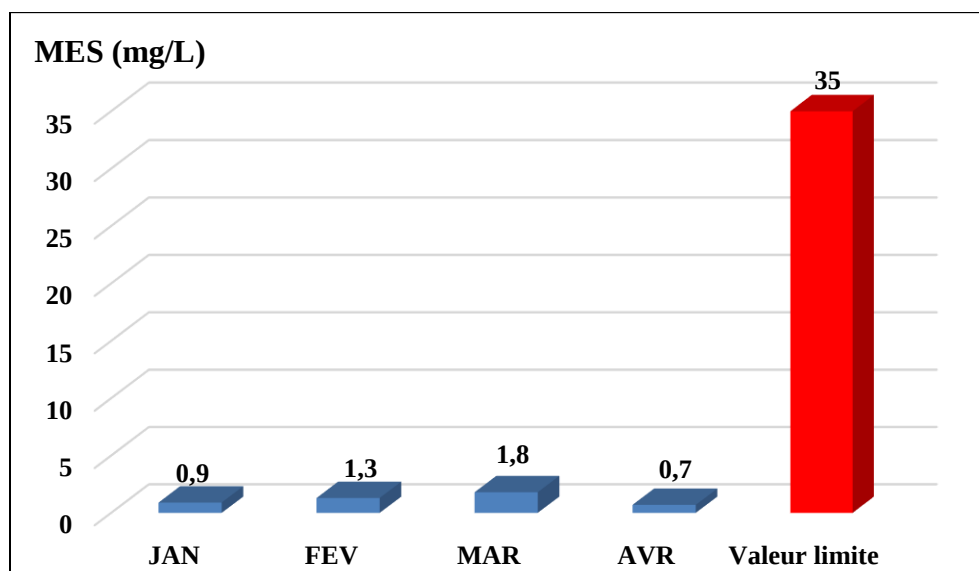


Figure 11. Les valeurs de la matière en suspension au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

Les concentrations en MES des eaux usées enregistrées lors de la période d'étude, celles-ci varient entre 0,7 mg/L et 1,8 mg/L avec une moyenne de 1,17 mg/L.

Ces résultats enregistrés en matières en suspension sont très faibles dans cette étude (0,7-1,8 mg/L) par rapport à 35 mg/L, valeur considérée limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le JORA (2006).

4.2.5. Conductivité électrique

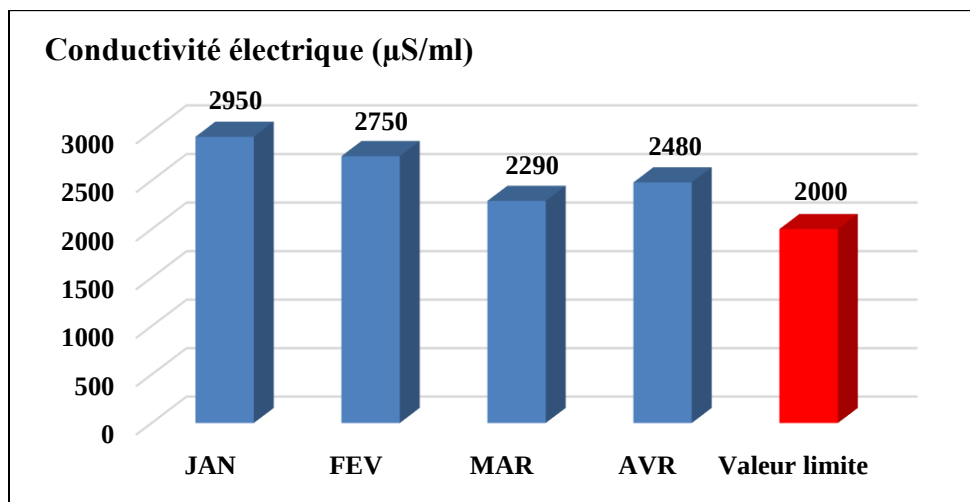


Figure 12. Les valeurs de la conductivité électrique au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

Dans les eaux usées d'Oued Chaâbet Roba, les valeurs de la conductivité électrique sont entre 2290 $\mu\text{S/cm}$ comme une valeur minimale et 2950 $\mu\text{S/cm}$ comme une valeur maximale avec 2617,5 $\mu\text{S/cm}$ comme valeur moyenne. Ces résultats élevés sont nettement supérieurs à la valeur limite des rejets (JORA, 1996), ce qui nous conduit à dire que ces eaux usées sont très minéralisées.

4.2.6. Turbidité

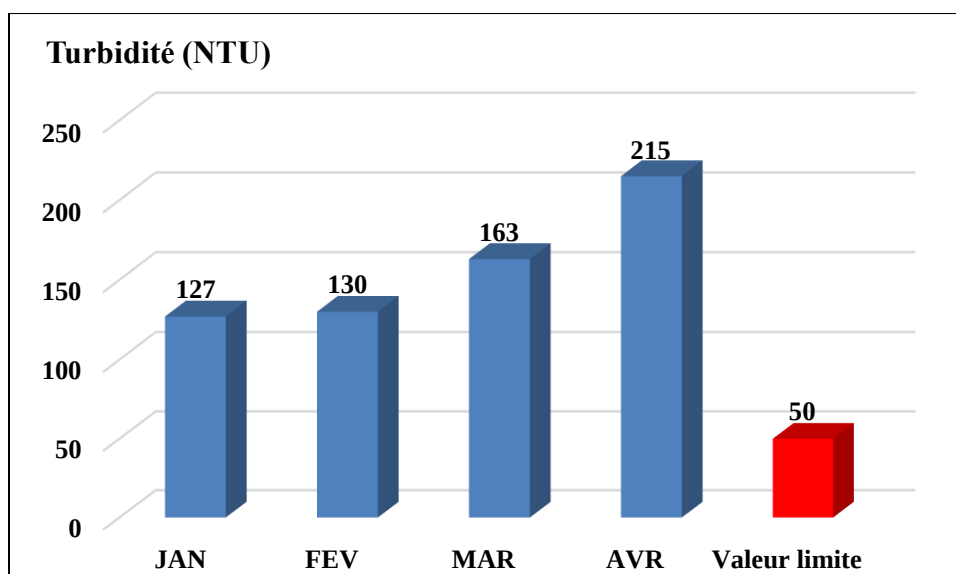


Figure 13. Les valeurs de la turbidité au niveau de l'oued Chaâbet Roba.

La turbidité des échantillons d'eau d'Oued Chaâbet Roba est comprise entre 127 NTU et 215 NTU avec une valeur moyenne de 158,75 NTU. Ces résultats sont très élevés considèrent que la norme est 50 NTU de (JORA, 2006).

4.2.7.Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)

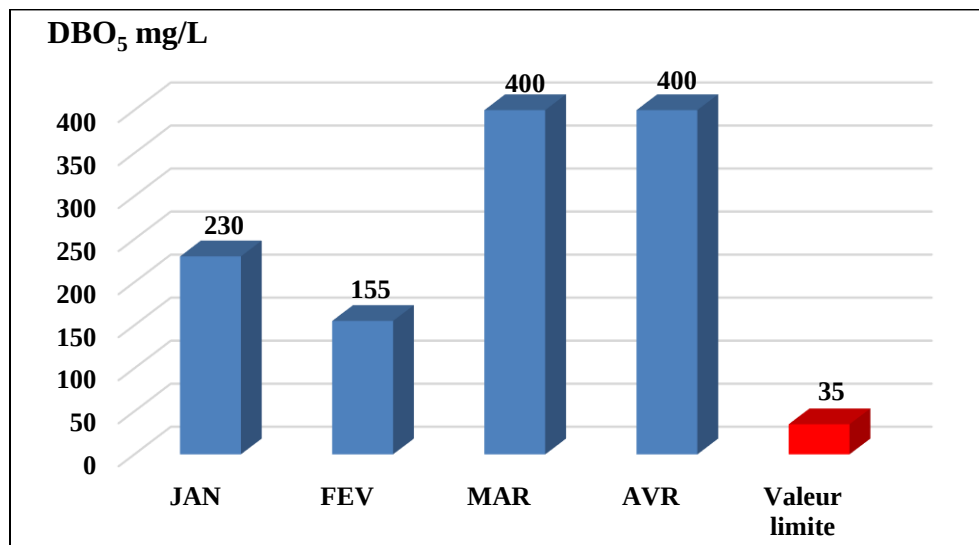


Figure 14. Les valeurs de DBO₅ au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

La DBO₅ représente la quantité d'oxygène nécessaire utilisée pour la destruction de la matière organique décomposable par les processus biochimiques. Les valeurs de DBO₅ sont élevées par rapport à la valeur limite de JORA (2006), sont comprises entre 155 mg O₂/L et 400 mg O₂/L avec une valeur moyenne de 296,25 mg O₂/L.

4.2.8.Demande chimique en oxygène (DCO)

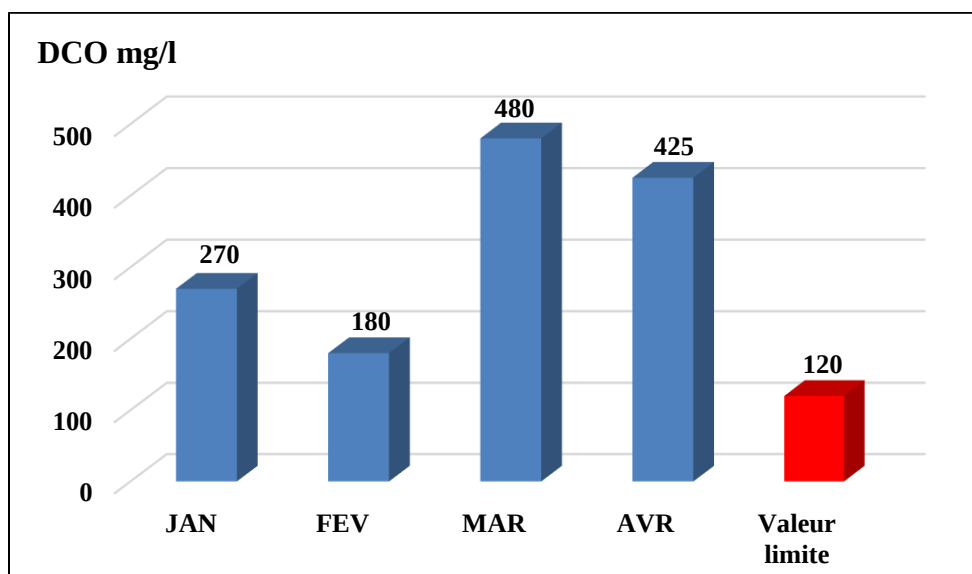


Figure 15. Les valeurs de DCO au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, à travers la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Fathallah *et al.*, 2014). L'analyse des résultats obtenus montre que la DCO dans les eaux varie entre 180 mg O₂/L et 480 mg O₂/L avec une moyenne de 338,75 mg O₂/L. Donc on peut dire que ce résultat dépassant largement la valeur limite 120 mg O₂/L selon le JORA (2006).

4.2.9.Ammonium (NH₄⁺)

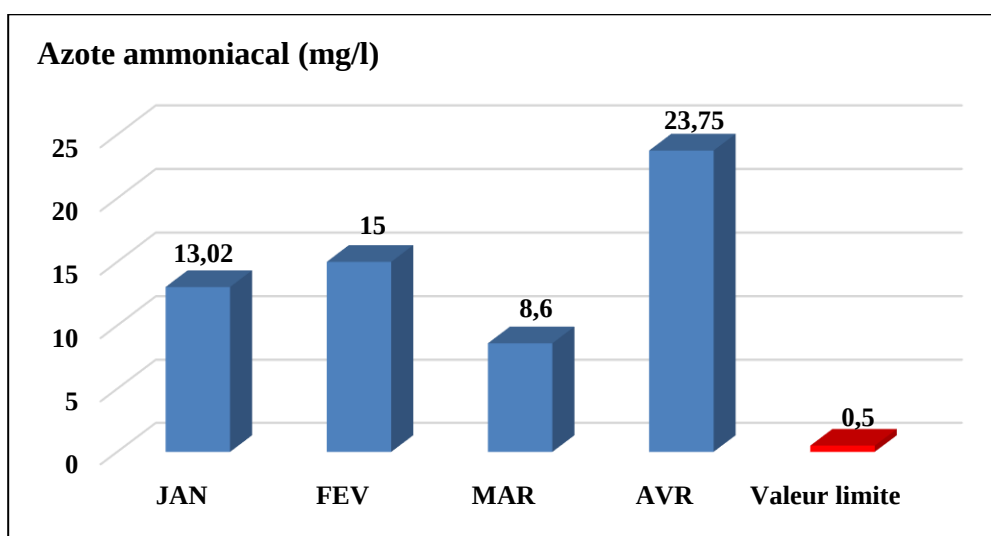


Figure 16. Les valeurs d'ammonium au niveau de l'Oued Chaâbet Roba .

L'évolution d'ammonium (NH_4^+) de l'eau analysée montre que les concentrations sont 8,6 mg/L comme concentration minimale et 23,75 mg/l comme une concentration maximale avec une moyenne de 15,09 mg/l. Et ces concentrations sont très élevées à la norme de 0,5 mg/L (JORA, 1996).

4.2.10.Nitrite (NO_2^-)

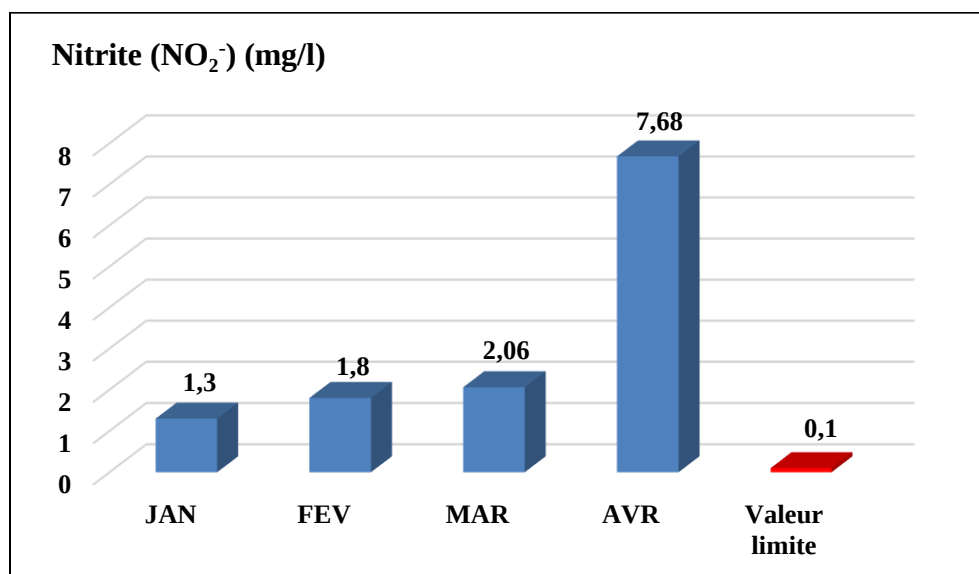


Figure 17. Les valeurs de nitrites au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

La teneur en nitrites dans les eaux usées analysées comprise entre 1,3 mg/l et 7,68 mg/l avec une moyenne 3,21 mg/l. La valeur la plus basse était en mois de janvier et la plus élevée était en mois d'avril .

4.2.11.Nitrates (NO_3^-)

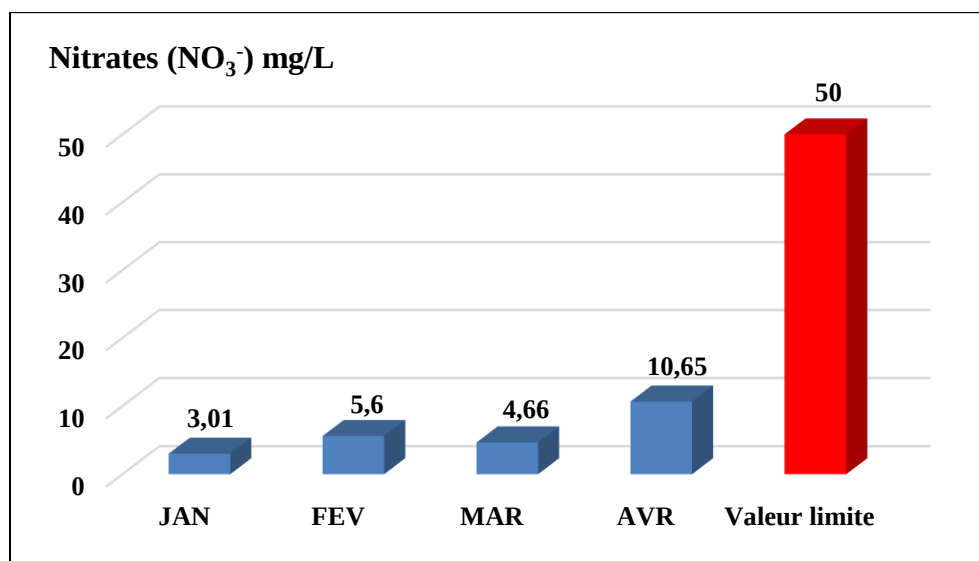


Figure 18. Les valeurs de nitrates au niveau de l'Oued Chaâbet Roba.

Le suivi de la variation des nitrates dans les eaux usées analysées montre que leurs teneurs en NO_3^- varient entre 3,01 et 10,65mg/L, avec une moyenne de 5,98 mg/L, et sont très négligeables par rapport à la valeur de référence de 50 mg/L (JORA, 1996).

4.2.12.Ortho phosphate

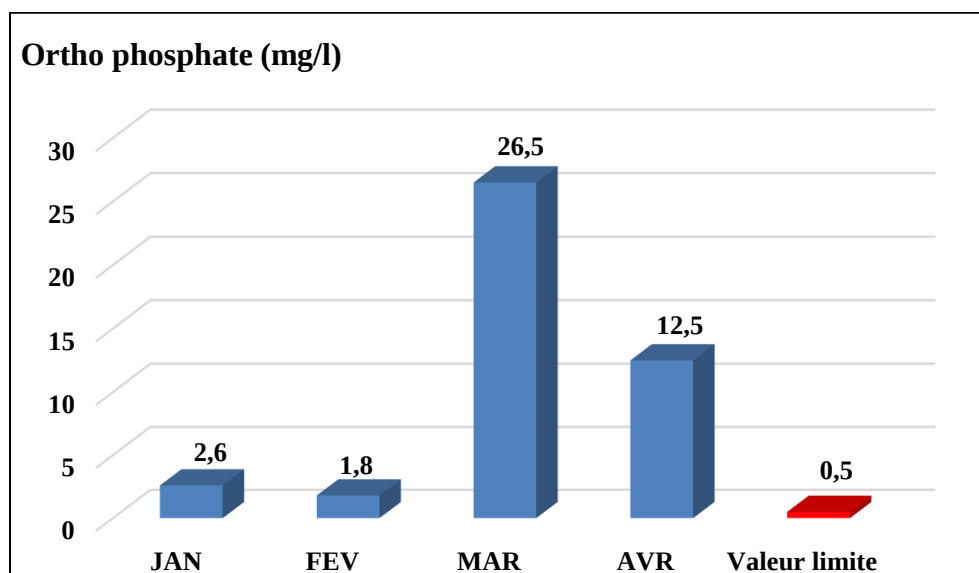


Figure 19. Les valeurs d'orthophosphate au niveau de l'Oued Chaâbet Roba

La figure 19 met en évidence l'évolution temporelle des ortho phosphates dans le site de rejet Chaâbet Roba. Les valeurs enregistrées des ortho phosphates varient entre 1,8 et 26,5 mg/l avec une valeur moyenne de 10,85mg/l, nous enregistrons une réduction de concentration très marquée au mois de février.

Les résultats des analyses bactériologiques sont représentés dans le Tableau 6.

Tableau 6. Résultats des paramètres bactériologiques de site d'étude (Chaâbet Roba).

Site d'étude (Chaâbet Roba)					
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Moyenne
Germe					
Coli.fécaux germes/ml	51000	48000	69000	58000	56500
E.coli germes/ml	480	530	700	400	527,5
St.fécaux germes/ml	7000	5200	9200	6000	6850
Cl. sulforeducteur germes/ml	760	890	2100	1800	1387,5

4.2.13.Coliformes fécaux

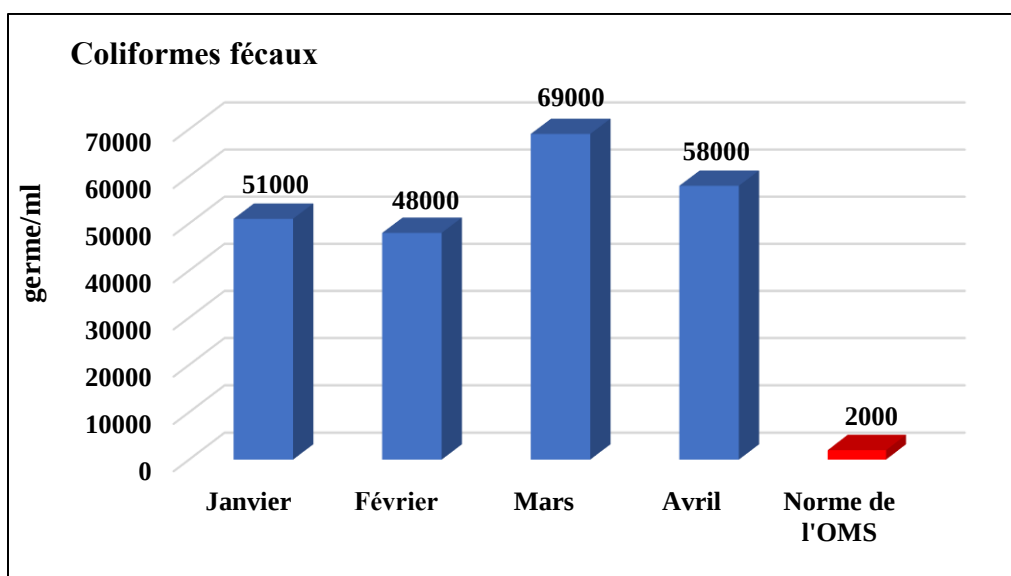


Figure 20. Répartition temporelle des coliformes fécaux durant la période d'étude.

La figure 20 illustre l'évolution temporelle des coliformes fécaux au site de rejet (Chaâbet Roba), les concentrations de coliformes fécaux varient entre 51000 et 69000 germes/ml, avec une moyenne de 56500 germes/ml, nous avons enregistré la plus forte concentration des germes en mois de mars, ces concentration dépassant largement la norme de l'Organisation Mondial de la Santé (2000 CF /100ml) (OMS,2013).

4.2.14. *Escherichia coli*

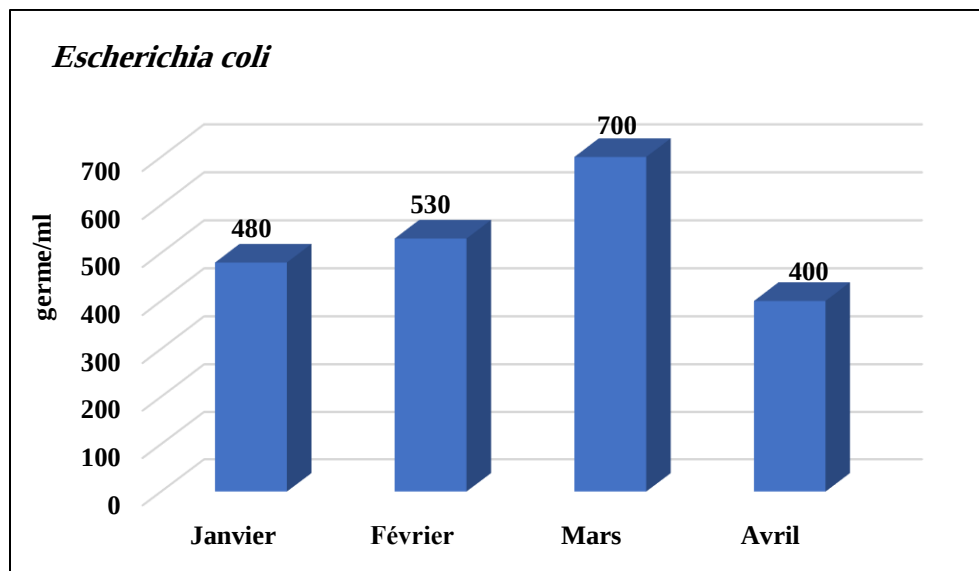


Figure 21. Répartition temporelle d'*Escherichia coli* durant la période d'étude.

La figure 21 représente l'évolution temporelle d'*Escherichia coli* durant la période d'étude (quatre mois), les résultats fluctuent entre 400 et 700 germes /ml avec une valeur moyenne de 527,5 germe /ml, on observe une augmentation significative de la concentration d'*E coli* de janvier à mars suivie d'une baisse au cours du mois d'avril.

4.2.15.Streptocoques fécaux

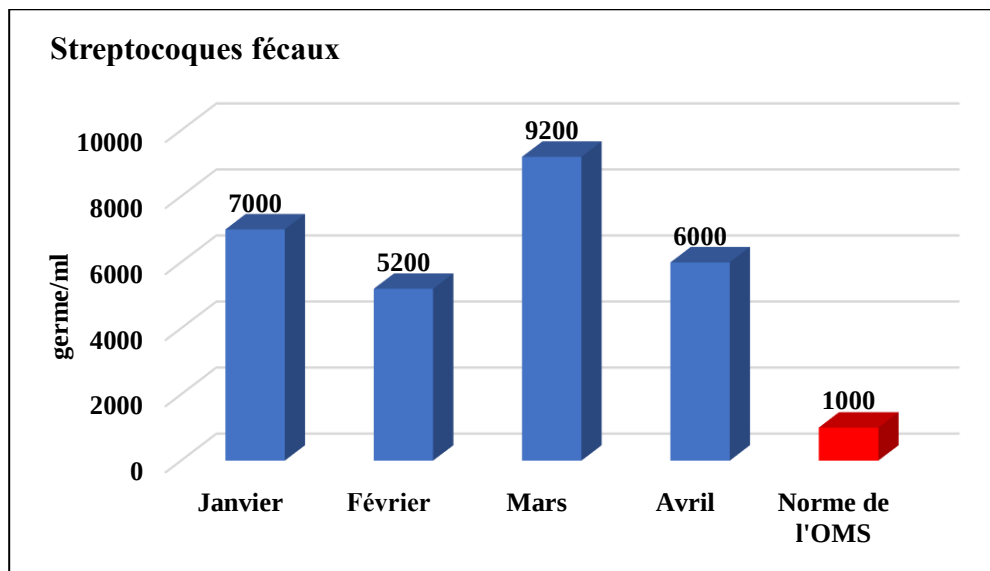


Figure 22. Répartition temporelle des streptocoques fécaux durant la période d'étude.

La figure 22 met en évidence l'évolution temporelle des streptocoques fécaux au site de rejet (Chaâbet Roba), le dénombrement des streptocoques fécaux oscille entre 5200 et 9200 germes/ml avec une valeur moyenne de 6850 germes/ml, les valeurs enregistrées varient considérablement d'un mois à l'autre, le mois de mars présentant la concentration maximale (9200germe /ml), tandis que le mois de février a une concentration faible (5200germe/ml).

Toutes les concentrations pour les quatre mois étudiés sont dépassent largement la norme fixée par l'OMS en 2013 (1000 SF/100ml).

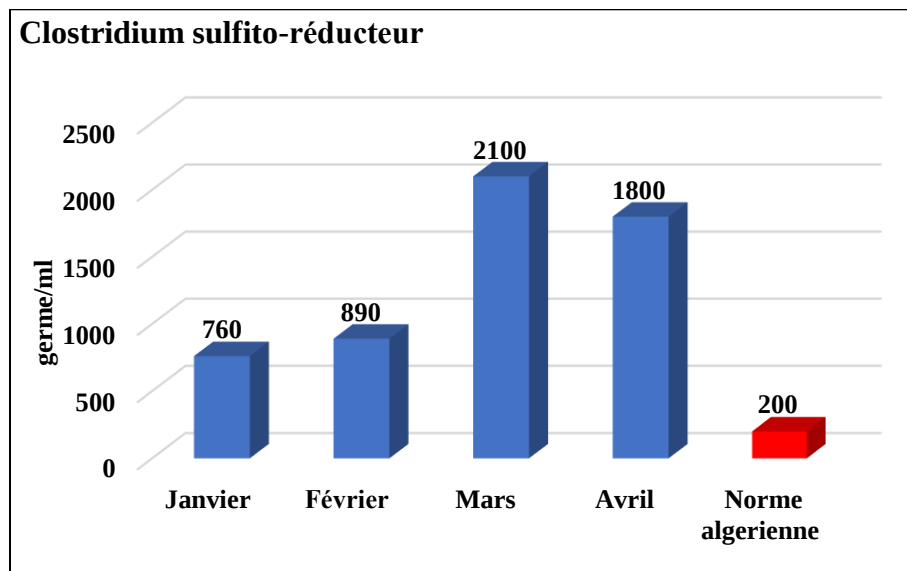
4.2.16. *Clostridium sulfito-réducteur*

Figure 23. Répartition temporelle de *Clostridium sulfito-réducteur* durant la période d'étude.

La figure 23 représente l'évolution temporelle de *Clostridium sulfito-réducteur* au site de rejet (Chaâbet Roba), les concentrations de clostridium sulfito-réducteur varient entre 760 germe/ml et 2100 germe/ml avec une valeur moyenne de 1387,5 germe /ml, nous avons enregistré des valeurs plus élevées en mars et avril par rapport à janvier et février, ces valeurs sont supérieures à la norme algérienne (200UFC/100 ml) (JORA,2009).

Tableau 7. Origine de la contamination fécale des eaux usées brutes prélevées

Période de prélèvement	CF/SF	Origine de la contamination
Janvier	7,28	Origine humaine
Février	9,23	
Mars	7,5	
Avril	9,66	

4.3. Evaluation de la qualité des eaux.

L'évaluation de la qualité de l'eau repose sur l'analyse de ses propriétés physico-chimiques et biologiques. Elle est calculée à l'aide du système d'évaluation de la qualité des eaux littorales

(SEQ Littoral, 2003) et a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) :

Le système définit cinq niveaux de qualité :

Classe I (bleu) : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière.

Classe II (vert) : Eau de qualité moyenne nécessitant un traitement simple.

Classe III (jaune) : Eau de mauvaise qualité requérant un traitement approfondi.

Classe IV (orange) : Eau polluée exigeant un traitement spécifique.

Classe V (rouge) : Eau excessivement polluée.

D'après Les valeurs moyennes (tableau 5 et 6) ont permis de classer le site de rejet (Chaâbet Roba) selon cinq niveaux de pollution, du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) en fonction des valeurs obtenues.

Tableau 8. Grille de Classification des eaux pour le site de rejet (Chaâbet Roba).

paramètres	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température	< 20 (17,72°C)	20-21,5	21,5-25	25-28	> 28
Ph	<8 (7,47)	8-8,5	8,5-9	9-9,5	>9,5
MES	<25 (1,17mg/l)	25-50	50-100	100-150	>150
DBO ₅	<3	3-6	6-10	10-25	>25 (296,25mg/l)
DCO	< 20	20-30	30-40	40-80	>80 (338,75mg/l)
NO ₃ ⁻	<2	2-10 (5,98mg/l)	10-25	25-80	>80
NO ₂ ⁻	<0,03	0,03-0,3	0,3-0,5	0,5-1	>1 (3,21mg/l)
NH ₄ ⁺	<0,5	0,5-1,5	1,5-4	4-8	>8 (15,09 mg/l)
PO ₄ ³⁻	<0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-2	>2 (10,85mg/l)

Coliformes totaux	<50	50-500	500-5000	5000-50000	>50000
Coliformes fécaux	<20	20-200	200-2000	2000-20000	>20000 (56500germe/ml)
Streptocoques fécaux	<20	20-200	200-1000	1000-10000 (6850germe/ml)	>10000

(Les chiffres entre parenthèses représentent la moyenne des mesures obtenues dans cette étude). (Source, SEQ EAU)

De cette classification, révèlent que l'eau étudiée présente une qualité très médiocre pour la plupart des indicateurs mesurés, tant physico-chimiques que bactériologiques, notamment, la demande biologique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), Nitrite, l'ammonium, Orthophosphate ainsi que les coliformes fécaux.

4.4.Discussion

Les résultats des analyses physicochimiques de site de rejet Chaâbet Roba peuvent être interprétés comme suite :

La température représente un facteur abiotique majeur dans l'eau, particulièrement en milieu pollué, où elle exerce des effets significatifs sur l'oxygène dissous, la demande biologique en oxygène et diverses caractéristiques physico-chimiques et biologiques, notamment l'activité des micro-organismes (Guemmaz *et al.*, 2019). Sa mesure s'avère essentielle étant donné son influence déterminante sur la solubilité des gaz, la dissociation des sels et l'établissement du pH (Gbekley *et al.*, 2023). Dans le cas spécifique des eaux usées d'Oued Chaâbet Roba, les températures varient entre 14°C et 24,4°C, restant conformes à la norme algérienne qui fixe à 30°C la valeur limite pour les rejets directs dans le milieu récepteur (JORA, 2006). Les variations thermiques dans les écosystèmes aquatiques sont déterminées par plusieurs facteurs dont le degré d'insolation, les prélèvements, le couvert végétal (Obougou *et al.*, 2022) et les variations climatiques (Fagrouch, 2012).

Le pH constitue une caractéristique fondamentale des milieux aquatiques, jouant un rôle critique dans le contrôle de la majorité des réactions chimiques qui s'y déroulent. Cette mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau est déterminante pour la vie aquatique, les organismes étant particulièrement sensibles à ses variations. Les conditions très acides ou alcalines s'avèrent nocives

pour la faune et la flore aquatiques, tandis que la toxicité des métaux lourds peut être significativement amplifiée à certains niveaux de pH. Ces caractéristiques font du pH un paramètre essentiel dans l'évaluation de la qualité de l'eau et des eaux usées (Karungamye *et al.*, 2023). De plus, ce paramètre revêt une importance considérable dans l'interprétation des phénomènes de corrosion affectant les canalisations des stations d'épuration. Il convient de noter que la température exerce une influence directe sur la détermination du pH (Gbekley *et al.*, 2023). Concernant les eaux usées du site Chaâbet Roba, la valeur moyenne annuelle du pH s'établit à 7,47, caractérisant ainsi des eaux neutres. Cette valeur s'inscrit dans l'intervalle admis (6,5-8,5) considéré comme limite réglementaire pour les rejets directs dans le milieu récepteur selon la législation algérienne (JORA, 2006). Tout écart hors de cet intervalle engendrerait des effets néfastes sur l'écosystème récepteur.

L'oxygène dissous constitue l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux de surface (ruisseaux, rivières, lacs). Il constitue un marqueur important de la contamination de l'eau, car des concentrations élevées d'OD dans l'eau suggèrent une dégradation de la qualité de l'eau (Adugna *et al.*, 2024), Indispensable à la vie aquatique, aux réactions chimiques et à la décomposition des polluants biodégradables. (Merbouh *et al.*, 2020). Les eaux usées d'Oued Chaâbet Roba, présentent une teneur en oxygène dissous de 2,2mg /l à 6,3mg/l. Ces valeurs sont inférieures à 8 mg/L, Ces faibles niveaux sont attribués à la forte charge organique des effluents urbains non traités et à leur consommation par des bactéries, l'activité microbienne, consommatrice d'oxygène, est accentuée par l'élévation des températures de l'eau et de l'air (Mabrouki *et al.*, 2016). La concentration d'OD, naturellement plus faible dans l'eau chaude (Rodier *et al.*, 2009), est également influencée par des processus physiques, chimiques et microbiologiques. Un déficit en oxygène favorise la prolifération des bactéries anaérobies et autres pathogènes, stimulant la bioaccumulation et la bioamplification (Guemmaz *et al.*, 2019).

Les solides en suspension englobent l'ensemble des particules minérales et organiques présentes dans l'eau. Leur concentration fluctue selon divers facteurs environnementaux tels que la nature du terrain traversé, les variations saisonnières, les précipitations et les régimes de débits (Rodier *et al.*, 1959). Ces matières provoquent une augmentation de la turbidité et réduisent significativement la pénétration de la lumière dans le milieu aquatique (Hajji *et al.*, 2021). Au-delà de ces effets sur la transparence de l'eau, les matières en suspension altèrent également ses qualités

organoleptiques, conférant à l'eau une apparence trouble et des odeurs indésirables (Bengherbia *et al.*, 2012). Les eaux usées d'Oued Chaâbet Roba caractérisées par une concentration moyenne 1,17 mg/L, cette valeur enregistrée en matières en suspension est inférieure à 35 mg/L, valeur considérée limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le JORA (2006).

La conductivité électrique représente un indicateur simple et précis de la salinité ou de la concentration totale en sels dans l'eau (Karungamye *et al.*, 2023). Ce paramètre permet d'évaluer la quantité de sels dissous et d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée témoigne d'une concentration importante en sels dissous (Rodier *et al.*, 2009) et traduit une abondance de sels solubles et ionisables (Fagrouch, 2012). Les variations de conductivité peuvent mettre en évidence des pollutions (Rusydi, 2018). La mesure de ce paramètre s'avère particulièrement importante pour évaluer le degré de toxicité potentiel pour les cultures, l'excès de sels solubles pouvant inhiber l'assimilation des éléments nutritifs nécessaires à la croissance et au développement des plantes cultivées (Merbouh *et al.*, 2020). Les résultats révèlent que la CE moyenne de l'effluent (2617.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dépasse la norme établie de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette valeur élevée pourrait s'expliquer par la décomposition des plantes qui libèrent des nutriments dans l'eau, augmentant ainsi la concentration en ions dissous et, par conséquent, la conductivité. Elle pourrait également résulter de la dégradation de contaminants organiques en composants organiques moins complexes (Kiflay *et al.*, 2021 ; Karungamye *et al.*, 2023).

La turbidité constitue une mesure de la limpidité ou de l'opacité relative de l'eau. Elle ne quantifie pas directement les matières en suspension, mais évalue plutôt leur effet global sur la diffusion et l'absorption de la lumière. Ce paramètre représente un indicateur important de changement dans la qualité de l'eau, des valeurs élevées ou des fluctuations significatives pouvant signaler un problème qualitatif (Merbouh *et al.*, 2020). Dans le cas étudié, la valeur moyenne de turbidité s'élève à 158,75 NTU, un niveau considérablement supérieur à la norme algérienne fixée à 50 NTU (JORA, 2006). Cette turbidité excessive réduit substantiellement la quantité de lumière disponible pour les organismes photosynthétiques, compromettant ainsi l'équilibre écologique du milieu aquatique (Karungamye *et al.*, 2023).

Les résultats d'analyse de l'azote ammoniacal à Chaâbet Roba révèlent des concentrations oscillant entre 8,6 mg/l et 23,75 mg/l, avec une moyenne de 15,09 mg/l sur la période d'étude de quatre mois (janvier à avril), Ces valeurs excèdent significativement la norme JORA (0,5 mg/l), la

concentration maximale enregistrée en avril atteignant environ 47 fois la valeur normative autorisée (23,75 mg/l). La prédominance de l'azote ammoniacal par rapport aux nitrites et nitrates indique un processus d'ammonification intense dans le milieu, selon Maciejewski (2022), cette situation s'explique par l'origine humaine de l'azote dans les eaux usées domestiques. En effet, l'azote provient essentiellement des déjections humaines : dans les urines, environ 75% de l'azote se présente initialement sous forme d'urée ou d'acide urique, tandis que dans les matières fécales, l'azote organique est présent dans diverses structures moléculaires complexes comme les acides aminés, les pyrimidines et les purines. L'urée subit une hydrolyse rapide sous l'action des microorganismes à pH neutre, transformant ces composés azotés en ammoniac, ce qui explique les teneurs élevées en azote ammoniacal mesurées à Chaâbet Roba.

Le nitrite résulte de l'oxydation de l'ammoniac, leur présence en fortes concentrations altère la qualité de l'eau et peut représenter un risque pour la santé, selon nos résultats, les concentrations enregistrées dépassent largement la norme fixée par JORA (0,1 mg/l), notamment en avril où une valeur élevée de 7,68 mg/l a été observée, Quant aux nitrate représentent le produit final de l'oxydation de l'azote et sont naturellement présents dans les eaux souterraines, en général leur concentration naturelle n'excède pas 3 mg/l dans les eaux de surface et atteint seulement quelques milligrammes par litre dans les eaux souterraines, dans notre étude les concentrations mesurées sont restées à l'état de traces, avec une valeur maximale enregistrée de 10,65 mg/l, ainsi les résultats obtenus sont nettement inférieurs à la limite fixée par la norme JORA (50 mg/l) (Ghemmit-Doulache et Ouslimani, 2021).

L'examen des données recueillies indique une contamination importante aux ortho phosphate avec des concentrations variables selon les mois, le taux maximal d'ortho phosphate enregistrée en mars (26.5 mg/l) , tous les valeurs sont dépassant largement la norme JORA (0,5 mg/l) , Ces fortes teneurs en nutriments phosphorés, tout comme l'azote contribuent à l'eutrophisation des milieux aquatiques récepteurs (Autlwetse et Kimwaga, 2021 ; Balachandran *et al.*, 2018 ; Kiflay *et al.*, 2021) ce phénomène crée des conditions propices au développement de cyanobactéries toxiques, représentant un risque significatif pour la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes (Edokpayi *et al.*, 2017 ; Nayan *et al.*, 2020) .

Les résultats de la demande chimique en oxygène (DCO) pour le site Chaâbet Roba révèlent des valeurs dépassent considérablement la norme établie par JORA (120 mg/l), comme le

soulignent Ouallal *et al* (2018) la DCO constitue un paramètre crucial pour évaluer la qualité de l'eau et l'impact des rejets d'eaux usées sur le milieu récepteur. Sur la période d'étude de janvier à avril, les valeurs oscillent entre 180 mg/l (février) et 480 mg/l (mars), avec une moyenne de 338,75 mg/l, soit près de trois fois la norme autorisée ces niveaux élevés de DCO indiquent une forte présence de matière organique oxydable dans l'eau du site, ces eaux sont donc très mauvaise qualité.

La demande biochimique en oxygène (DBO) est un indicateur fréquemment utilisé pour évaluer la pollution organique des eaux usées, des valeurs élevées de DBO révèlent une forte concentration de matières organiques, tandis que des valeurs faibles traduisent une charge organique réduite (Adugna *et al* , 2024), la présence de pollution organique dans l'eau favorise également la prolifération d'organismes pathogènes pour l'Homme (Merbouh *et al* ,2020), dans cette étude les valeurs moyennes de la DBO₅ enregistrées excèdent largement la norme algérienne fixée à 35 mg/L, selon le JORA (2006) , donc et selon Asia et Akporhonor (2007), Les valeurs excessive (DCO , DBO₅) et observées à Chaâbet Roba suggèrent une contamination organique importante qui nécessiterait un traitement avant tout rejet dans l'environnement. Le rapport DCO/DBO₅ constitue un indicateur clé pour évaluer la biodégradabilité des eaux usées. Au cours de la période d'étude, les valeurs relevées sont restées inférieures à 3, avec une valeur moyenne de 1,14 mg/l, ces résultats indiquent que les effluents de Chaabet Roba sont facilement biodégradables et proviennent majoritairement d'eaux usées d'origine domestique (Bourouache *et al.*, 2019).

Après l'interprétation des résultats physico-chimiques, nous procédons à celle des résultats bactériologiques :

L'analyse bactériologique des eaux usées de site de rejet (Chaâbet Roba.) montre une contamination microbienne très élevée, dépassant largement les normes de l'OMS (2013) et du Journal Officiel de la République Algérienne (2009) pendant la période étudiée (janvier-avril) ces fortes concentrations bactériennes sont prévisibles car, comme l'ont indiqué Chekireb et Koriche (2019) les eaux usées offrent un environnement idéal pour la croissance et la multiplication des bactéries.

L'analyse des données du site d'étude montre une relation notable entre les variations de température et la concentration des différents germes sur la période de janvier à avril, comme l'affirment Ghemmit-Doulache et Ouslimani (2021), l'élévation thermique stimule la prolifération microbienne, cette relation est particulièrement visible dans nos résultats pour les mois de mars et avril, où les températures élevées (24,4°C en mars) correspondent à des concentrations accrues de certains germes, notamment les *Clostridium sulfito-réducteurs* (2100 germes/ml) et les streptocoques fécaux (9200 germes/ml), les coliformes fécaux montrent également une tendance similaire avec une concentration plus élevée (69000 germes/ml), ces observations confirment l'influence significative de la température sur la prolifération microbienne dans ce milieu aquatique, avec une moyenne de température de 17,72°C sur la période d'étude correspondant à des charges microbiennes importantes.

L'analyse microbiologique du site de rejet de Chaâbet Roba révèle une présence significative d'indicateurs de contamination fécale, les analyses montrent que les concentrations de coliformes fécaux oscillent entre 51000 et 69000 germes/ml, avec une concentration moyenne estimée à 56 500 germes/ml, ces résultats indiquent clairement une contamination directe par des matières fécales et excèdent considérablement les seuils limites établis par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cette contamination bactériologique importante peut être attribuée à deux facteurs principaux : la concentration élevée en matière organique et l'absence de précipitations (Ouallal *et al.*, 2018).

Les Streptocoques fécaux sont proviennent majoritairement des matières fécales d'origine humaine, cependant certaines bactéries de ce groupe ont également été collectées dans les excréments d'animaux, ces microorganismes sont reconnus comme des indicateurs fiables de contamination fécale notamment en raison de leur résistance particulière à la dessiccation et de leur capacité à survivre plus longtemps dans les milieux aquatiques, Ils constituent ainsi une source précieuse d'informations complémentaires pour évaluer le niveau de pollution des milieux (Salama *et al.*, 2013), dans notre étude nous avons enregistré des concentrations élevées qui dépassent largement la norme fixée par l'OMS en 2013 (1000 SF/100ml), ces bactéries ont la capacité de se multiplier dans des environnements salins à pH alcalin, de ce fait, elles sont utilisées comme indicateurs de la présence de germes pathogènes présentant une tolérance comparable aux conditions de pH élevé (l'OMS, 1979).

Les résultats d'analyse du rapport CF/SF (Coliformes Fécaux/Streptocoques Fécaux) pendant la période d'étude de janvier à avril (tableau 7) révèlent des valeurs comprises entre 7,28 et 9,66. Selon les critères établis par Gbekley *et al* (2023) l'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif $R = CT/SF$, où une valeur inférieure à 0,7 indique une contamination d'origine animale, tandis qu'une valeur supérieure à 4 signale une contamination d'origine humaine. Dans le cas présent, tous les rapports CF/SF mesurés dépassent largement le seuil de 4, confirmant ainsi une contamination fécale d'origine humaine pour l'ensemble de la période d'étude.

Escherichia coli constitue un excellent indicateur de contamination fécale, reflétant à la fois la présence de matières fécales et l'intégrité sanitaire d'un approvisionnement en eau (Adugna *et al.*, 2024), la recherche menée par Fagrouch *et al.*, 2010 révèle que les analyses d'eau effectuées démontrent une contamination significative par des micro-organismes d'origine fécale, cette situation met en évidence le danger potentiel pour la santé publique que constitue le déversement de ces eaux sans traitement préalable exposant ainsi les populations à un risque épidémiologique considérable.

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* présentent des concentrations élevées (760 à 2 100 germes/ml, moyenne : 1387,5) excédant la norme algérienne fixée à 200 UFC/100 ml (JORA, 2009), la présence aussi massive d'anaérobies sulfito-réducteurs est particulièrement inquiétante car ces micro-organismes témoignent non seulement d'une pollution fécale, mais également de la présence de sulfite de fer, susceptible de provoquer des odeurs nauséabondes et d'accélérer la corrosion des canalisations, contrairement aux coliformes fécaux et streptocoques fécaux, les spores de *Clostridium* présentent une résistance exceptionnelle dans l'environnement, ce qui en fait des indicateurs précieux pour détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Gbekley *et al.*, 2023).

Conclusion

Dans le cadre de l'évaluation du degré de pollution de la ville de Biskra, notamment au niveau de l'Oued Chaâbet Roba l'utilisation de paramètres de caractérisation physico-chimique et bactériologique permet d'établir une image fidèle du degré de contamination des effluents bruts, les résultats des analyses révèlent un degré de pollution élevé de ces eaux usées, et selon le Système d'Évaluation de la Qualité des eaux littorales (SEQ Littoral, 2003), celles-ci sont classées dans la catégorie de qualité très médiocre. Les analyses physico-chimique indiquent un dépassement significatif des normes algériennes (JORA) pour plusieurs paramètres critiques: conductivité électrique, turbidité, azote ammoniacal, nitrite, ortho phosphates, DCO et DBO₅, la forte présence de matière organique facilement biodégradable (ratio DCO/DBO₅ = 1.14) confirme l'origine principalement domestique de ces effluents, l'analyse bactériologique montre une contamination fécale d'origine humaine très prononcée (rapport CF/SF > 4), avec des concentrations élevées en coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *Escherichia coli* et *Clostridium sulfito-réducteurs*, tous largement supérieurs aux normes sanitaires (OMS), cette pollution intensive présente un risque majeur d'eutrophisation pour les milieux récepteurs et constitue une menace significative pour la santé publique et l'équilibre écologique des écosystèmes locaux. En conséquence, les effluents analysés dans l'oued Chaâbet Roba, présentent des caractéristiques qui rendent impérative leur épuration préalablement à toute décharge dans les milieux naturels, la mise en place d'un système de traitement adapté s'avère indispensable afin d'atténuer leur impact environnemental et de respecter les normes de qualité requises pour la préservation des écosystèmes récepteurs.

Références Bibliographique

Références bibliographiques

Abdenmour, M A, Douaoui, A., Barrena, J., Pulido, M., Bradaï, A., Bennacer, A., ... & Alfonso-Torreño, A. (2021). Caractérisation géochimique de la salinité des sols irrigués en régions arides (Biskra, SE Algérie). *Acta Geochimica* , 40 (2), 234-250.

Adewumi, JR, et Ajibade, FO (2019). Détermination périodique des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des effluents d'eaux usées en vue d'une éventuelle réutilisation comme eau d'irrigation. *Revue internationale des ressources énergétiques et hydriques* , 3 (4), 269-276.

Adugna, D. B., Ante, A. A., Aschale, M., & Maja, M. M. (2024). Characterization of physicochemical and bacteriological properties of Harar Brewery wastewater and its suitability for irrigation. *Environmental Challenges*, 16, 100967.

Allia, Z. (2018). Le Système Aquifère Mio-pliocène du Bassin de Chott Melrhir-Zab Chergui: Caractérisation, Géométrie et Hydrochimie. [PhD Thesis, Université Mohamed Khider–Biskra].

Agence nationale l'aménagement du territoire (2015). Schéma directeur des ressources en eau (wilaya de Biskra), Dossier pollution des eaux :100.

Arezki, K., & Lazouzi, N. (2020). Dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Azazga (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri TiziOuzou).

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

Asia, I. O., & Akporhonor, E. E. (2007). Characterization and physicochemical treatment of wastewater from rubber processing factory. *International Journal of Physical Sciences*, 2(3), 061-067.

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 à sable local* (Doctoral dissertation).

- Autlwetse, B., & Kimwaga, R. J. (2021). Effects of constructed wetlands plants on phosphorus removal from domestic wastewater in Gaborone, Botswana. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 40(2), 82-96.
- Balachandran, T., & Nanthakumaran, A. (2018). Role of colocasia esculenta in constructed wetlands for treating rice mill wastewater.
- Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- 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 (Doctoral dissertation).
- Benameur, N., Debabeche, M., & Chabi, H. (2018). Détermination et répartition cartographique du degré de pollution des eaux usées des trois principaux rejets de la ville de Biskra; Oued z'mor, Chaabet Roba et Oued Biskra.
- Bengherbia, A., Hamaidi, F., Zahraoui, R., Hamaidi, M. S., & Megateli, S. (2014). Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza (Blida, Algérie). *Lebanese science journal*, 15(2), 39-51.
- Bengherbia, A., Hamaidi, F., Zahraoui, R., Hamaidi, MS et Megateli, S. (2014). Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza (Blida, Algérie). *Revue scientifique libanaise* , 15 (2), 39-51.
- Berné, F. (1991). *Traitement des eaux*. Editions OPHRYS.
- Boubacar Moussa, M. (2023). Qualité des eaux de surface de la zone de Niamey : Caractérisation physico-chimique, dynamique spatio-temporelle des concentrations en matières en suspension (MES) et en bactéries d'origine fécale (E. coli) (Doctoral dissertation).
- Bouchemall, F., 2017. Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra

Boudjellal, L., & Bourbia, F. (2009). Rôle de l'oasis dans la création de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides.

Bourouache, M., Mimouni, R., Ait Alla, A., Hamadi, F., El Boulani, A., & Bihadassen, B. (2019). Bacteriological and physicochemical quality of treated wastewater of the Mzar treatment plant. *Applied Water Science*, 9, 1-8.

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2015) - Détermination de la conductivité : méthode électrométrique. Docum. 115, 9 p.

Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût. (2007). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées : Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Chandrashekhara, A. H., Bangera, S. R., Shetty, V., Devadas, S. M., Bhagavath, P., & Ballal, M. (2019). A Study on the Physicochemical and Bacteriological Analysis of Sewage Water from Coastal Karnataka, India. *Journal of Gastrointestinal Infections*, 9(1), 11.

Chekireb, i., & koriche, a. Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologique des eaux usées traitées de la STEP Ouargla (Doctoral dissertation, universite kasdi merbah-ouargla).

Cote, M. (1991). Biskra. *Encyclopédie berbère*, (10), 1517-1522.

Craun, G. F., Brunkard, J. M., Yoder, J. S., Roberts, V. A., Carpenter, J., Wade, T., ... & Roy, S. L. (2010). Causes of outbreaks associated with drinking water in the United States from 1971 to 2006. *Clinical microbiology reviews*, 23(3), 507-528.

Craun, M. F., Craun, G. F., Calderon, R. L., & Beach, M. J. (2006). Waterborne outbreaks reported in the United States. *Journal of water and health*, 4(S2), 19-30.

CSHPF. (1995)., Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 22p.

Debabza M, 2005. Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba (Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar-Annaba).

Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O., & Durowoju, O. S. (2017). Household hazardous waste management in—Impact of wastewater on surface water quality in sub-Saharan Africa developing countries: A case study of South Africa. *Water Quality*, 18, 1-16.

Fagrouch, A., Berrahou, A., El Halouani, H., & Chafi, A. (2012). Etude d'impact des eaux usées de la ville de Taourirt sur la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued ZA. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (11).

Fagrouch, A., S. Amyay, A. Berrahou, H. El Halouani and H. Abdelmoumen (2010). Performances d'abattement des germes pathogènes en lagunage naturel sous climat aride: cas de la filière de traitement des eaux usées de la ville de Taourirt. *Afrique Science* 6 (3): 87-102.

Farhi, A. (2002). Biskra: de l'oasis à la ville saharienne (Note). *Méditerranée*, 99(3), 77-82.

Fathallah, Z., Elkharrim, K., Fath-allah, R., Hbaiz, E. M., Hamid, C., Ayyach, A., ... & Belghyti, D. (2014). Etude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière (CDM) a Sidi Yahia El Gharb (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521 9782*, (20).

Gaid, K. (2024). La réutilisation des eaux usées 1 : Caractéristiques, usages, applications, filtration et désinfection des eaux. ISTE Group.

Gbekley, E. H., Komi, K., Houedakor, K. Z., Poli, S., Kpoezou, K., Adjalo, D. K., ... & Adjoussi, P. (2023). The physico-chemical and bacteriological characterization of domestic wastewater in Adétikopé (Togo, West Africa). *Sustainability*, 15(18), 13787.

Ghemmit-Doulache, N., & Ouslimani, N. (2021). Water quality control of three sites at kedarra barrage. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 13(2), 965-981.

Guemmaz, F. (2023). Impact de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville de Biskra sur l'homme et l'environnement (Doctoral dissertation).

- Guemmaz, F., Neffar, S., & Chenchouni, H. (2019). Physicochemical and bacteriological quality of surface water resources receiving common wastewater effluents in drylands of Algeria. *Water Resources in Algeria-Part II: Water Quality, Treatment, Protection and Development*, 117-148.
- Habib, R., & El rhazi, O. (2007). Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Project de Fin d'études de Licence-SV, Université Cadi Ayyad–Marrakech (Maroc).
- Hajji, S., Ait Alla, A., Noureddine, S., Haddad, M. B., & Moukrim, A. (2021). Study of physicochemical and bacteriological quality of treated wastewater by the new Aourir plant (southwestern of Morocco) using activated sludge technology in a semi-arid region. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6).
- Hamdi, W., Touil, Y., & Ould el hadj, M. D. (2022). Influence de l'environnement sur la qualite des eaux domestiques de quelques localites de la cuvette de ouargla (sahara septentrional est algerien).
- Hassan, O., Mohammed, S., Mohammed, M., Lahcen, M., & Mohamed, A. (2018). Physicochemical and bacteriological characterization of raw sewage from the Meknes region Morocco. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 37, p. 02007). EDP Sciences.
- Indiana State Department of Health, 2009. Diseases Involving Sewage. <https://www.in.gov/isdh/22963.htm>.
- Jia, S., & Zhang, X. (2020). Biological HRPs in wastewater. In *High-risk pollutants in wastewater* (pp. 41-78). Elsevier.
- JORA (2009). Le Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. *Journal Officiel de la République Algérienne*. Algeria .
- JORA (2012). Décret exécutif n° 09-209 du 17 Joumada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. *Journal Officiel de la République Algérienne*. Algeria.

Karungamye, P., Rugaika, A., Mtei, K., & Machunda, R. (2023). Physicochemical and microbiological characterization and of hospital wastewater in Tanzania. *Total Environment Research Themes*, 8, 100075.

Karungamye, P., Rugaika, A., Mtei, K., & Machunda, R. (2023). Profils de résistance aux antibiotiques d'*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa* isolés des eaux usées hospitalières. *Microbiologie appliquée* , 3 (3), 867-882.

Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., ... & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater treatment and reuse: a review of its applications and health implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, 1-28.

Kiflay, E., Selemani, J., & Njau, K. (2021). Integrated constructed wetlands treating industrial wastewater from seed production. *Water Practice & Technology*, 16(2), 504-515.

Lebres, E. and F. Mouffok (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut of Pasteur of Algeria. Algeria.

Mabrouki Y, Taybi AF, Bensaad H, Berrahou A (2016) Spatiotemporal variability in the quality of running waters of the Oued Za (Eastern Morocco). *J Mater Environ Sci* 7(1):231–243.

Maciejewski, K. (2022). *Traitement des eaux usées dans les filtres plantés à écoulement vertical: Etude dynamique de l'azote dans les étapes du procédé et des limitations de la dénitrification* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).

Mahimoud, A., & Zerouala, M. (2010). L'impact des formes urbaines nouvelles sur le microclimat d'une ville appartenant au milieu aride—cas de la zhun ouest a Biskra—. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 81-88.

Merbouh, C., Belhsaien, K., Zouahri, A., & Iounes, N. (2020). Evaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Souterraines Au Voisinage De La Décharge Contrôlée Mohammedia-Benslimane:(Étude Préliminaire). *European Scientific Journal*, 16(6), 455-470.

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 (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Mouaki M.M., (2011), Evaluation de la pollution métallique des eaux usées dans les principaux sites des rejets (Chaabet Roba, Oued Biskra, Oued Zemour) de la ville de Biskra., diplôme d'ingénieur d'état en écologie et environnement., Université Mohamed Kheider. Biskra.

Moukar, M., & Labadi, K. Etude des performances de la station de traitement des eaux usées urbaines par lagunage de la ville de Ouargla (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

Nayan, S. B., Bari, Q. H., Debnath, P. K., & Saju, J. A. S. (2020, February). Performance study of pilotscale anaerobic-aerobic filter system for faecal sludge treatment. In *Proceedings of the 5th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2020)*, February. <https://www.researchgate.net/publication/339291807>.

Ndiaye, M. L. (2010). *Impacts des eaux usées sur la chimie et la microbiologie des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal)* Edition universitaires européenne.

Ngoulou, T. B., Moyen, R., Nguimb, E., Ahombo, G., & Matini, L. (2019). Study of the Physico-Chemical and Microbiological Parameters of Household Wastewater in Brazzaville. *International Journal of Environmental Science*, 4.

Obougou, T. A. E., Ateba, F. Y., Mindongo, D. N., Djamila, M., Tchapgnouo, J. G. N., & Ombolo, A. (2022). Physico-chimie et bactériologie des eaux du Lac Municipal d'Ebolowa (LME) et risques pour la santé humaine et environnementale. *Afrique SCIENCE*, 21(3), 76-88.

Okoh, A. I., Sibanda, T., & Gusha, S. S. (2010). Inadequately treated wastewater as a source of human enteric viruses in the environment. *International journal of environmental research and public health*, 7(6), 2620-2637.

OMS. (1979) -Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'Organisation Mondiale de la Santé, Copenhague, pp 168.

Potelon, J.-L. and K. Zysman (1998). Guide des analyses de l'eau potable. La Lettre du Cadre Territorial. France.

Ramade, F. (2008). Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod. France.

Rejsek, F. (2002). *Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques*. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

Robert, E., Kergoat, L., Soumaguel, N., Merlet, S., Martinez, J.-M., Diawara, M., & Grippa, M. (2017). Analysis of Suspended Particulate Matter and Its Drivers in Sahelian Ponds and Lakes by Remote Sensing (Landsat and MODIS): Gourma Region, Mali. *Remote Sensing*, 9(12), 1272.

Roche M, 1963, « Hydrologie de surface », Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer, Edition Gauthier-Villars, Paris.

Rodier J, Legube B, Merlet N (2009) L'analyse de l'eau 9th edn. Dunod, Paris.

Rodier, J., Bazin, C., Bourtin, J. P., Chambon, P., & Champsaur, H et Rodi L. (2005). et Rodi L. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Dunod. 8eme ed. Paris*.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. 1959. L'analyse de l'eau-9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod.

Rusydi, A. F. (2018, February). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 118, p. 012019). IOP publishing.

Ryder, G. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 : Les eaux usées : une ressource inexploitée.

Salama, Y., Chennaoui, M., Mountadar, M., Rihani, M., & Assobhei, O. (2013). The physicochemical and bacteriological quality and environmental risks of raw sewage rejected in the coast of the city of El Jadida (Morocco). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8(2), 39-48.

SEQ EAU, (2003). Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Grille d'évaluation SEQ-EAU version 2. MEDD & agence de l'eau. 40 p.

Wen, Y., G. Schoups and N. Van De Giesen (2017). Organic pollution of rivers: Combined threats of urbanization, livestock farming and global climate change. *Scientific reports* 7 (1): 1-9.

Annexes

Annexe 1. Tableau des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Temperature	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001

(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993

Annexe 2. Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur

(Journal Officiel de la République Algérienne, 1996)

Paramètre	Unité	Valeur limite JORA 1996
Conductivité	µs/cm	2000
Turbidité	NTU	5
Nitrate	mg/L	50
Nitrite	mg/L	0,1
Othophosphate	mg/L	0,5
NH4+	mg/L	0,5

Annexe 3. Tableau des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (OMS, 2013)

Paramètres	Normes de l'OMS
Coliformes totaux	5000 CT / 100 ml
Coliformes fécaux	2000 CF / 100 ml
Streptocoques fécaux	1000 SF / 100 ml
Clostridium sulfite-réducteur	/

Annexe 4. Tableau de MAC GRADY pour le calcul de l'NPP dans les dilutions (03 tubes/dilutions).

NC	NPP	NC	NPP
000	0.0	222	3.5
001	0.3	223	4
010	0.3	230	3
011	0.6	231	3.5
020	0.6	232	4
100	0.4	300	2.5
101	0.7	301	4
102	1.1	302	6.5
110	0.7	310	4.5
111	1.1	311	7.5
120	1.1	312	11.5
121	1.5	313	16
130	1.6	320	9.5
200	0.9	321	15
201	1.4	322	20
202	2	323	30
210	1.5	330	25
211	2	331	45
212	3	332	110
220	2	333	140
221	3		

Annexe 5. Dénombrement des coliformes totaux, et des coliformes fécaux

Test présomptif « Recherche des coliformes totaux »

Elle s'effectue en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol BCPL qui permet la recherche et dénombrement des coliformes par la fermentation du lactose et production du gaz, tous les tubes sont munis de cloches du Durham pour déceler le dégagement du gaz dans le milieu.

Ensemencement

03 tubes de 10 ml de bouillon de BCPL, à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser.

03 tubes de 10 ml de bouillon de BCPL, à simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser.

03 tubes de 10 ml de bouillon de BCPL, à simple concentration avec 1 ml de dilution à 1/10.

03 tubes de 10 ml de bouillon de BCPL, à simple concentration avec 1 ml de dilution à 1/100.

03 tubes de 10 ml de bouillon de BCPL, à simple concentration avec 1 ml de dilution

à 1/1000. Et ainsi de suite jusqu'à la dilution à 1/100000.

Incubation

Se fait dans l'étuve à 37°C pendant 48 heures.

Lecture

Après incubation, tous les tubes présentant une culture avec un virage du bouillon au jaune et un dégagement du gaz dans la cloche. Sont considérés comme positifs, c'est-à-dire pouvant contenir des coliformes totaux.

Dénombrement

Le nombre de tubes positifs dans chaque série est noté se reporte aux tables de NPP (Nombre le plus probable) pour obtenir le nombre de coliforme totaux présentes dans 100 ml d'eau (Rodier *et al.*, 2005).

Test confirmatif « Recherche des coliformes fécaux avec identification d'E-coli »

Ensemencement

A partir de chaque tube de bouillon BCPL positif pour la recherche des coliformes totaux ensementer de 2 à 3 gouttes dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham.

Incubation

Incuber à 44°C, pendant 24 heures.

Lecture

Après 24 heures d'incubation, les tubes où une pousse bactérienne est observée, avec un dégagement de gaz dans la cloche de Durham indique la présence de coliformes fécaux

Dans chaque tube de bouillon Schubert positif on ajoute quelques gouttes de réactif de Kovacs s'il ya apparition d'un anneau rouge c'est-à-dire la réaction d'indole positif avec les tubes qui présentent le gaz dans la cloche, cette observation indique la présence de l'E-coli.

Dénombrement

On note alors le nombre de tubes positifs dans chaque série et on reporte aux tables de NPP pour Obtenir le nombre d'E-coli présents dans 100 ml d'eau (Rodier *et al.*, 2005).

Annexe 6. Dénombrement des streptocoques fécaux

Test présumé

Pour la recherche de streptocoque on utilise le bouillon glucose à l'azide sodium milieu « Rothe ».

Ensemencement

03 tubes de 10 ml de milieu Rothe, à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser

03 tubes de 10 ml de milieu Rothe, à simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser.

03 tubes de 10 ml de milieu Rothe, à simple concentration avec 1 ml de dilution à 1/10 .

03 tubes de 10 ml de milieu Rothe, à simple concentration avec 1 ml de dilution à 1/100.

03 tubes de 10 ml de milieu Rothe, à simple concentration avec 1 ml de dilution à 1/1000.

Et ainsi de suite jusqu'à la dilution à 1/100000.

Incubation

Incuber les tubes à 37°C pendant 48 heures.

Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs, prévoyant un streptocoque fécal qui doit être soumis à un test confirmatif (Rodier *et al.*, 2005).

Test confirmatif

Ensemencement

A partir des tubes de bouillon de Rothe positifs ensemencer 2 à 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et l'acide de sodium (Eva-litsky).

Incubation

Incuber à 37°C pendant 24 heures

Lecture

Tous les tubes présentant un trouble microbien d'une part et d'une autre part pastille violette au fond de tube seront considérés comme positifs.

Dénombrement

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de NPP pour connaître le nombre de streptocoque fécaux présents dans 100 ml d'eau (Rodier *et al.*, 2005).

Annexe 7. Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

Destruction des formes végétatives

Placer 25 mL d'eau à analyser dans un tube de 220 x 22 mm. Le porter au bain d'eau à 80 °C $\pm$ 2 °C de façon à ce qu'il demeure dix minutes à cette température. Refroidir rapidement à environ 55 °C.

Preparation du milieu

Placer quatre tubes de milieu de culture (contenant chacun 20 mL de milieu) au bain d'eau bouillant pour assurer la fusion du milieu. Maintenir 10 minutes dans ce bain d'eau pour assurer l'élimination des gaz dissous Refroidir à 55 °C environ. Ajouter à chaque tube 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. Mélanger sans faire de bulles .

Inoculation et incubation

Dans quatre tubes stériles de 220 x 22 mm, répartir 5 mL d'eau traitée pour détruire les formes végétatives. Couler dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, mélanger doucement sans incorporer d'air.

Refroidir sous l'eau du robinet. Incuber à 37 °C. Faire une lecture après 24 heures, une deuxième après 48 heures.

Lecture et expression des résultats

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spores par 100 ml (Rodier *et al.*, 2005).

ملخص

بعد التلوث مشكلة خطيرة للبيئة بسبب تصريف مياه الصرف الصحي في البيئة دون أي معالجة مسبقة. تقوم هذه الدراسة بتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لوادي شعبة روبا (بسكرة، شمال شرق الجزائر) من خلال عينات شهرية من جانفي الى أفريل 2025، وتكشف النتائج عن وجود تلوث عضوي وكذلك تلوث بكتيري عالي يتجاوز معايير منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية ، مما يشير إلى تلوث برازي كبير. يشكل تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الأودية في المناطق القاحلة تهديدًا خطيرًا بالتلوث، مع عواقب صحية وبيئية كارثية، لذا فإن معالجة هذه المياه قبل تصريفها أمر ضروري لحماية النظم البيئية المائية.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، الخصائص البكتريولوجية، شعبة روبا (بسكرة)، التلوث.

Résumé

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets déversés dans la nature sans aucun traitement préalable. Cette étude évalue les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de l'Oued Chaâbet Roba (Biskra, nord-est algérien) via des prélèvements mensuels entre janvier et avril 2025, les résultats révèlent une présence de pollution organique aussi une forte contamination bactérienne dépassant les normes de l'OMS et de JORA, indiquant une pollution fécale significative. Le rejet d'eaux usées non traitées dans les oueds des régions arides constitue une grave menace de pollution, avec des conséquences sanitaires et environnementales désastreuses donc il est urgent de traiter ces eaux avant rejet pour protéger les écosystèmes aquatiques.

Mots clés : Eau usée, caractéristiques physicochimique, caractéristiques bactériologiques, Chaâbet Roba (Biskra), pollution.

Abstract

Pollution represents a serious problem for the environment due to discharges into nature without any prior treatment. This study evaluates the physicochemical and bacteriological characteristics of wastewater from Wadi Chaabet Roba (Biskra, northeastern Algeria) via monthly samples between january and april 2025, the results reveal a presence of organic pollution as well as strong bacterial contamination exceeding world health organization and official jornal of the Algerian Republic standards, indicating significant fecal pollution. The discharge of untreated wastewater into Wadis in arid regions constitutes a serious pollution threat, with disastrous health

and environmental consequences, so it is urgent to treat this water before discharge to protect aquatic ecosystems.

Keywords: *Wastewater, physicochemical characteristics, bacteriological characteristics, Chaabet Roba (Biskra,) polluti*



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025
Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) : GUELLOUH SEL SABIL / KHIRANI HANANE	لقب و اسم الطالب (ة) : قلاج يسلميل / خيراني هناد
La mention/tقدير Bien	Note(علامة) (20) 15.66
L'intitulé de mémoire/المذكورة عنوان Analyse environnementale des effluents urbains de Biskra: approche physico-chimique et bactériologique du site de Chaabet Raba	

تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur

Déclaration : Je soussigné (e), (grade) M.C.(B)...à l'université de....., avoir examiné intégralement ce memoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées	تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله Guemmas Fatma بجامعة M.C.(B) Biskra أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة
--	--

Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie	قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة												
<table border="1"> <tr> <td>acceptable مقبول</td> <td>ordinaire عادي</td> <td>bien حسن</td> <td>très bien جيد جدا</td> <td>excellent ممتاز</td> <td>exceptionnel متميز</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A+</td> </tr> </table>	acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز	E	D	C	B	A	A+	
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز								
E	D	C	B	A	A+								



الأستاذ المشرف

Guemmas

التاريخ
2025 / 06 / 18

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire