



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

Référence / 2021

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :
KHAMLA Madjda Khadidja

Le : lundi 28 juin 2021

L'évolution des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour)

Jury :

Mme. ACHOUR Hanane	MAB	UMKB	Président
M. GUEMMAZ Fateh	MAA	UMKB	Rapporteur
M. ZEROUAL Samir	MCB	UMKB	Examineur

Année universitaire : 2020 - 2021

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH** le tout **puissant** et le tout **Miséricordieux**, je m'avois permis la concrétisation de cette étude, en me donnant la santé, et la force pour y arriver en fin.

J'exprime aussi, toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire **Monsieur GUEMMAZ FATEH** pour avoir voulu de m'encadrer et pour son aide qui se résume dans ses observations pertinentes, conseils, et sa disponibilité.

J'adresse mes remerciements, aux **membres de jury**, président et examinateur, pour l'attention qu'ils ont voulu montrer à l'égard de ce modeste travail par leur implication à juger et à enrichir par leur savoir cette étude.

Il y a lieu aussi, de remercier tous les professeurs de département de la Biologie, Université Mohamed Khider-Biskra par leur précieuse aide qui a contribué à ma formation durant toute la durée de ma scolarité.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement,

A mon cher père, qui m'a entouré d'amour, d'affection, et qui fait tout pour ma réussite.

Grace à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité.

A la lumière de mes jours Ma Mère, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières.

A mes chers frères MOHCEN & IBRAHIM

A ma Belle Sœur MIMA

A ma source d'énergie Mon Neveu KARIM

A mon âme sœur ma copine d'enfance TELDJA MADINA, pour son encouragement permanent et son soutien moral.

Aussi, je dédie ce travail à mon cher ami ABDELHAKIM GOUTTAYA qui m'a beaucoup aidé. Et à tous mes amis avec lesquels je partage tous les souvenirs inoubliables.

MADJDA KHADIDJA

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières	
Liste des tableaux	I
Listes des figures	II
Listes des abréviations	III
Introduction	1
Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées	3
1.1. Définition des eaux usées	3
1.2. Types et l'origine des eaux usées	3
1.2.1. Origine domestique :	4
1.2.2. Origine Agricole :	4
1.2.3. Origine industrielle :	4
1.2.4. Origine pluviale :	5
1.3. Caractéristiques des eaux usées	5
1.3.1. Paramètres physiques	5
1.3.2. Paramètres chimiques	6
1.3.2.1. Potentiel hydrogène (pH)	6
1.3.3. Paramètre organoleptique	8
1.3.4. Paramètres Bactériologiques	9
Chapitre 2 : Matériel et méthode	11
2.1. Présentation de la wilaya de Biskra	11
2.1.1. Situation géographique	11
2.1.2. Caractéristiques climatiques	11
2.2. Présentation du site étudié	14
2.2.1. Oued Z'mour :	14
2.3. Échantillonnage de l'eau	14
2.4. Matériels et méthodes d'analyse.....	15
2.4.1. Analyse des paramètres physico-chimiques :	15
2.4.2. Analyse des paramètres bactériologiques	18
Chapitre 3 : Résultats et discussion	21
3.1. Paramètres physico-chimiques	21

3.1.1. Température	21
3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	21
3.1.3. Conductivité électrique	22
3.1.4. Turbidité.....	23
3.1.5. Orthophosphate	23
3.1.6. Oxygène dissous :	24
3.1.7. Matière en suspension.....	24
3.1.8. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO5) :	25
3.1.9. Demande chimique en oxygène (DCO) :.....	26
3.1.10. Nitrite NO ₂ -	26
3.1.11. Nitrate NO ₃ -	27
3.1.12. Ammonium (NH ₄ ⁺).....	28
3.2. Paramètres bactériologiques	28
3.2.1. Les coliformes fécaux	28
3.2.2. Escherichia coli	29
3.2.3. Streptocoques fécaux	30
3.2.4. Clostridium sulfo réducteur	30
3.3. L'interprétation des résultats	31
Conclusion.....	36
Bibliographie.....	37
Annexes	41
Résumés.....	42

Liste des tableaux

Tableau 1. Méthodes utilisées dans les analyses physico-chimiques des eaux usées urbaines de la ville de Biskra.....	16
Tableau 2. Méthodes utilisées dans les analyses bactériologiques des eaux usées urbaines de la ville de Biskra.....	19
Tableau 3. Résultats de paramètres physico chimiques des eaux usées de Oued Z'mour.....	20
Tableau 4. Résultats de paramètres bactériologiques eaux usées de Oued Z'mour.....	20

Listes des figures

Figure 1. Les coliformes fécaux	9
Figure 2. Escherichia coli	10
Figure 3. Localisation de la ville de Biskra	11
Figure 4. Températures moyennes des minima, des maxima et des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1984- 2014).	12
Figure 5. Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période (1984-2014) (Djennane, 2016).	13
Figure 6. Humidité relative moyenne en (%) de la région de Biskra durant la période(1984-2014) (Djennane, 2016).	14
Figure 7. Les rejets de Oued Z'mour	15
Figure 8. les valeurs de température au niveau de Oued Z'mour durant les six mois	21
Figure 9. les valeurs de pH au niveau de Oued Z'mour	22
Figure 10. les valeurs de la conductivité électrique au niveau de Oued Z'mour	22
Figure 11. les valeurs de la turbidité au niveau de Oued Z'mour	23
Figure 12. les valeurs de l'orthophosphate au niveau de Oued Z'mour	23
Figure 13. les valeurs de l'oxygène dissous au niveau de Oued Z'mour durant les 6 mois ...	24
Figure 14. les valeurs de la matière en suspension au niveau de Oued Z'mour	25
Figure 15. les valeurs de DBO5 au niveau de Oued Z'mour	25
Figure 16. les valeurs de DCO au niveau de Oued Z'mour	26
Figure 17. les valeurs de NO ₂ ⁻ au niveau de Oued Z'mour	27
Figure 18. les valeurs de NO ₃ ⁻ au niveau de Oued Z'mour	27
Figure 19. les valeurs de NO ₄ ⁺ au niveau de Oued Z'mour	28
Figure 20. les valeurs de les coliformes fécaux au niveau de Oued Z'mour	29
Figure 21. les valeurs de Escherichia coli au niveau de Oued Z'mour	29
Figure 22. les valeurs de les Streptocoques fécaux au niveau de Oued Z'mour	30
Figure 23. les valeurs de Clostridium sulfo réducteur au niveau de Oued Z'mour	31

Listes des abréviations

CE :	Conductivité électrique
CF :	Coliformes fécaux
CT :	Coliformes totaux
SF:	Streptocoque fécaux
DBO5 :	Demande biologique en oxygène
DCO :	Demande chimique en oxygène
E. coli :	Escherichia coli
JORA :	Journal Officiel de la République Algérienne
MES :	Matières en suspension
N:	Azote
NH4+:	Ammonium
NO2-:	Nitrites
NO3- :	Nitrates
NTU :	Nephelometric Turbidity Unit
NPP :	Nombre le plus probable
UFC :	Unités formant colonie
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
P :	Phosphore
pH :	Potentiel hydrogène
PO43-:	Orthophosphates
T :	Température

Introduction

L'eau est un élément primordial à la vie, que soit pour l'homme ou les autres êtres vivants, comme, Allah nous l'a si bien enseigné dans le saint Coran [**ET FAIT DE L'EAU TOUTE CHOSE VIVANTE**].

L'eau est une ressource rare et précieuse, notamment dans les régions chaudes et arides, Dans ces régions, les eaux souterraines jouent un rôle crucial pour les pays en développement, car elles constituent souvent la seule source d'eau potable et d'eau d'irrigation. Cette eau est donc vitale pour le développement socio-économique de ces régions. Cependant, cette eau est fortement exposée à altération et sérieusement menacée par différentes activités humaines (**Guemmaz, et al., 2019**). Nous savons que dans ces régions, l'eau a tendance à s'évaporer rapidement lors des périodes chaudes. Ceci se traduit par un déficit en eau, aussi bien pour l'homme, que pour le bétail ou bien pour l'agriculture.

Dans la mesure où la wilaya de Biskra, objet de notre présente étude, a connu un développement démographique et industriel et agricole considérables ces dernières années, en ce sens qu'ils utilisent beaucoup d'eau et rejettent énormément de déchets. Pour pallier à ce déficit, l'homme doit absolument récupérer cette eau, des eaux usées rejetées au niveau des oueds, et ce par les procédés d'épuration. Pour ce, il est impératif de protéger ces oueds des déchets fécaux et industriels.

Les eaux usées peuvent être chargées par des nombreux polluants et constituent des milieux parfois très complexes. L'analyse de ces eaux usées permet d'identifier les substances indésirables qu'on doit éliminer a priori lors d'un traitement d'épuration. La charge en agents polluants dans une eau peut être évaluée à partir de certains paramètres comme la température, le pH, les matières en suspension, ...etc.

Le but de ce travail est de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour) et les comparer aux normes du Journal Officiel de la République Algérienne JORA et de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Ce mémoire, comporte trois chapitres, dont le premier chapitre portera sur les généralités des eaux usées.

Le second prend en charge le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude et les méthodes adéquates.

Le troisième chapitre sera consacré aux résultats issus des analyses physico-chimiques et bactériologiques des paramètres analysés et à leur discussion et enfin une conclusion, dans laquelle, nous terminons notre étude seront récapitulés les principaux résultats obtenus.

Partie Théorique

Chapitre 1 :

Généralités sur les eaux

usées

« La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des Propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit», selon **Metahri (2012)**.

1.1. Définition des eaux usées

Rejsek (2002) a défini les eaux usées comme suit : Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine.

De même, **Grosclaude (1999)** a également défini les eaux usées de cette manière : Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.

En parallèle **Selghi (2001)** a fait savoir que les eaux usées sont altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs.

1.2. Types et l'origine des eaux usées

D'après **Rodier et al. (2005)**, nous pouvons classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaine constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines. Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et par les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables.

Ainsi, **Grosclaude (1999)**, a déclaré qu'une eau usée est une eau rejetée après usage industriel, domestique ou agricole.

Donc, suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, nous pouvons distinguer quatre (04) catégories d'eaux usées :

1.2.1. Origine domestique :

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines: urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains, et ce selon **Dupont (1981)**.

1.2.2. Origine Agricole :

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

Ces affirmations ont été dites par **Grosclaude (1999)**.

1.2.3. Origine industrielle :

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée.

Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. (**Rodier et al. 2005**). Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui, tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. Il a été fait un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- ✓ Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...);
- ✓ Pollution due aux matières en solution minérale (usine de décapage, galvanisation...);
- ✓ Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...);
- ✓ Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...);
- ✓ Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires...) (**Abibsi, 2011**).

1.2.4. Origine pluviale :

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. Ce constat a été fait par **Metahri (2012)**.

1.3. Caractéristiques des eaux usées

Pour ce volet nous allons voir les principaux paramètres physicochimiques et bactériologiques analysés au cours de la partie expérimentale.

1.3.1. Paramètres physiques

1.3.1.1. La Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc....(**Rodier et al, 2005**).

1.3.1.2. La matière en suspension (MES)

La pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en

suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s, selon ce qu'à affirmé **Rejsek (2002)**.

1.3.2. Paramètres chimiques

1.3.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

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

1.3.2.2. La conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est reliée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique et colloïdale.

Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu (**Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2015**).

1.3.2.3. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O_2/l (**Rejsek, 2002**).

1.3.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelque soit leur origine organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation, et ce selon (**Rodier, 2005**).

Quant à **Rejsek (2002)**, il a estimé que la DCO est la concentration, exprimée en mg.L⁻¹, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme.

1.3.2.5. Demande biologique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (**Rodier, 2005**).

Selon **Rejsek (2002)**, la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

➤ Différence entre DCO et DBO

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

1.3.2.6. L'azote :

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

1.3.2.7. Les nitrites (NO₂-) :

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

nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Elles constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations, et la toxicité augmente avec la température, selon **Rodier, (2005)**.

1.3.2.8. Les nitrates (NO₃-) :

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

1.3.2.9. L'azote ammoniacal :

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH₄⁺) et non ionisées (NH₃) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH₃) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH₄⁺). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



1.3.2.10. Le phosphore:

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : Le métabolisme humain, et les détergents.

Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation, comme stipulé par **Rejsek (2002)**.

1.3.3. Paramètre organoleptique

1.3.3.1. La turbidité :

C'est la mesure du caractère trouble de l'eau ou la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines. Elle se mesure par un turbidimètre et s'exprime en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (**Hadji et al., 2010**).

1.3.3.2. La couleur :

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (Rejesk, 2002)

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quant les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration, comme affirmé par Rodier *et al.*, (2005).

1.3.4. Paramètres Bactériologiques

La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes tels que des virus, des parasites ou des bactéries. Elle est généralement liée à une contamination d'origine fécale, qui présente un risque pour la santé humaine et animale.

1.3.4.1. Les bactéries coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes que nous retrouvons partout dans notre environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins de mammifères, dont les êtres humains. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux. Certains groupes de coliformes se retrouvent dans les excréments des animaux à sang chaud, ce sont les coliformes fécaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien (coliformes fécaux) est l'*Escherichia coli*.

- A. Les coliformes fécaux :** Il s'agit d'un sous-groupe des coliformes totaux renfermant toutes les espèces bactériennes et faisant partie de la famille des Entérobactéries qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, a sporulées, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44.5°C sur une gélose contenant du lactose. (Fig.1) (Hadji *et al.*, 2010)



Figure 1. Les coliformes fécaux

B. *Escherichia coli* (E. Coli) : Appelée aussi colibacille, il s'agit d'une bactérie présente de façon naturelle dans le tube digestif de l'être humain et de nombreux animaux. Elle est en temps normal non pathogène c'est-à-dire non responsable d'infection, mais peut le devenir dans certaines conditions (**Hordé, 2014**). L'E. Coli appartient à la famille des Entérobactéries. Il s'agit d'un bacille Gram négatif, en forme de bâtonnet, a sporulé, qui peut se déplacer au moyen de flagelles ou être non mobile (**Fig. 2**).



Figure 2. *Escherichia coli*

1.3.4.2. Streptocoques fécaux

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

1.3.4.3. Les clostridiiums sulfito-réducteurs

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

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al., 2012**).

Partie expérimentale

Chapitre 2 :

Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la wilaya de Biskra

2.1.1. Situation géographique

La ville de Biskra se situe au sud - est de l'Algérie, plus exactement au pied sud de la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien, qui constitue la limite entre le nord et le sud de l'Algérie, elle occupe une superficie de 21.671 Km² et a une population de 73 k habitants avec une densité de 34 habitants/km². , son altitude est de 128 mètre par rapport au niveau de la mer. Elle est caractérisée par un climat saharien, agréable en hiver, et chaud et sec en été. La wilaya de Biskra est limitée au Nord par la wilaya de Batna et M'Sila, au Sud par la wilaya de Ouargla et El-Oued, à l'Est par la wilaya de Khenchela et à l'Ouest par la wilaya de Djelfa. Elle est traversée par oued "Sidi Zarzour" qui descend des Aurès et qui va jusqu'à Chot Melrir au sud est de la wilaya. (Guemmaz *et al.*, 2019).

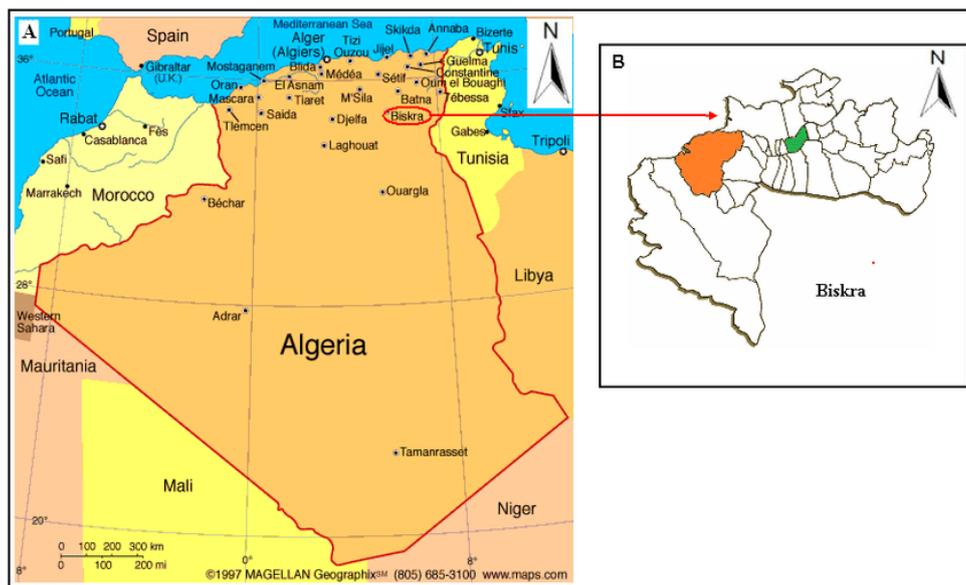


Figure 3. Localisation de la ville de Biskra (Anonyme)

2.1.2. Caractéristiques climatiques

2.1.2.1. Les températures :

Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale, les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques. La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de fait les mares, les suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec la

température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration. (Ozenda, 1991).

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. (Ramade, 2003).

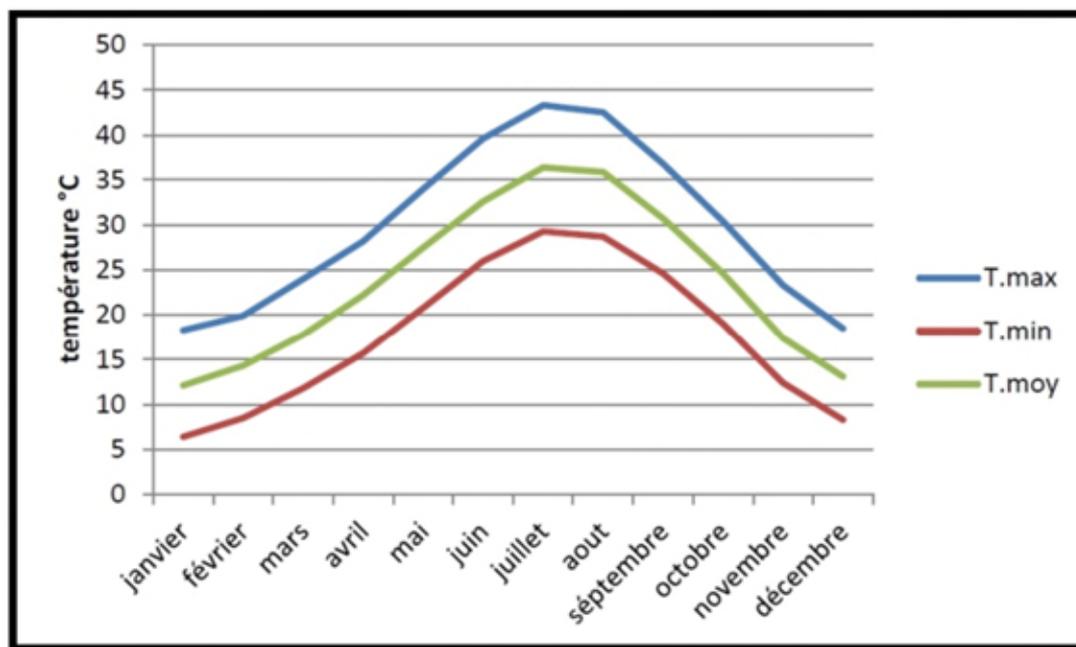


Figure 4. Températures moyennes des minima, des maxima et des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1984- 2014).

D'après la figure (2); la région de Biskra est caractérisée par de fortes températures qui sont enregistrées entre le mois le plus chaud qui est Juillet avec un maximum de 43.3C° et le mois le plus froid Janvier avec un minimum de 6.4 C° et la moyenne annuelle est de 23.7C°. (Djennane, 2016)

2.1.2.2. La pluviométrie

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement. (Ramade, 2003).

Les résultats des précipitations moyennes mensuelles durant la période 1984-2014 représenté dans la figure suivante :

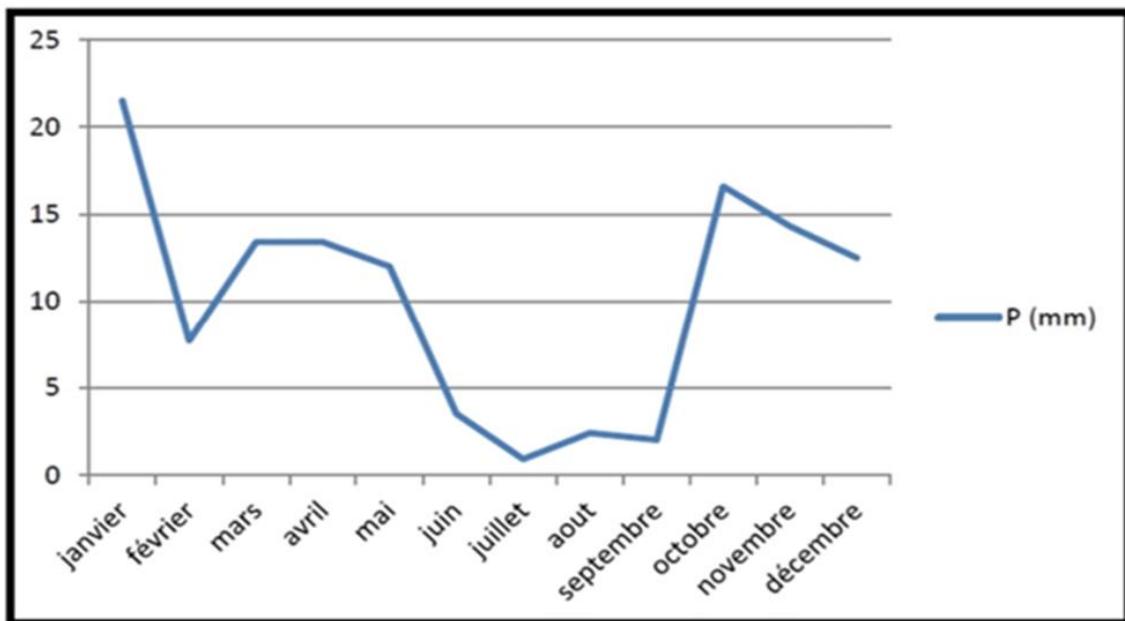


Figure 5. Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région de Biskra durant la période (1984-2014) (Djennane, 2016).

Les données illustrées dans la figure ci-dessus nous montrent que la région de Biskra à une pluviométrie, une moyenne mensuelle de 10 mm. Le mois de Janvier est le plus pluvieux avec un maximum de 21.5mm. Cependant, la période sèche s'étale de juin à septembre avec minimum de 0.9mm en Juillet.

2.1.2.3. L'évaporation :

L'évaporation est liée en principe à la température, et puisque la ville de Biskra est située en une région chaude, la quantité d'eau évaporée est plus au moins grande.

2.1.2.4. L'humidité relative :

L'humidité relative au Sahara est faible, souvent inférieure à 20% ou 30% pendant l'été et s'élève à 50 et 60%parfois davantage (Ozenda, 1991).

Les données qui sont représenté dans la **figure (6)** montrent un taux élevé pendant le mois de Décembre avec 59.1 % par contre le taux d'humidité la plus faible est au mois Juillet avec 25.6 % ce qui caractérise le climat aride de la région de Biskra.

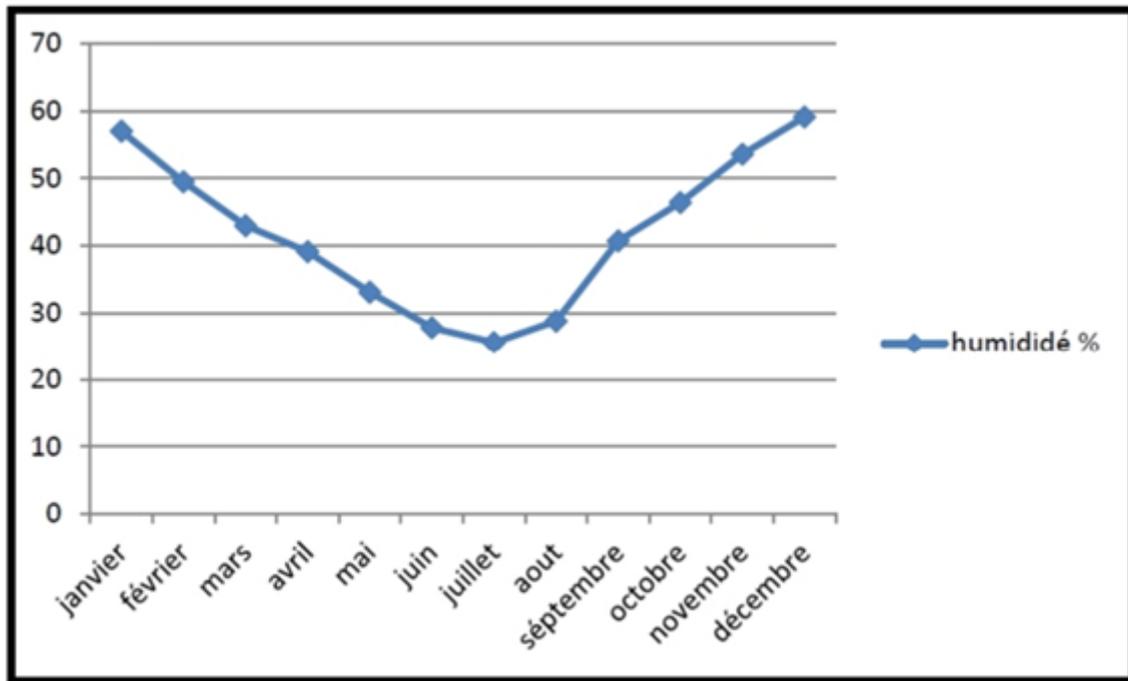


Figure 6. Humidité relative moyenne en (%) de la région de Biskra durant la période (1984-2014) (Djennane, 2016).

2.2. Présentation du site étudié

2.2.1. Oued Z'mour :

Situé à l'ouest de la ville de Biskra, il traverse les montagnes d'El-Corab à un endroit appelé Foum Mawya. Il est alimenté le long de son cours par les oueds de Hammam, Hassi Mabrouk, El Tera, et Leham. Il est caractérisé par des conduits de décharge d'un diamètre de 1,5 m et d'une pente de 1,5 %. Il collecte les eaux usées du secteur ouest de la ville de Biskra, qui comprend la zone industrielle, le centre de formation, et la cité des 726 logements.

2.3. Échantillonnage de l'eau

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- Le choix convenable du point d'échantillonnage.
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- Le transport direct de l'échantillon



Figure 7. Les rejets de Oued Z'mour

Des échantillons d'eau ont été prélevés chaque mois de janvier à juin 2021. Pour ce site l'eau prélevée à plusieurs points d'échantillonnage a été conservée dans deux bouteilles en verre stérilisées d'une capacité de 500 ml. Placés dans des boîtes isothermes à une température de 4°C, les échantillons ont été immédiatement transportés au laboratoire pour la réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

2.4. Matériels et méthodes d'analyse

Plusieurs séries d'analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées été effectués. Ces analyses, réalisées au niveau du LABORATOIRE D'HYGIENNE DE BISKRA ET LABORATOIRE DU CRSTRA permettront la connaissance de la nature de la charge polluante existante dans l'eau et de sa variation.

2.4.1. Analyse des paramètres physico-chimiques :

La qualité de l'eau a été déterminée en mesurant plusieurs paramètres physicochimiques en utilisant des procédures standard d'analyse de l'eau (**Bouaroudj et al., 2019**) ; (**Rodier et al., 2009**) ; (**Potelon & Zysman (1998)**).

Les échantillons d'eau ont subi les mesures suivantes : température, pH, conductivité électrique (CE), turbidité, matières solides en suspension (SSM), oxygène dissous (DO), demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5), demande chimique en oxygène (DCO), et concentrations de nitrite (NO₂-), de nitrate (NO₃-) et d'azote ammoniacal (NH₃-N). Les procédures analytiques de ces paramètres physico-chimiques sont résumées dans le tableau 1 :

Tableau 1. Méthodes utilisées dans les analyses physico-chimiques des eaux usées urbaines de la ville de Biskra

Paramètre d'analyse	Description de la méthode	Références
Azote ammoniacal NH ₄	Spectrométrie manuelle λ=425 n m	ISO 7150\1984
Nitrites NO ₃	Spectrométrie d'absorption moléculaire λ=640 nm	ISO 6777\1984
Nitrates NO ₂	Spectrométrie au λ=420 nm	ISO 7890\1986
Ortho phosphate	Spectrométrie à λ=430 nm	ISO 6378\1983
Matière en suspension	Spectrométrie à λ=810 nm	NA 6345
Demande biochimique en oxygène DBO ₅	Dilution et ensemencement	ISO 5815\1989
Demande chimique en oxygène DCO	Oxydation par excès de KMNO ₄ en milieu sulfurique à ébullition	ISO 6060\1984
Oxygène dissous O ₂	Spectrométrie à λ=535 nm	NA 1654 ISO 5814\1994
Turbidité	Spectrométrie à λ=450 nm	ISO 7027\1994 NA 746
Température	Électrode V10	CONSORT 535
pH	Electrode storage bottle KK2 _{SP} 10 B	CONSORT 535

2.4.1.1. Détermination de la température, de pH et de la conductivité

Les mesures de la température (T), du pH et de la conductivité électrique (CE) sont effectuées à l'aide d'un Multimètre. Les sondes des mesureurs sont introduites dans un bécher de 100 ml contenant de l'eau à analyser. La lecture est faite après stabilisation des valeurs de T, pH et CE.

2.4.1.2. Détermination de l'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous est effectuée à l'aide d'un mesureur O₂, dont la sonde de l'oxymètre est introduite dans un bécher de 600 ml contenant l'échantillon d'eau. Le résultat à marquer est la valeur enregistrée sur l'afficheur de l'appareil après stabilisation.

2.4.1.3. Détermination des matières en suspension

La méthode utilisée pour la détermination de MES est la filtration.

2.4.1.4. Détermination de la turbidité

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident (**Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2016**).

2.4.1.5. Détermination de la DBO₅

La DBO₅ est déterminée par la méthode de dilution et incubée à -20°C et à l'obscurité dans un incubateur de type TS 606/02. La DBO₅ est mesurée au bout de 5 jours (=DBO₅). Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert la mesure de la concentration initiale en O₂, le second à la mesure de la concentration résiduaire en O₂ au bout de 5 jours. La DBO₅ est la différence entre ces 2 concentrations (**Salama et al., 2012**).

2.4.1.6. Détermination de la DCO

La détermination de la DCO s'effectue par dosage colorimétrique avec le bichromate de potassium.

2.4.1.7. Détermination de Les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les orthophosphates

Les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les orthophosphates sont analysés par des méthodes colorimétriques à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible de type ANACHEM. Les ions nitrates sont dosés par la méthode de salicylate. Les ions nitrites par la diazotation de l'acide sulfanilique et sa complexation avec α -naphtylamine. Les ions ammonium par le réactif molybdique. (**Salama et al., 2012**).

2.4.2. Analyse des paramètres bactériologiques

La détection des coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF), des streptocoques fécaux (FS) et des Clostridia sulfito-réducteurs (SRC) a été effectuée à l'aide de méthodes microbiologiques standard (**Rodier, 2009**). Les paramètres bactériologiques ont été déterminés par la méthode du nombre le plus probable (NPP). Cette méthode consiste à inoculer, à l'aide de dilutions décimales appropriées de l'échantillon à analyser, une série de tubes contenant le milieu nutritif pour la détection de la flore totale (**Belghiti et al., 2013**). Après incubation à 37°C pendant 24 heures, les tubes turbides sont considérés comme positifs. La contamination fécale a été évaluée en comptant les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

2.4.2.1. Coliformes Fécaux

Les coliformes fécaux ont été déterminés et dénombrés après culture dans une double concentration de lactose violet de bromocrésol avec Durham. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24 h (test de présomption).

2.4.2.2. Streptocoques fécaux

La détection de SF a été effectuée sur milieu de Rothe à 37°C pendant 24 heures (test de présomption). A partir des tubes de Rothe positifs, une sous-culture a été ensuite sur milieu Litsky à 37°C pendant 24 heures (test de confirmation) (**tableau.2**). Pour FC et FS, le test de présomption et le comptage ont été effectués selon la méthode NPP.

Ce nombre a été déterminé après la culture d'un certain nombre d'échantillons et/ou la dilution de ces échantillons, tandis que l'estimation était basée sur le principe de la dilution jusqu'à extinction (**Belghiti et al., 2013**).

2.4.2.3. Clostridia sulfito-réducteurs

Les espèces Clostridia sulfito-réducteurs ont été détectées sur un milieu agar contenant de la viande, du foie et des additifs minéraux (sulfate de fer(III) dodécahydraté d'ammonium et sulfate de fer) (**Rodier et al., 2009**). Après 24-48 h d'incubation, ces bactéries donnent des colonies typiques et réduisent le sulfite de sodium (Na_2SO_3) du milieu en sulfure qui réagit avec le Fe^{2+} et donne du FeS (Na_2SO_3). Fe^{2+} et donne du FeS (sulfure de fer) de couleur noire (**Lebres et Mouffok, 2008**).

Tableau 2. Méthodes utilisées dans les analyses bactériologiques des eaux usées urbaines de la ville de Biskra

Paramètre analytique	Description de la méthode	Référence
<i>Coliformes fécaux</i> <i>E.coli</i>	Milieu présomptif : double concentration de lactose, bromocrésol violet avec Durham ; incubation à 37°C pendant 24 h. Milieu de confirmation : Test de MacKenzie ; eau peptonée exempte d'indole ; incubation à 40°C	(Rodier, J., et al., 2009) (Lebres EA et Mouffok F 2008)
<i>Streptocoques fécaux</i>	Milieu présomptif : Rothe (D/ C) Rothe (S/ C)	(Rodier, J., et al., 2009)
<i>Clostridium sulfitoréducteur</i>	Milieu gélose contenant de la viande, du foie et additifs minéraux (fer ammoniacal (III) sulfate dodécahydraté et sulfate de fer)	(Rodier, J., et al., 2009)

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour) déterminés à partir de prélèvements mensuels effectués entre janvier jusqu'au juin 2021 sont illustrés par les Tableaux 3 et 4.

Tableau 3. Résultats de paramètres physico chimiques des eaux usées de Oued Z'mour

Paramètres	Périodes	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Moyenne
PH		7,5	7,01	7,8	7,2	8	7,9	7,57
Température C°		13	15,7	24,2	20	22	26	20,15
Conductivité		2900	2700	4400	2570	1400	7700	3611,67
Turbidité		170	138	101	87	90	160	124,33
Orthophosphate		3	1,7	17,8	10,2	21	43,5	16,2
Oxygene Dissous		2,5	1,85	3	3,4	3,5	9,8	4,01
MES (mg/L)		2,05	1,7	0,63	0,3	0,6	0,9	1,03
DBO5 (mg/L)		150	45	90	250	160	145	140
DCO (mg/L)		160	90	105	270	180	160	160,83
NO ₂ - (mg/L)		1,03	0,95	0,09	4,8	0,9	1	1,46
NO ₃ - (mg/L)		5,01	4,05	0,34	11,12	1,9	2,5	4,15
NH ₄ ⁺ (mg/L)		16	15,08	18,6	17,75	14	16	16,24

Tableau 4. Résultats de paramètres bactériologiques eaux usées de Oued Z'mour

Paramètres	Périodes	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Moyenne
coliforme fecaux		21000	43000	54000	68000	75500	80000	56916,67
Ecoli		2800	5400	8300	3600	7600	8900	6100
strptocoque fecaux		2790	1500	5400	4900	5100	630	3386,67
clostridium sulforeducteur		401	390	900	480	540	2600	885,17

3.1. Paramètres physico-chimiques

3.1.1. Température

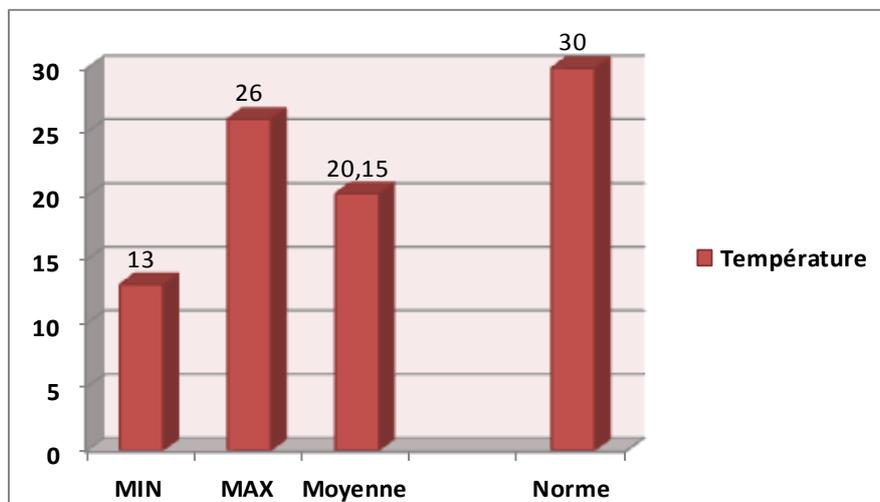


Figure 8. les valeurs de température au niveau de Oued Z'mour durant les six mois

La température des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour) oscille entre 13°C et 26 °C avec 20,15°C comme valeur moyenne. Les températures moyennes enregistrées sont inférieures à 30 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le **JORA (2006)**.

Les températures les plus basses ont été enregistrées pendant le mois de janvier et les plus élevées au mois de juin.

3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Les valeurs de pH de l'eau dans l'oued de Z'mour observées dans le tableau 3 et la figure 9 oscillent entre 7,01 à 8 avec 7,57 comme étant la valeur moyenne. Le pH a oscillé entre des valeurs voisines de la neutralité vers des valeurs acides.

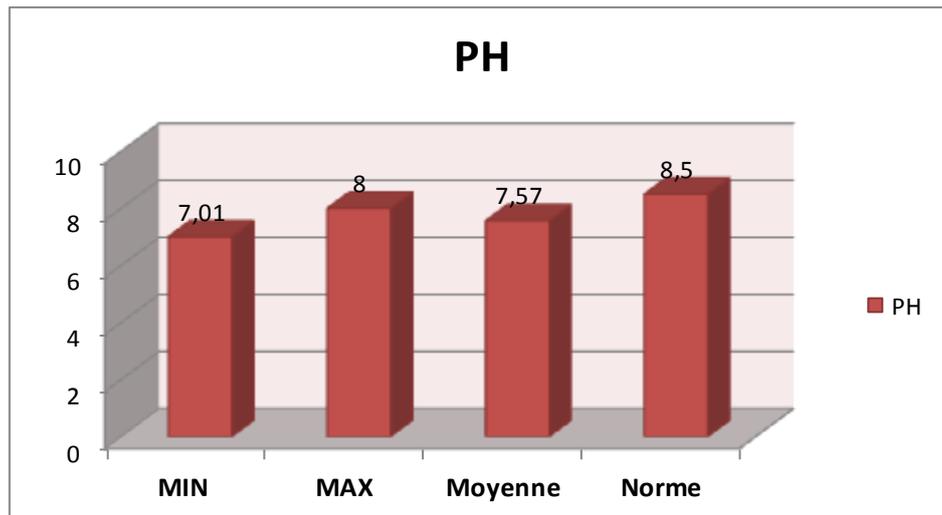


Figure 9. les valeurs de pH au niveau de Oued Z'mour

3.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique a pour but de contrôler la qualité des eaux usées, et elle traduit le degré de minéralisation globale, de plus elle nous renseigne sur le taux de salinité des eaux.

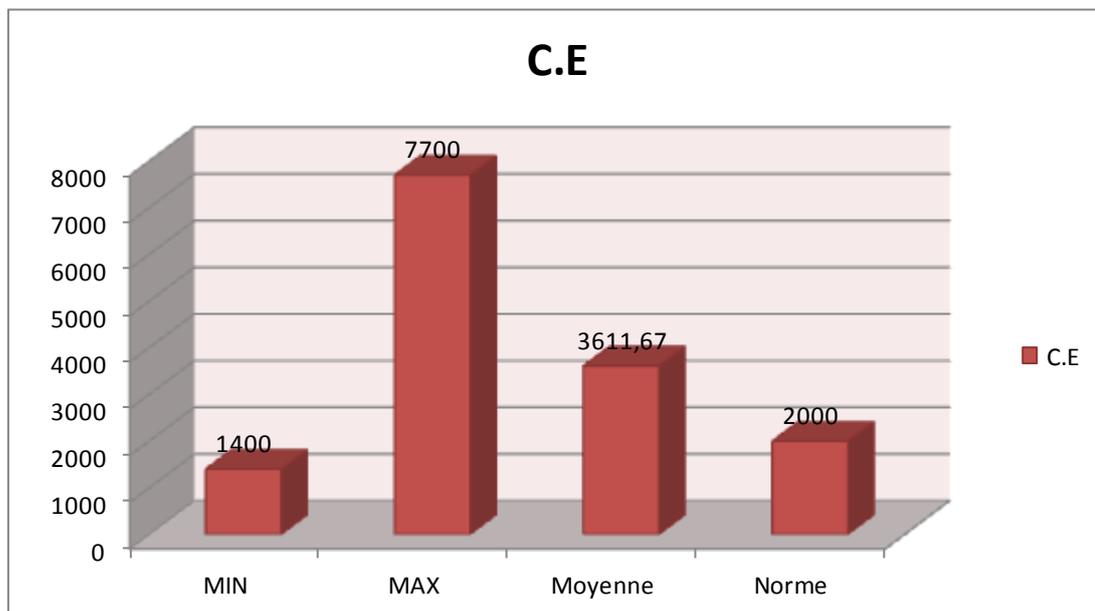


Figure 10. les valeurs de la conductivité électrique au niveau de Oued Z'mour

Dans les eaux usées de Oued Z'mour, les valeurs de la conductivité électrique sont entre 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme une valeur minimale et 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme une valeur maximale avec 3611,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur moyenne (**Tableau 3**). Ces résultats élevés sont nettement supérieur a la valeur limite des rejets (**WHO, 2011**), ce qui nous conduit à dire que ces eaux usées sont très minéralisées.

3.1.4. Turbidité

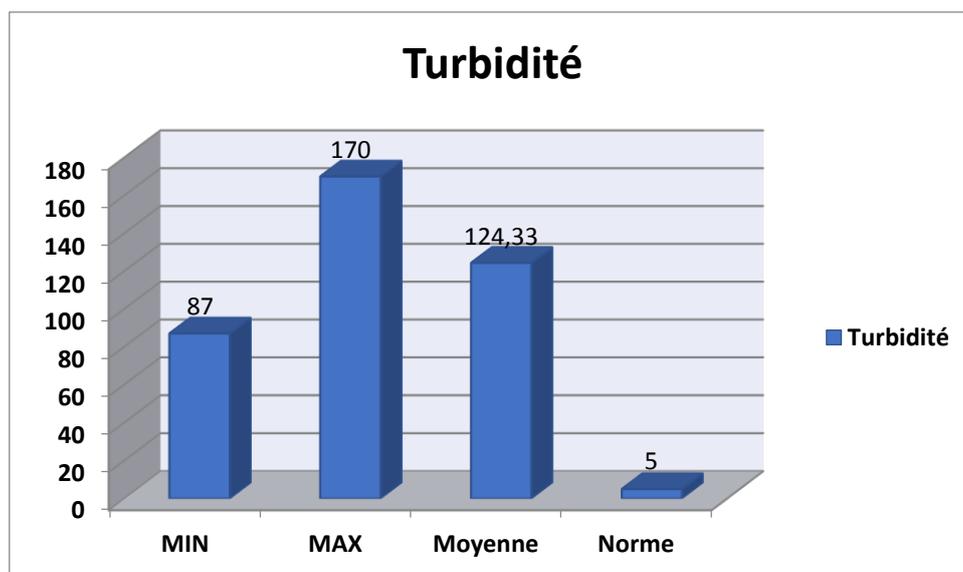


Figure 11. les valeurs de la turbidité au niveau de Oued Z'mour

La turbidité des échantillons d'eau de Oued Z'mour est comprise entre 87 NTU et 170 NTU avec une valeur moyenne de 124,33 NTU (**Tableau 3**). Ces résultats sont très élevés considèrent que la norme est 5 NTU.

3.1.5. Orthophosphate

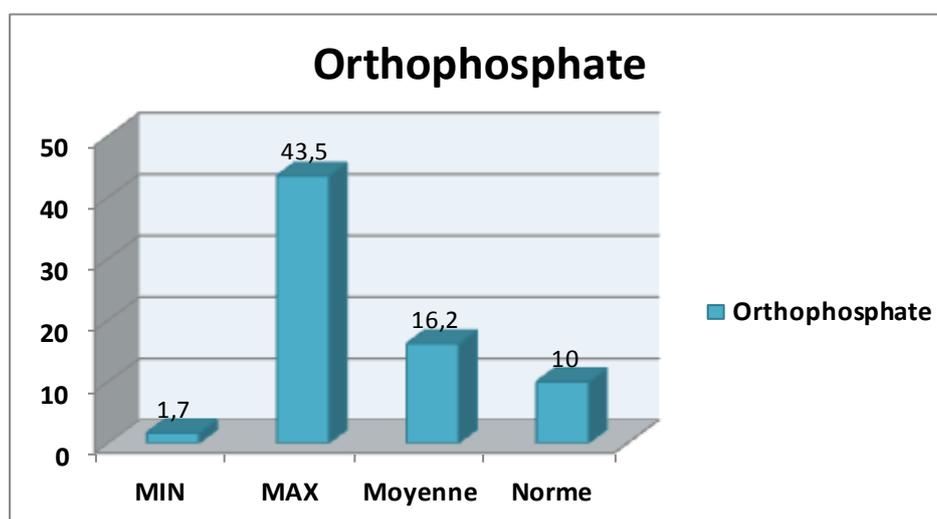


Figure 12. les valeurs de l'orthophosphate au niveau de Oued Z'mour

Les valeurs enregistrées de la concentration en orthophosphates varient entre 1,7 et 43,5 mg/l avec une moyenne de 16,2mg/l (**tableau 3, fig. 12**). Les résultats obtenus montrent des valeurs largement supérieures aux normes définies par l'OMS (>2 mg/l) et par JORA (2006) (>10mg/l).

3.1.6. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. Les valeurs faibles de l'oxygène dissous favorisent le développement des germes pathogènes (Belghiti et al. 2013).

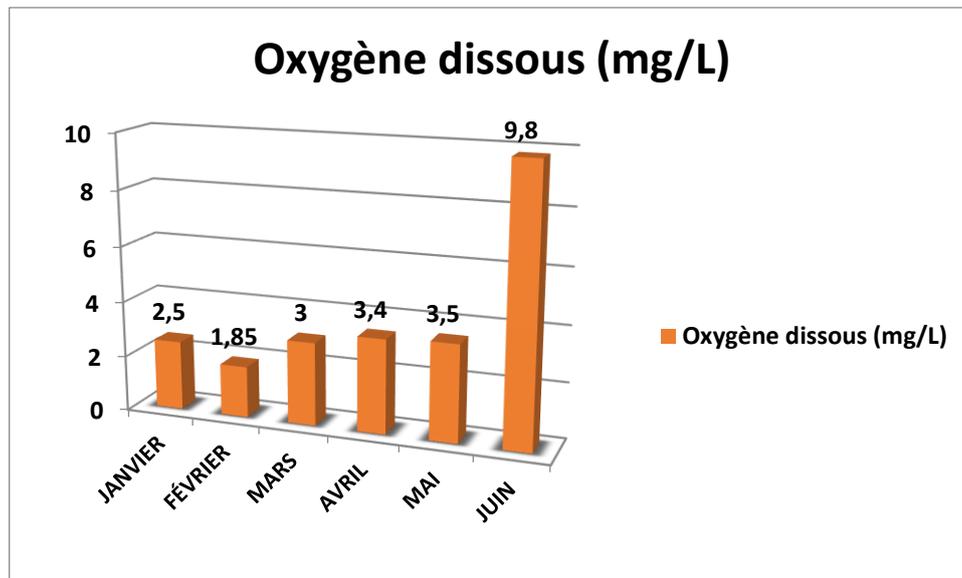


Figure 13. les valeurs de l'oxygène dissous au niveau de Oued Z'mour durant les 6 mois

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux usées varient entre 1,85 mg /l et 9,8 mg /l donnant une moyenne de 4,01 mg/l (Tableau 3). Selon le résultat obtenu, on enregistre une faible teneur en oxygène dissous au mois de février (période froide), alors qu'au mois de juin (période chaude) elle a augmenté.

3.1.7. Matière en suspension

Le tableau ci-dessus (Tableau 3) montre les concentrations en MES des eaux usées enregistrées lors de la période d'étude. Celles-ci varient entre 0,3 mg/L et 2,05 mg/L avec une moyenne de 1,03 mg/L.

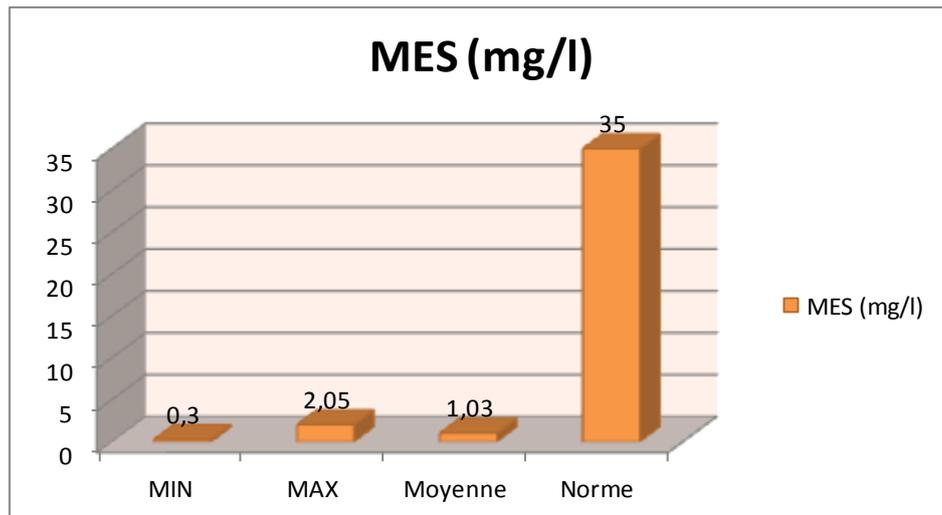


Figure 14. les valeurs de la matière en suspension au niveau de Oued Z'mour

Ces résultats enregistrés en matières en suspension sont très faibles dans cette étude (0,3-2,05 mg/L) par rapport à 35 mg/L, valeur considérée limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le **JORA (2006)**.

3.1.8. Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO5) :

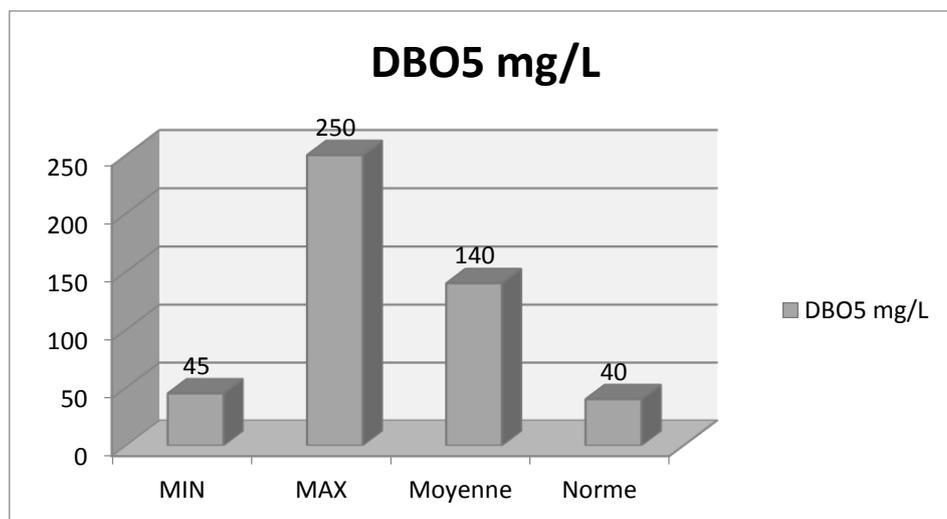


Figure 15. les valeurs de DBO5 au niveau de Oued Z'mour

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, sont comprises entre 45 mg O₂/L et 250 mg O₂/L avec une valeur moyenne de 140 mg O₂/L (**Tableau 3 et figure 15**).

Ces résultats montrent que les eaux de la ville dépassent largement les teneurs en matière organique autorisées dans les cours d'eau qui est inférieure de 40 mg d'O₂/L (normes du JORA).

3.1.9. Demande chimique en oxygène (DCO) :

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).

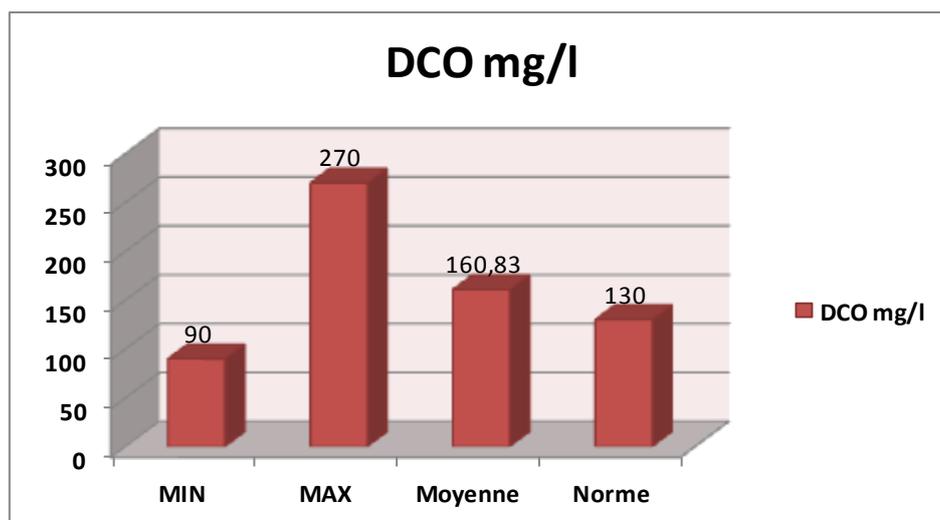


Figure 16. les valeurs de DCO au niveau de Oued Z'mour

L'analyse des résultats obtenus montre que la DCO dans les eaux varie entre 90 mg O₂/L et 270 mg O₂/L avec une moyenne de 160,83 mg O₂/L. Donc on peut dire que ce résultat dépassant largement la valeur moyenne admissible fixée à 130 mg O₂/L en matière organique autorisée dans les cours d'eau selon le JORA (2006).

3.1.10. Nitrite NO₂-

La teneur en nitrites dans les eaux usées analysées comprise entre 0,09 mg/l et 4,8 mg/l avec une moyenne 1,46 mg/l. La valeur la plus basse était en mois de Mars et la plus élevée était en mois d'Avril (Tableau3).

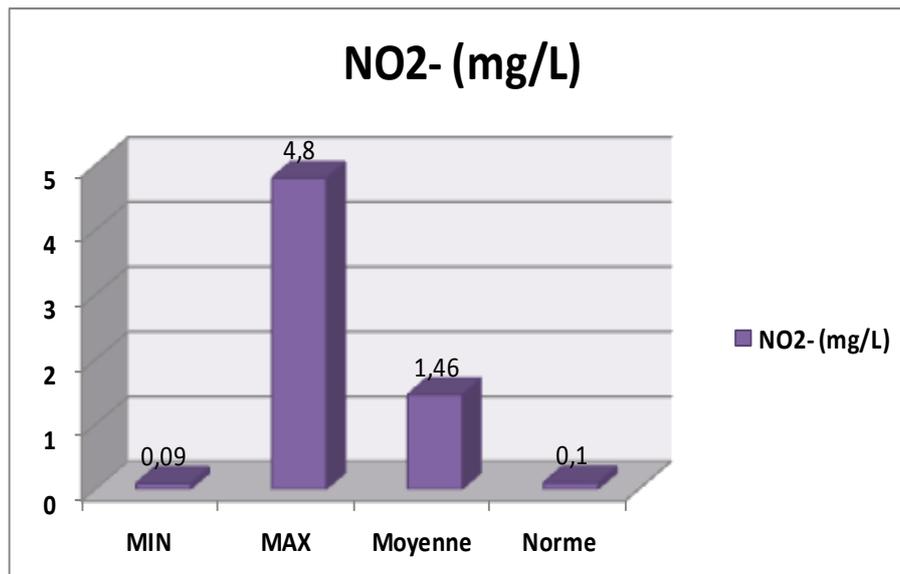


Figure 17. les valeurs de NO₂⁻ au niveau de Oued Z'mour

3.1.11. Nitrate NO₃⁻

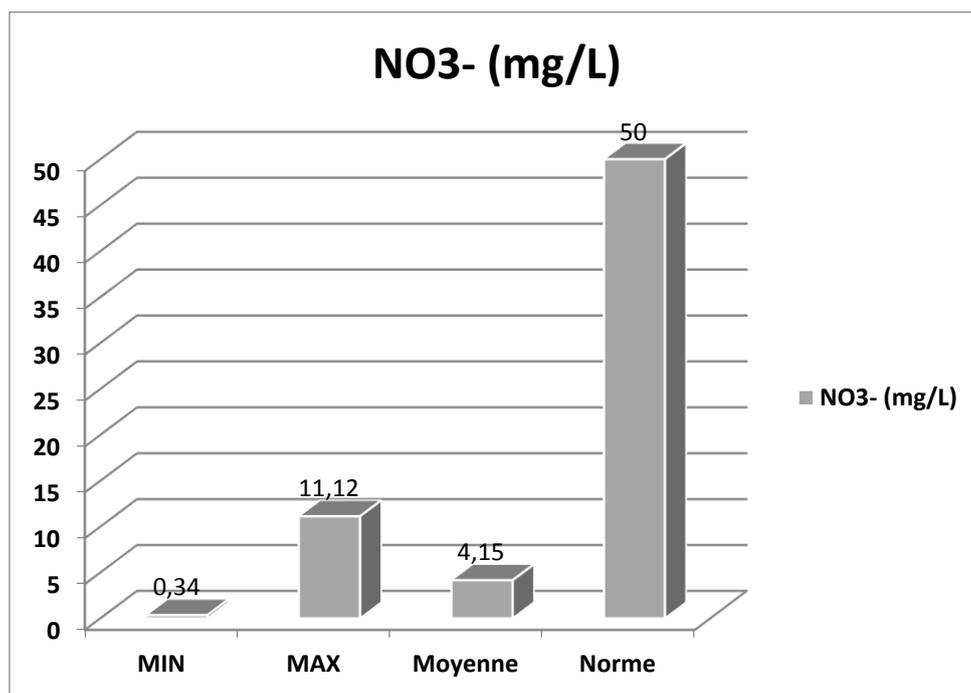


Figure 18. les valeurs de NO₃⁻ au niveau de Oued Z'mour

Le suivi de la variation des nitrates dans les eaux usées de la ville de Biskra (**Tableau 3 et Fig. 18**) montre que leurs teneurs en NO₃⁻ varient entre 0,34 et 11,12 mg/L, avec une moyenne de 4,15 mg/L, et sont très négligeables par rapport à la valeur de référence de 50 mg/L pour l'eau potable (**WHO, 2011**).

3.1.12. Ammonium (NH₄⁺)

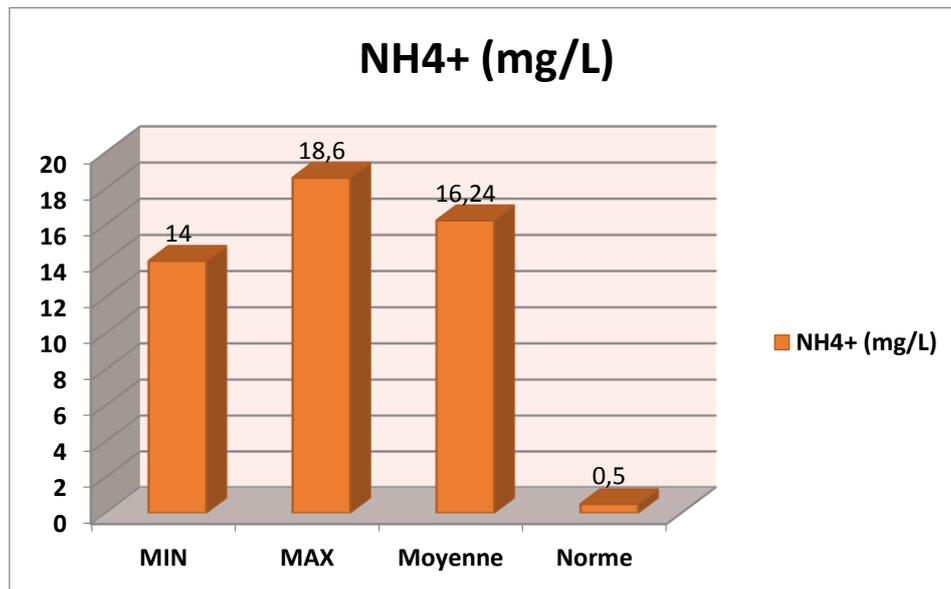


Figure 19. les valeurs de NO₄⁺ au niveau de Oued Z'mour

L'évolution de l'ammoniac (NO₄⁺) de l'eau analysée montre que les concentrations sont 14mg/L comme concentration minimale et 18,6mg/l comme une concentration maximale avec une moyenne de 16,24mg/l. Et ces concentrations sont très élevées à la norme de 0,5 mg/L (WHO, 2011).

3.2. Paramètres bactériologiques

3.2.1. Les coliformes fécaux

Nous pouvons constater une augmentation des coliformes fécaux de façon linéaire durant les six mois de 21 000 à 80 000 UFC/100 ml. Cette évolution est certainement due à l'augmentation de la température. Ceci se traduit vers une pollution fécale.

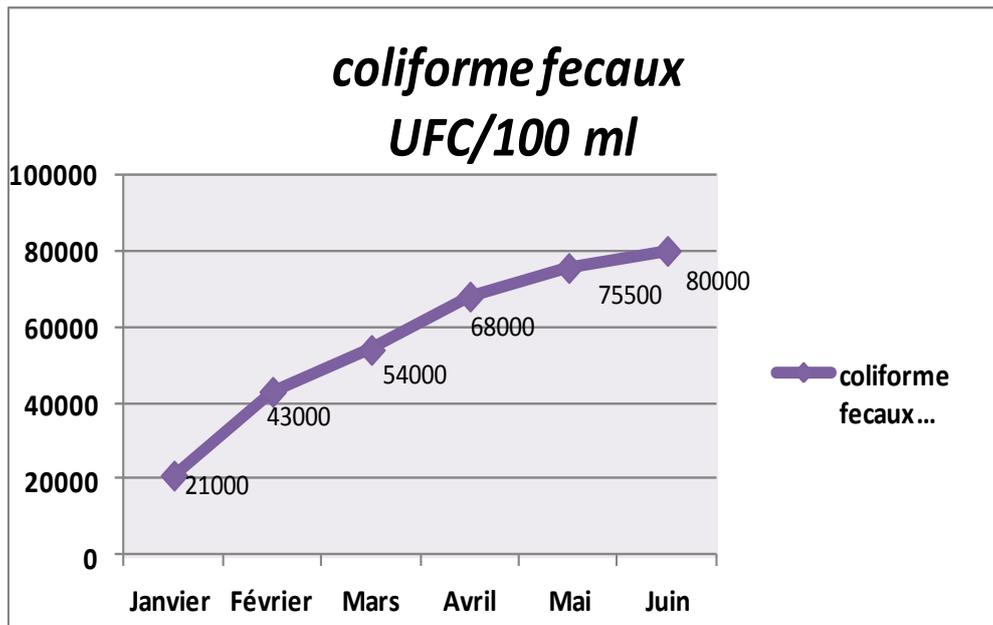


Figure 20. les valeurs de les coliformes fécaux au niveau de Oued Z'mour

3.2.2. Escherichia coli

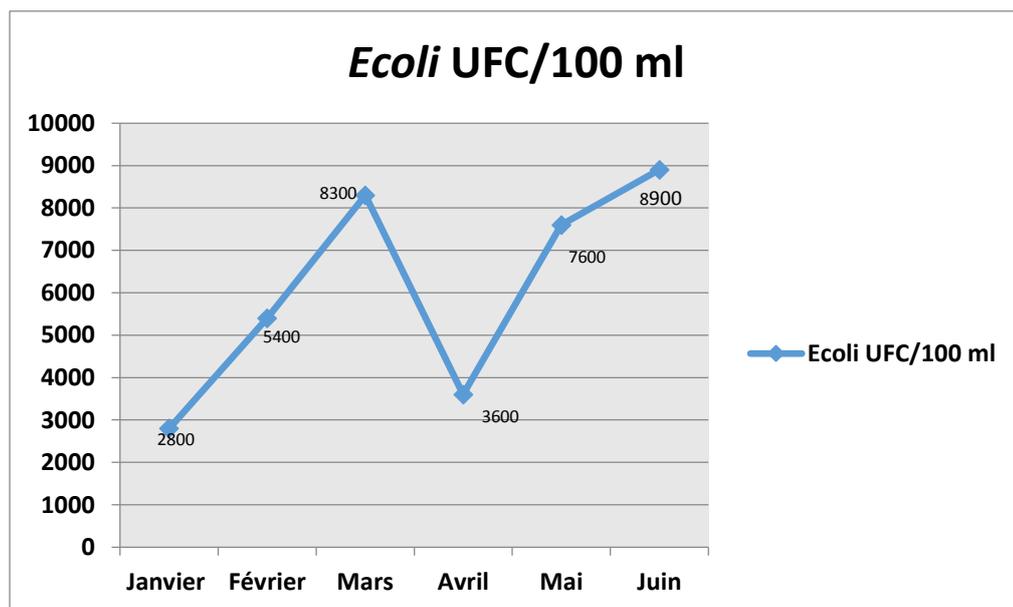


Figure 21. les valeurs de Escherichia coli au niveau de Oued Z'mour

Pour *Escherichia coli* on observe que les valeurs obtenues pendant ce semestre sont très élevées et nous constatons que ces valeurs augmentent sensiblement lors du 1^{er} trimestre, puis une baisse lors du mois d'avril, puis par la suite une seconde augmentation jusqu'au mois de juin. Il y a lieu de signaler que selon les normes de l'OMS, il faudrait 103 UFC / 100 ml.

3.2.3. Streptocoques fécaux

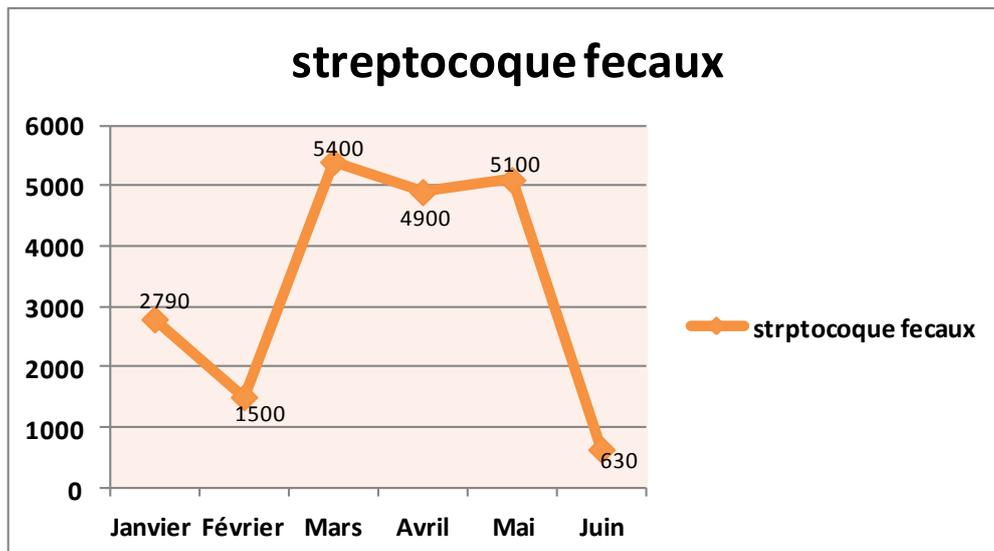


Figure 22. les valeurs de les Streptocoques fécaux au niveau de Oued Z'mour.

Au niveau de Oued Z'mour les *Streptocoques fécaux* sont élevés, nous constatons une oscillation qui va de 630 à 5400 UFC/100 ml avec une moyenne de 3386,67 UFC/100 ml (**Tableau.4**). On observe une variation saisonnière de SF les valeurs moyennes sont détectées en hiver (janvier et février) les valeurs maximales sont notées en mars, Avril et mai, mais la valeur minimale est notée en juin.

3.2.4. Clostridium sulfo réducteur

Les concentrations des *Clostridium sulfo réducteur* détectées au niveau de Oued Z'mour comprise ente 401 et 2600 UFC/100ml avec une concentration moyenne de 885,17 UFC/100ml (**Tableau.4**). Ces concentrations sont supérieures à la norme.

La **fig.23** nous montre que la concentration la plus élevé est noté au mois de juin, et la plus basse au mois de février.

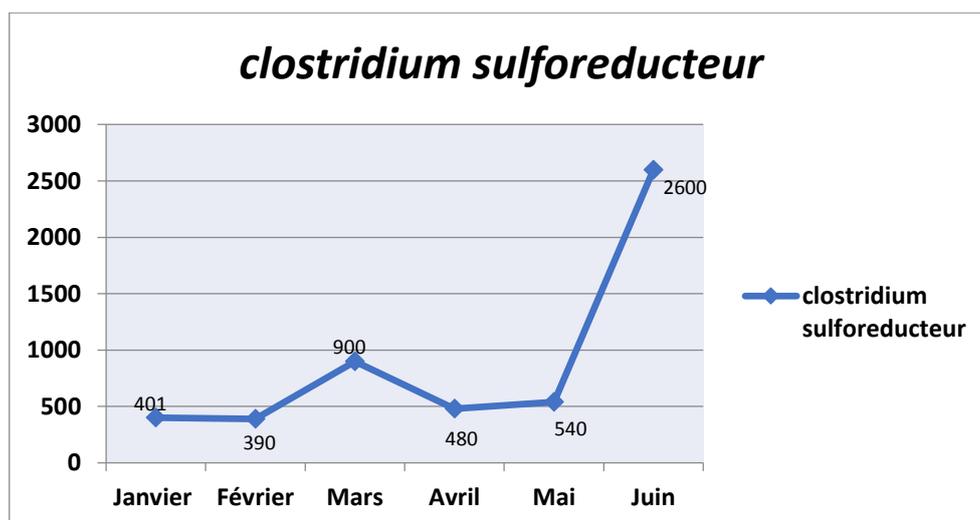


Figure 23. les valeurs de Clostridium sulfo réducteur au niveau de Oued Z'mour

3.3. L'interprétation des résultats

Les paramètres physico-chimiques de l'eau déterminent la qualité des eaux de surface, qui est également conditionnée par la présence et l'intensité des activités microbiennes, notamment les bactéries coliformes fécales (FC) (Rodier et al., 2009). Les valeurs et la qualité des paramètres de l'eau sont affectées par des facteurs externes et internes qui sont liés entre eux de manière très complexe. Les facteurs externes comprennent les conditions météorologiques, les facteurs liés au substrat (sol et/ou sédiments), et les sources de pollution, tandis que les facteurs internes sont générés par des réactions biochimiques qui se produisent dans l'eau (Hacioglu & Dulger, 2009).

Les analyses de l'eau de Oued Z'mour de la région de Biskra ont révélé une température qui varie entre 13°C et 26°C avec 20,15°C comme valeur moyenne. Les températures moyennes enregistrées sont inférieures à 30 °C (Lu et al., 2015) et 35 °C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur (Jayaswal et al., 2018), la température de l'eau constitue un facteur important dans l'environnement aquatique qui régit presque la totalité des réactions (mémoire). Dans les eaux polluées, la température peut avoir des effets significatifs sur l'oxygène dissous et la demande biologique en oxygène, ainsi que sur d'autres paramètres physiques, chimiques et biologiques de l'eau. La température influence notamment la solubilité des sels et des gaz, la densité, la viscosité, la dissociation des sels dissous, les réactions chimiques et biochimiques, le développement, la croissance et le comportement des organismes vivants aquatiques et amphibies, et en particulier l'activité des micro-organismes aquatiques (Kumar et al., 2010) Comme pour toutes les eaux de surface, la température dépend des variations saisonnières (Benherbia et al., 2014). 2°C en hiver à 30°C en été

(Potelon & Zysman, 1998), de la situation géographique (Ahipathy & Puttaiah, 2006) et des rejets d'eaux usées chaudes (Rodier et al., 2009) ; (Mutlu & Uncumusaoglu, 2016).

Le rôle du pH est capital pour la croissance des microorganismes et constitue un paramètre important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration (mémoire). Le pH de l'eau dans les oueds de Biskra fluctue entre 7,01 et 8 révélant une neutre à légèrement alcalin (6,5-8,5) (Mutlu & Uncumusaoglu, 2016) ; (WHO, 2011). Cette alcalinité est attribuée à la présence de carbonates associés principalement au calcium et, dans une moindre mesure, au magnésium, au sodium et au potassium (Khan et al., 2012), ce qui permet de tamponner les eaux de ruissellement qui se déversent dans les Oueds. Une eau légèrement alcaline inhibe la toxicité des métaux lourds sous forme de précipités de carbonate ou de bicarbonate, rendant ces métaux lourds indisponibles (Ahipathy & Puttaiah, 2006).

La conductivité électrique a pour but de contrôler la qualité des eaux usées, et elle traduit le degré de minéralisation globale, de plus elle nous renseigne sur le taux de salinité des eaux (mémoire). Les eaux de Oued Z'mour sont caractérisées par une conductivité électrique moyenne de 3611,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ c'est-à-dire supérieure à 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (WHO, 2011) et à 2 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui représente une situation anormale (Rodier et al., 2009). Les valeurs de la CE indiquent la décomposition et la minéralisation de la matière organique. (guemaz)

La turbidité des échantillons d'eau se situait en moyenne entre 87 et 170. Selon Guemmaz et al. (2019), les échantillons d'eau appartiennent à la classe 4 de turbidité, équivalente aux eaux de surface africaines (extrêmement colorées). Bien que les normes pour ce paramètre soient très différentes, elle doit être inférieure à 5 UFP pour l'eau potable.

Ceci explique par une importante pollution particulière qui est l'origine de nombreux problèmes qui troublent l'eau, diminuant ainsi le rayonnement lumineux indispensable par une croissance des végétaux aux fonds des cours d'eaux et favorisant le développement des bactéries anaérobies (Rodier et al., 2009).

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière mettant en péril photosynthèse) (Salama et al., 2012). Dans cette étude les valeurs des MES aient été très faibles (0,3-2,05 mg/l) Selon Afri-Mehannaoui (Afri-Mehennaoui, 1998), le niveau de MES est relativement faible sauf pendant les périodes

de cours d'eau élevés. L'eau naturelle n'est jamais exempte de MES et une teneur de moins de 30 mg/L est admise.

Les eaux de surface de la région de Biskra (Oued Z'mour) ont un niveau d'oxygène dissous de 4,01 mg/L. Ces valeurs sont inférieures à 5-8 mg/L (**WHO, 2011**). Les faibles taux d'oxygène dissous observés sont dus à la forte charge organique des rejets urbains émanant de la ville de Biskra sans traitement préalable et à sa consommation par des bactéries biodégradables. L'augmentation de la température de l'eau et de l'air favorise l'activité microbienne et donc la consommation d'oxygène (**Mabrouki et al., 2016**). Il est bien connu que l'eau chaude contient moins d'oxygène dissous que l'eau froide (**Rodier et al., 2009**), L'OD dans l'eau représente un facteur indicateur fiable de l'état de pollution des systèmes aquatiques (**OMS, 1989**). Le manque d'oxygène dans l'eau protège les bactéries anaérobies et d'autres agents pathogènes, qui sont nocifs pour la santé humaine (**Krishnan et al., 2007**), en stimulant les processus de bioaccumulation et de bioamplification (**Hacioglu & Dulger, 2009**).

La grande partie du phosphore organique provient également des déchets du métabolisme des protéines et de son élimination sous forme de phosphates dans les urines par l'homme (**Salama et al., 2012**).

Les eaux usées de Oued Z'mour sont caractérisées par des teneurs moyennes en orthophosphates oscillant entre 1,7 mg/L et 43,5 mg/L avec une moyenne de 16,2 mg/L, dépassant la valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur (10 mg/l) (**Salama et al., 2012**). La disponibilité des orthophosphates peut être expliquée par le lessivage et les rejets urbains des agglomérations voisines et la libération de phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments (**Guemmaz et al., 2019**).

Les sels nutritifs azotés (ammoniacque, nitrate, nitrite) et phosphorés (phosphates) sont des composés nécessaires à la vie aquatique. Leur niveau de concentration en fonction de la lumière favorisera ou limitera la croissance de la biomasse. (a,eval). Dans cette étude, la teneur moyenne en nitrites (1,46 mg/l) dépasse largement la norme de l'OMS (<0,1 mg/L) [39]. Des concentrations élevées de nitrites reflètent souvent la présence de matières toxiques [53]. D'autre part, les nitrates (0,34-11,12 mg/L) sont très négligeables par rapport à la valeur de référence de 50 mg/L pour l'eau potable (**WHO, 2011**). Ces valeurs reflètent également la consommation par les bactéries pendant les périodes de faible oxygénation, évitant ainsi l'anaérobiose. L'évolution de l'ammoniac (NH_4^+) de l'eau analysée montre que les

concentrations (14-18,6 mg/L) sont supérieures à la norme de 0,5 mg/L (**WHO, 2011**), indiquant l'absence de dilution et une mauvaise oxygénation de l'eau, ce qui conduit à la non-oxydation de l'azote. La présence de cet élément dans l'eau est un indicateur de pollution organique par des micro-organismes, notamment de pollution fécale (**Derwich et al., 2008**). L'interprétation de la teneur en azote est très difficile en raison de l'instabilité des réactions de nitrification /dénitrification /ammonification. Sachant que l'azote est sous la forme organique d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-) dans les eaux usées, chacune des réactions précédentes dépend de la disponibilité de l'oxygène dissous. La présence de NH_4^+ à forte concentration entraîne une forte consommation d'oxygène due à la nitrification bactérienne, c'est-à-dire, la transformation de NH_4^+ en NO_2^- et NO_3^- (**Bousseboua, 2002**).

La DBO5 enregistrée dans les eaux de surface de oued Z'mour varie entre 45 et 250 mg/L, avec une moyenne 140 mg/L de ce qui est beaucoup plus élevé par rapport à la valeur considérée limite de rejet direct dans le milieu récepteur selon le **JORA (2006)** (40 mg/L). Les échantillons d'eau sont qualifiés de très pauvres lorsque la DBO5 dépasse 25 mg/L (**Guemmaz et al., 2019**), ce qui est le résultat du rejet d'eaux usées non traitées, riches en matières organiques et en nutriments (lessivage des engrais organiques) par les agglomérations urbaines, entraînant une augmentation considérable de la charge organique dans les eaux de surface (**WHO, 2011**), affectant même les zones humides sahariennes telles que les lacs salés éphémères "Sabkhas et Chotts" (**Chenchouni, 2010**). Conjointement avec la DBO5, la DCO est un indicateur de conditions toxiques et de la présence de substances organiques biorésistantes (**Sawyer et al., 2003**) Les valeurs obtenues varient entre 90 et 270 mg/L, avec une valeur moyenne de 160,83 mg/L, qui sont plus élevées que la limite de 130 mg/L établie par **JORA (2006)**. Lorsque les valeurs de DBO5 et DCO sont élevées, cela signifie que les eaux usées ont un potentiel de pollution élevé et qu'elles doivent donc être traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel. L'utilisation de techniques de dépollution adéquates est nécessaire pour prévenir les contaminations environnementales et préserver la sécurité des systèmes aquatiques (**Guemmaz et al., 2019**).

D'un point de vue bactériologique, le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est la procédure bactériologique la plus utilisée pour l'évaluation de la qualité de l'eau (**Mishra et al., 2009**). Ils sont de bons indicateurs de la qualité microbiologique de l'eau (**Hacioglu & Dulger, 2009**). leur abondance reflète la pollution organique car ils ne peuvent survivre dans une eau propre au-delà d'un temps limité (**Guemmaz et al., 2019**). Outre les coliformes totaux, les streptocoques fécaux et les coliformes fécaux représentent des signes d'une

contamination fécale récente (**Krishnan et al., 2007**) ; (**North et al., 2014**) car leur survie dans l'eau peut être très courte, alors que les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des indicateurs d'une contamination fécale ancienne, en raison de leur résistance aux conditions environnementales défavorables (**Guemmaz et al., 2019**). C'est le cas de *Clostridium perfringens* qui peut survivre dans l'eau pendant une plus longue période par rapport aux autres bactéries fécales (**Mishra et al., 2009**).

L'analyse bactériologiques des eaux usées de Oued Z'mour a révélé qu'elles possèdent des charges bactériennes largement au-dessus du seuil de 103 UFC/ 100 ml fixé par l'OMS (1989) pour le rejet direct dans l'environnement. Les valeurs élevées détectées des coliformes fécaux (21000-80000 UFC/100ml), des streptocoques fécaux (630-5400 UFC/100ml), de *Escherichia coli* (2800-8900 UFC/100ml), et de *Clostridia* sulfito-réducteurs (390-2600 UFC/100ml) proviennent des eaux usées, riches en nutriments azotés, émanant de la ville voisine et assurant leur prolifération. Ces indicateurs de contamination fécale ont été signalés dans les eaux de surface du lac Silver (Delaware, Iowa) (**Uzoigwe et al., 2007**).

Conclusion

A travers cette étude, nous avons pu déterminer la qualité de l'eau de l'oued de notre région, à savoir celle de Biskra, recevant des eaux usées, Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux ont révélés que les valeurs de plusieurs paramètres dépassent les normes établies par la JORA et l'OMS. En effet, ceci se traduit systématiquement par une importante pollution fécale.

Ainsi, le niveau élevé des charges bactériennes indique une pollution fécale de l'oued étudié. Nos résultats montrent que les effluents d'eaux usées posent de sérieux problèmes de contamination environnementale et des risques sanitaires qui peuvent affecter :

- les communautés humaines ;
- les terres agricoles ;
- les produits agricoles ;
- et les formes de vie aquatiques qui dépendent de l'eau du système des Oueds.

Le principal risque est associé à l'exposition à des agents biologiques pathogènes, notamment des bactéries pathogènes, des helminthes, protozoaires et virus entériques. Lors des périodes chaudes les eaux des oueds, le niveau des nappes phréatiques ont tendance à baisser de manière drastique, et ceci a pour cause le développement démographique, le développement des petites et moyennes industries, ainsi que le développement agricole.

De même, les eaux usées sont chargées de déchets fécaux et industriels polluant , ce qui se traduit par un niveau de récupération insignifiant par les procédés d'épuration.

Une forte contamination fécale induit des changements drastiques et une détérioration des caractéristiques de l'eau qui provoquent l'effondrement des écosystèmes aquatiques.

Bibliographie

Abibsi, N. (2011). Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra (Doctoral dissertation, Faculté des sciences et de la technologie UMKBiskra).

Afri-Mehennaoui, F. Z. (1998). Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. *Mémoire de Magister, Université de Constantine*.

Ahipathy, M. V., & Puttaiah, E. T. (2006). Ecological characteristics of vrishabhavathy River in Bangalore (India). *Environmental geology*, 49(8), 1217-1222.

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

Belghiti, M. L., CHAHLAOUI, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013). Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).

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.

Bouaroudj, S., Menad, A., Bounamous, A., Ali-Khodja, H., Gherib, A., Weigel, D. E., & Chenchouni, H. (2019). Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (Beni Haroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. *Chemosphere*, 219, 76-88.

Bousseboua, H. (2002). Microbiologie générale. *University of Constantine, Constantine, Algeria*.

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

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2016) - Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique. *Docum.* 103, 11 p.

Chenchouni, H. (2010). Diagnostic écologique et évaluation du patrimoine biologique du Lac Ayata (La Vallée de l'Oued Righ: Sahara septentrional algérien). *Magister dissertation, University of Ouargla, Ouargla, Algeria*.

Derwich, E., Beziane, Z., Benaabidate, L., & Belghyti, D. (2008). Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (7).

Devillers, J., Farret, R., Girardin, P., Rirvière, J. L., & Soulas, G. (2005). Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides.

- Djennane K. (2016).** Identification et étude de la valeur nutritionnelle des espèces fourragères spontanées de la région de Doucen wilaya de Biskra. Mémoire de magistère, département d'agronomie, université de Biskra, 154p.
- Dupont, A. (1981).** Hydraulique urbaine: Hydrologie-captage et traitement des eaux.
- 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).
- Grosclaude, G. (1999).** L'eau: Tome 2: Usages et polluants.
- 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*, 117-148.
- Hacioglu, N., & Dulger, B. (2009).** Monthly variation of some physico-chemical and microbiological parameters in Biga Stream (Biga, Canakkale, Turkey). *African Journal of Biotechnology*, 8(9).
- Hadji, F., Sari, F., & Khiat, A. (2020).** Wastewater Reuse for Irrigation Purposes: The Case of Aïn Témouchent Region. *Water Resources in Algeria-Part II: Water Quality, Treatment, Protection and Development*, 59-78.
- Hamed M., Guettache A., Bouamer L. (2013).** Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie option Contrôle de Qualité et d'Analyse, département des Sciences, université de Bechar, pp.3-18.
- Hordé P. (2014) -** Escherichia coli. *Docum. Santé-Médecine*, 1 p.
- Jayaswal, K., Sahu, V., & Gurjar, B. R. (2018).** Water pollution, human health and remediation. In *Water Remediation* (pp. 11-27). Springer, Singapore.
- JORA. 2006.** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret ministériel n°06-141, du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.
- Khan, R. M., Jadhav, M. J., & Ustad, I. R. (2012).** Physicochemical analysis of triveni lake water of Amravati district in (MS) India. *Bioscience discovery*, 3(1), 64-66.
- Krishnan, R. R., Dharmaraj, K., & Kumari, B. R. (2007).** A comparative study on the physicochemical and bacterial analysis of drinking, borewell and sewage water in the three different places of Sivakasi. *Journal of Environmental biology*, 28(1), 105-108.
- Kumar, A., Bisht, B. S., Joshi, V. D., Singh, A. K., & Talwar, A. (2010).** Physical, chemical and bacteriological study of water from rivers of Uttarakhand. *Journal of Human Ecology*, 32(3), 169-173.

- Lebres EA, Mouffok F (2008)** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut of Pasteur of Algeria, Algiers.
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A. J., ... & Wang, T. (2015).** Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment international*, 77, 5-15.
- Mabrouki, Y., Taybi, A. F., 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.
- 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).
- Mishra, A., Mukherjee, A., & Tripathi, B. D. (2009).** Seasonal and temporal variations in physico-chemical and bacteriological characteristics of River Ganga in Varanasi.
- Mutlu, E., & Uncumusaoğlu, A. A. (2016).** Physicochemical analysis of water quality of Brook Kuruçay. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(11), 991-998.
- North, R. L., Khan, N. H., Ahsan, M., Prestie, C., Korber, D. R., Lawrence, J. R., & Hudson, J. J. (2014).** Relationship between water quality parameters and bacterial indicators in a large prairie reservoir: Lake Diefenbaker, Saskatchewan, Canada. *Canadian journal of microbiology*, 60(4), 243-249.
- OMS, (2004).** Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050.
- OMS, (2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.
- Ozenda P., (1991) :** Flore du Sahara. 3^{ème} Ed. CNRS, Paris.
- Potelon, J. L., & Zysman, K. (1998).** *Guide des analyses de l'eau potable*. Editions de " La Lettre du Cadre Territorial"(BP 215-38506 Voiron Cedex).
- Ramade F., (2003):** Eléments d'écologie. Ed. DUNOD-Paris. 690 p.
- Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. *Sciences et techniques de l'environnement*. 360p.
- Rodier J.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Dunod, Paris (2005).
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P. (2005) : Chambon P., Champsaur, H. et Rodi, L. (2005) :** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed Dunod, Paris.
- Rodier.J et al., 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.

9ème édition. DUNOD. Paris. Pp 975 -1377.

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

Salama, Y., Mountadar, M., Rihani, M., & Assobhei, O. (2012). Evaluation physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'El Jadida (Maroc). *Science Lib, 4.*

Salghi R, Différentes filières de traitement des eaux, ed univ IZ Rabat, p.22, (2001).

Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science* (Vol. 5, p. 587590). New York: McGraw-Hill.

Uzoigwe, J. C., O'Brien, E. H., & Brown, E. J. (2007). Using nutrient utilization patterns to determine the source of *Escherichia coli* found in surface water. *African Journal of Environmental Science and Technology, 1*(1), 7-13.

WHO, G. (2011). Guidelines for drinking-water quality. *World Health Organization, 216,* 303-304.

Annexes

Les différentes normes utilisées pour interpréter les différents paramètres physicochimiques des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mour) sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Annexe I : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels du JORA (2006)

Paramètre	Unité	Norme
		JORA 2006
Température	°C	30
pH	-	6,5-8,5
MES	mg/L	35
DCO	mg O ₂ /L	120-130
DBO ₅	mg O ₂ /L	35-40
NTK	mg/L	30
PT	mg/L	10

Annexe II : 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
NH ₄ ⁺	mg/L	0,5

Résumés

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو رصد التطور الفيزيائي والكيميائي والبكتريولوجي لمياه الصرف الصحي في مدينة بسكرة. تم أخذ عينات شهرية على مستوى واد زمور بين كانون الثاني (يناير) وحزيران (يونيو) 2021. وأظهرت نتائج التحليلات المقدمة في هذا العمل أن مياه الصرف الصحي في واد زمور مرتفعة للغاية وتتجاوز إلى حد كبير إرشادات منظمة الصحة العالمية لمياه الصرف الصحي. وكشفت هذه النتائج تلوث برازي كبير في مياه الوادي المدروس. لذلك يتطلب الأمر إدارة جادة للتعامل مع هذا التلوث

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، العوامل الفيزيائية والكيميائية، العوامل البكتريولوجية، بسكرة، التلوث

Résumé

L'objectif principal de la présente étude est de suivre l'évolution physico-chimique et bactériologique des eaux usées de la ville de Biskra. Des prélèvements mensuels ont été effectués au niveau de Oued Z'mour entre janvier et juin 2021. Les résultats des analyses présentés dans ce travail ont montré que les eaux usées d'Oued Zmour sont très élevées et dépassent largement les directives de l'OMS concernant les eaux usées. Ces résultats ont révélé une pollution fécale significative dans l'eau de l'Oued étudié. Donc ça nécessite une prise en charge sérieuse pour faire face à cette pollution.

Mots clés : Eau usée, paramètres physicochimique, paramètres bactériologiques, Biskra, pollution.

Abstract

The main objective of this study is to monitor the physico-chemical and bacteriological evolution of wastewater in the city of Biskra. Monthly samples were taken at the level of Oued Z'mour between January and June 2021. The results of the analyses presented in this work showed that the wastewater of Oued Zmour is very high and largely exceeds the WHO guidelines for wastewater. These results revealed significant fecal pollution in the water of the studied wadi. So it requires a serious management to deal with this pollution.

Key words: Wastewater, physicochemical parameters, bacteriological parameters, Biskra, pollution.