



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Chellouai Asma

Le : 12 Juin 2024

***Évaluation de la qualité et analyse de l'indice de pollution
organique des eaux d'Oued Dj dai***

Jury :

Dr	GHEBGHOUB Fatima	MCA	Université de Biskra	Président
Pr	FADEL Ammar	Pr	Université de Biskra	Examineur
Dr	NOUIOUA Asma	MCA	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2023-2024

Remerciement

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui a illuminé mon chemin et
qui m'a armé de courage et de bonne volonté pour réaliser ce
modeste travail et qu'il m'accompagne toujours durant tout mon
cursus Universitaire.

Le moment est venu d'exprimer toute mes remerciements à **Dr. NOUIOUA Asma**, mon
encadrant pour avoir dirigé mon projet de fin d'étude avec un grand intérêt. Je le remercie
vivement pour l'aide scientifique précieuse et tous les conseils qu'il a fourni pendant toute la
durée d'encadrement.

Je tiens à remercier les membres de jury **Pr.FADEL Ammar** et **Dr. GHEBGHOUB Fatima**
d'avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Dr. SAKRI Adel**, chef du département de chimie
industrielle.

Un grand merci aussi à **Mme ZIAD Sabrina** de m'avoir si bien accueilli au sein du laboratoire
d'**ADE**, de m'avoir fait confiance et de m'avoir permis de réaliser ce travail.

Je remercie également toutes les personnes qui ont participé de près à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous remercions tous les enseignants du Département de chimie industrielle et tous les
étudiants de la promotion 2023-2024.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère mère pour son aide et ses encouragements,

A Mon PERE,

A tous les membres de ma famille,

A mon cher frère, Abed Al-Hak

A mes chères sœurs, Nour et Sirine

A tous mes collègues et amis,

A tous ceux que j'aime.

Merci

Chellouai Asma

Table des matières

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale.....	01

Chapitre I : Généralités et qualité de l'eau

Introduction	02
I.1. Définition et présentation de l'eau.....	02
I.2. Composition des eaux naturelles	03
I.3. Cycle de l'eau.....	03
I.4. Ressources en eau	05
I.4.1. Les eaux de surface	05
I.4.2. Les eaux souterraines	05
I.4.3. L'eau de source	05
I.4.4. L'eau de puits	05
I.5. Qualité de l'eau.....	06
I.5.1. Qualité organoleptique.....	06
I.5.1.1. Couleur	06
I.5.1.2. Odeur et saveur	06
I.5. Qualité de l'eau	07
I.5.1. Qualité organoleptique	07
I.5.2.2. Qualité chimique	09
I.6. Contamination de l'eau	15
I.7. Normes de qualité de l'eau	16
Conclusion	17

Chapitre II: Situation géographique et description de la zone d'étude

Introduction.....	18
II.1. Situation et cadre géographique	18
II.2. Caractéristiques climatique	19

II.3. Aperçu hydrologique	19
II.4. Présentation du bassin versant de l'Oued Dj dai	20
Conclusion	21

Chapitre III : Matériels et méthodes

Introduction.....	22
III.1. Echantillonnage	22
III.2. Techniques expérimentales	22
III.2.1. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux	22
III.2.1.1. Le pH	22
III.2.1.2. La conductivité, salinité et taux des sels dissouts (TDS)	23
III.2.1.3. Dosage des ions de Calcium (Ca^{2+}).....	24
III.2.1.4. Dosage des ions de Magnésium (Mg^{2+}).....	24
III.2.1.5. Titre hydrométrique (TH).....	24
III.2.1.6. Dosage des Nitrites (NO_2^-).....	24
III.2.1.7. Dosage des Nitrates (NO_3^-).....	25
III.2.1.8. Dosage de l'Ammonium (NH_4^+).....	25
III.2.1.9. Dosage des Ortho-phosphates (PO_4^{3-}).....	25
III.2.1.10. Dosage du fer.....	25
III.2.1.11. Turbidité.....	26
III.2.1.12. Demande biologique en oxygène (DBO_5).....	26
III.2.2. Détermination de l'indice de pollution organique (IPO)	26

Chapitre IV : Résultats et discussions

Introduction	28
IV.1. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'Oued Dj dai.....	28
IV.1.1. Variation de pH	28
IV.1.2. Variation de la salinité, le taux des sels dissouts et la conductivité électrique	29
IV.1.3. Variation de la concentration en ions de calcium, ions de magnésium et dureté totale	31
IV.1.4. Variation de la concentration en composés azotés	33
IV.1.5. Variation de concentrations des phosphates	35
IV.1.6. Variation de concentrations des ions du fer	35

VI.1.7. Variation de turbidité	36
VI.1.8. Variation de DBO ₅	37
IV.2. Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux d'Oued Dj dai	38
Conclusion générale	40
Recommandation et perspectives.....	42
Références bibliographiques.....	43
Annexe.....	46

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau III.1:	Grille de la qualité (IPO).....	27
Tableau IV.1:	Indice de pollution organique (IPO).....	38

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1:	Cycle biogéochimique de l'eau.....	04
Figure II.1 :	Carte de la wilaya d'Ouled Djellel	18
Figure II.2 :	Le bassin versant de Chott Melghir	19
Figure II.3 :	Situation de l'Oued Dj dai par rapport à Ouled Djellel.....	20
Figure II.4 :	Profil du bassin versant de l'Oued Dj dai	21
Figure III.1 :	pH-mètre de type « HANNA HI2550».....	23
Figure III.2 :	Multi paramètres « HACH ».....	23
Figure III.3:	Dosage de nitrite par spectrophotomètre UV-Visible.....	24
Figure IV. 1:	Variation spatiotemporelle du pH des eaux stagnées et eau en mouvement d'Oued Dj dai.....	28
Figure IV. 2:	Variation spatiotemporelle de la salinité des eaux d'Oued Dj dai	30
Figure IV. 3:	Variation spatiotemporelle de taux des sels dissous des eaux d'Oued Dj dai	30
Figure IV. 4:	Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique des eaux d'Oued Dj dai.....	30
Figure IV. 5:	Variation spatiotemporelle des ions de calcium présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	32
Figure IV. 6:	Variation spatiotemporelle des ions de magnésium présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	32
Figure IV. 7:	Variation spatiotemporelle de la dureté totale des eaux d'Oued Dj dai	32
Figure IV. 8:	Variation spatiotemporelle des ions de nitrates présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	34
Figure IV. 9:	Variation spatiotemporelle des ions nitrites présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	34
Figure IV. 10:	Variation spatiotemporelle des ions d'ammonium présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	34
Figure IV. 11:	Variation spatiotemporelle des ions des phosphates présents dans les eaux d'Oued Dj dai.....	35
Figure IV. 12:	Variation spatiotemporelle des ions du fer présents dans les eaux d'Oued Dj dai	36
Figure IV. 13:	Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux d'Oued Dj dai.....	37
Figure IV. 14:	Variation spatiotemporelle de DBO ₅ des eaux d'Oued Dj dai.....	37

Introduction générale

Introduction générale

L'eau dans le monde a un impact fondamental sur l'économie, elle est au centre des intérêts stratégiques, elle est indispensable à l'être humain et c'est aussi un élément de production de richesse. Pour qu'un écosystème aquatique puisse se développer de façon équilibrée, il faut que la qualité de l'eau soit bonne. Dans le cas contraire, lorsque les qualités naturelles de l'eau sont dégradées et l'écosystème aquatique perturbé, on parle de pollution de l'eau.

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement à cause des rejets déversés dans les rivières, les eaux usées domestiques non épurées représentent la principale source de pollution organique des eaux. Elles engendrent une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines. Les eaux usées collectées par les communes dans leurs réseaux d'égouts proviennent de deux sources : les habitations et la pluie.

La présente étude vise à évaluer et suivre le niveau de pollution des eaux du site étudié. Pour cela la composition des eaux d'Oued Djdaï sera étudiée se basant sur des analyses physiques et chimiques, des perspectives seront préposées afin de mieux sauvegarder l'écosystème en protégeant l'aspect quantitatif et qualitatif des eaux d'Oued Djdaï.

Les analyses porteront sur plusieurs paramètres, dont : des paramètres physiques : température et turbidité, des paramètres chimiques : pH, demande chimique en oxygène (DCO) et demande biochimique en oxygène (DBO), concentrations en nutriments (nitrates, phosphates), les métaux lourds et contaminants organiques

Outre l'introduction et la conclusion générale, ce manuscrit est organisé comme suivant :

Chapitre 1 : Généralités et qualité de l'eau

Chapitre 2 : Situation géographique et description de la zone d'étude

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Chapitre I :
Généralités et qualité de l'eau

Introduction

L'eau, élément essentiel à toute forme de vie et pilier de l'économie mondiale, ne doit pas être gaspillée compte tenu de ses ressources limitées. Les pollutions, résultant d'un déséquilibre avec la nature et de violations des lois de la vie, constituent une utilisation irresponsable des ressources disponibles, compromettant ainsi l'avenir. Ces problèmes ne sont en aucun cas des mythes : leur ampleur croît proportionnellement aux besoins humains, résultant des progrès technologiques et des lacunes scientifiques. La pollution de l'eau se présente incontestablement comme l'un des défis majeurs auxquels font face les pays industrialisés et urbanisés. Une sonnette d'alarme est tirée, mettant en garde contre les menaces pesant sur nos écosystèmes, nos communautés humaines et notre qualité de vie. Elle souligne l'impératif de préserver ces ressources pour ne pas priver les générations futures de ce précieux élément vital.

I.1. Définition et présentation de l'eau

L'eau, ce liquide précieux au nom féminin, tire ses origines du latin "aqua". C'est une substance omniprésente dans notre monde, se distinguant par ses caractéristiques intrinsèques. Transparente, inodore, sans saveur, l'eau est un élément essentiel à la vie, composé chimique fondamental connu sous le nom simple mais significatif de H_2O , résultant de la fusion de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène.

Partout où nous regardons dans la nature, nous pouvons voir l'eau se manifester. Elle est présente dans chaque écosystème, formant ce que nous appelons l'hydrosphère, la couche d'eau enveloppant la Terre. Cette eau se décline en trois états, solide, liquide et gazeux, selon les conditions ambiantes de température et de pression.

L'une des propriétés les plus remarquables de l'eau est sa capacité à agir comme un solvant universel. Cette qualité en fait un élément essentiel pour la vie, car elle dissout une multitude de substances minérales et organiques. Elle est capable de dissocier les électrolytes et de disperser les particules chargées électriquement. Cependant, cette faculté d'être un solvant efficace signifie aussi que les eaux naturelles contiennent souvent des gaz dissous, des sels en suspension, des particules et parfois des micro-organismes pathogènes [1].

Ainsi, l'eau va bien au-delà de sa simple présence physique. Elle est un acteur essentiel dans les processus biologiques et géologiques, soutenant la vie sur Terre de manière incommensurable.

I.2. Composition des eaux naturelles

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon leur nature chimique (organique ou minérale) ou selon leur état physique (matières dissoutes, colloïdales ou en suspension) [16]

- **La matière minérale :** dans l'eau se compose principalement de composés ioniques provenant de la dissolution des roches au contact de l'eau en circulation. Parmi ces composés, on trouve des anions tels que le bicarbonate (HCO_3^-), le chlorure (Cl^-), le sulfate (SO_4^{2-}), et des cations comme le calcium (Ca^{2+}), le sodium (Na^+), le magnésium (Mg^{2+}), et le potassium (K^+). En plus de ces ions, l'eau contient également des gaz dissous qui jouent un rôle crucial dans les processus biologiques et chimiques, comme la corrosion.
- **La matière organique :** provient de différentes sources, soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Ces matières organiques se dégradent en raison de leur instabilité chimique et de l'action des microorganismes présents dans l'eau, formant ainsi des composés de plus en plus simples au fil du temps.
- **Les matières dissoutes :** sont dispersées de manière homogène dans l'eau et se trouvent généralement sous forme faiblement polarisée ou ionisée. En raison de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer par les méthodes de traitement d'eau conventionnelles.
- **Les matières colloïdales :** se trouvent dans un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Elles sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui les rend difficiles à éliminer.
- **Les matières en suspension :** sont des particules solides dont la taille dépasse généralement 10 micromètres, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées à elle. Leur élimination est relativement plus simple comparée à celle des matières dissoutes ou colloïdales.

I.3. Cycle de l'eau

Le phénomène complexe du cycle de l'eau résulte d'une série d'échanges dynamiques entre divers réservoirs hydrologiques, englobant les vastes étendues océaniques, les cours d'eau sinueux, les lacs tranquilles, les glaciers majestueux, l'atmosphère en constante évolution, les nappes souterraines mystérieuses, ainsi que la végétation luxuriante qui orne notre planète. Ces interactions incessantes, représentées de manière schématique dans la Figure I.1 [2], orchestrées

par les forces naturelles de notre environnement, assurent la régulation et le recyclage continu de cette ressource vitale.

- **Évaporation** : L'évaporation, premier acte de ce ballet aquatique, se produit lorsque l'eau liquide se métamorphose en gaz ou vapeur sous l'impulsion énergétique du soleil. Les vastes étendues océaniques agissent comme des générateurs primaires, libérant l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur, alimentant ainsi le cycle hydrologique.
- **Condensation** : La condensation, acte de transition où la vapeur d'eau se condense en liquide, revêt une importance capitale dans la formation des majestueux nuages qui peuplent notre ciel. Ce processus marque le moment où l'eau, ayant été élevée dans les hauteurs de l'atmosphère, se rassemble pour former les précurseurs des précipitations à venir.
- **Précipitations** : Les précipitations, moment crucial du cycle, représentent le retour de l'eau de l'atmosphère vers la Terre sous forme de pluie, neige ou grêle. C'est à travers ce processus que l'eau, une fois condensée dans les nuages, retourne finalement à sa forme liquide et réintègre les réservoirs terrestres.
- **Infiltration** : L'infiltration, dernière étape terrestre du cycle, voit l'eau sous forme de précipitations s'infiltrer dans le sol et les roches. Une partie de cette eau est captée par la végétation, alimentant ainsi leur croissance avant d'être réémise dans l'atmosphère par transpiration. L'autre fraction s'infiltré plus profondément pour former les précieuses nappes souterraines, pouvant éventuellement émerger sous forme de sources, complétant ainsi le cycle de l'eau.

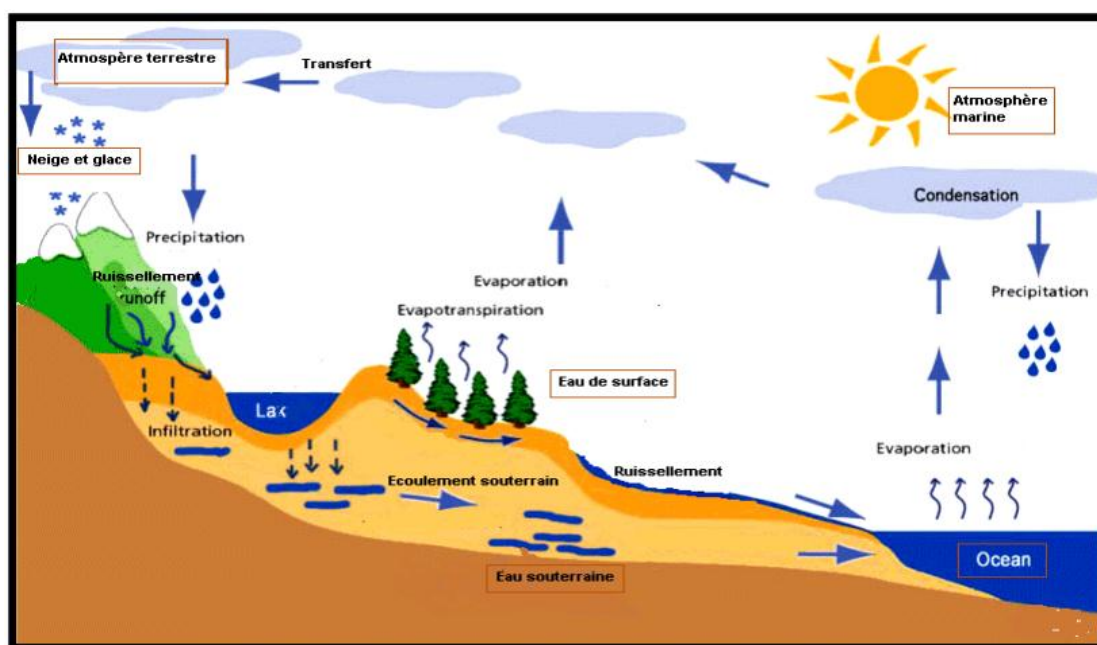


Figure I.1. Cycle biogéochimique de l'eau [2]

I.4. Ressources en eau

Les ressources en eau revêtent une importance capitale pour la santé humaine, nécessitant une attention particulière quant à leur qualité. Selon Dégbey et al. (2011), l'eau destinée à la consommation ne devrait pas contenir de substances chimiques dangereuses ni de germes nuisibles pour la santé [3]. Ces ressources en eau proviennent de diverses sources, qu'elles soient de surface ou souterraines.

I.4.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface englobent une variété de sources telles que les fleuves, les lacs, les rivières, les barrages et les réservoirs de stockage, comme les citernes de récolte d'eau de pluie. Malheureusement, ces eaux sont souvent contaminées, caractérisées par une forte charge en impuretés et une pollution biologique, principalement chimique. Cette pollution est largement attribuable aux rejets d'eaux usées dans l'environnement, contenant des polluants toxiques. Avant toute utilisation domestique, il est impératif de purifier ces eaux [4].

I.4.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, quant à elles, se trouvent généralement dans les pores des sédiments ou les fissures des formations rocheuses. Les plus adaptées à la consommation humaine sont celles situées à des profondeurs relativement peu importantes, car plus on s'enfonce dans le sol, plus l'eau est susceptible de contenir des sels minéraux et des métaux en concentrations préjudiciables. Ces eaux peuvent finalement alimenter la nappe phréatique [5].

I.4.3. L'eau de source

Les sources naturelles d'eau, telles que les sources de diversité, les sources d'émergence artésiennes et les sources d'affleurement, jouent également un rôle crucial. Ces sources, provenant de nappes ou de gisements souterrains et émergeant naturellement ou via des forages, fournissent une eau bactériologiquement saine. Elles se distinguent par leurs caractéristiques géographiques et leur mode d'approvisionnement [6].

I.4.4. L'eau de puits

Les puits représentent une autre source d'eau essentielle. Ils permettent de capter les eaux des nappes phréatiques à des profondeurs moyennes. Il existe différents types de puits, allant des puits ordinaires aux puits artésiens, chacun présentant des méthodes de construction et d'approvisionnement spécifiques [4].

I.5. Qualité de l'eau

I.5.1. Qualité organoleptique

I.5.1.1. Couleur

La coloration des eaux, un paramètre reflétant une nuisance d'ordre esthétique, peut avoir diverses origines [5]:

- **Origine naturelle** : La coloration des eaux peut résulter de la présence de certains minéraux tels que le fer et le manganèse, souvent trouvés dans les eaux souterraines. De plus, les eaux de surface peuvent contenir des substances humiques, des composés organiques issus de la décomposition de la matière végétale, qui leur donnent une teinte particulière.
- **Conséquence de l'eutrophisation** : Ce phénomène se caractérise par un enrichissement excessif en nutriments, notamment en phosphore et en azote, conduisant à une prolifération incontrôlée d'algues et de plancton. Cela peut rendre les lacs, étangs, barrages et autres plans d'eau verdâtres ou même bruns, altérant leur aspect visuel et impactant leur écosystème.
- **Origine industrielle chimique** : Les activités industrielles peuvent également être responsables de la coloration des eaux. Les tanneries et les industries textiles, par exemple, utilisent des colorants et des produits chimiques pour le traitement, l'impression et la teinture des textiles. Ces substances peuvent se retrouver dans les eaux rejetées par ces industries, contribuant ainsi à leur coloration artificielle.

I.5.1.2. Odeur et saveur

L'odeur de l'eau est souvent un indicateur de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont généralement présentes en quantités si infimes qu'elles échappent aux méthodes d'analyse traditionnelles. Toutefois, notre sens olfactif est capable de les détecter dans une certaine mesure. [5]. Chaque eau possède une saveur unique, résultant des sels et des gaz dissous qu'elle contient. Par exemple, une eau qui contient une forte concentration de chlore aura une saveur saumâtre. De même, si l'eau renferme une grande quantité de sels de magnésium, elle aura un goût amer. Ces variations de saveur et d'odeur peuvent fournir des indications importantes sur la composition chimique de l'eau et sur les éventuels problèmes de qualité ou de contamination. La capacité de percevoir ces différences sensorielles est donc un outil précieux pour la surveillance et l'évaluation de l'eau, complétant les analyses chimiques plus complexes [6].

I.5.2. Qualité physico-chimique des eaux :

I.5.2.1. Qualité physique

▪ Température

La température de l'eau est une caractéristique physique cruciale qui influence divers processus environnementaux et chimiques. Elle joue un rôle déterminant dans la solubilité des sels et des gaz, ainsi que dans la détermination du pH, ce qui permet de mieux comprendre l'origine de l'eau et ses éventuels mélanges. La mesure de la température de l'eau est également essentielle pour déterminer le champ de densité et les courants marins. En général, la température des eaux superficielles est largement influencée par celle de l'air ambiant, surtout lorsque ces eaux proviennent de sources peu profondes. Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées en différentes catégories, telles que les eaux hypothermes et hyperthermes [7]. Ainsi, la température de l'eau n'est pas seulement un indicateur environnemental, mais aussi un facteur clé dans de nombreuses interactions physico-chimiques qui affectent les écosystèmes aquatiques [5].

▪ Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une mesure de la concentration totale des cations métalliques présents dans l'eau. Ces cations incluent principalement le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}), mais peuvent également englober d'autres ions métalliques tels que l'aluminium, le fer et le strontium. Parmi ces cations, le calcium et le magnésium sont généralement les plus abondants. En particulier, le calcium est souvent utilisé comme un indicateur principal de la dureté de l'eau en raison de sa fréquence et de sa concentration élevée dans la plupart des sources d'eau. La dureté de l'eau se quantifie généralement en degrés français ($^{\circ}\text{FH}$) ou en milligrammes par litre (mg/L) de carbonate de calcium équivalent. Une eau est considérée comme « dure » lorsque son titre hydrotimétrique est élevé, ce qui signifie qu'elle contient des concentrations importantes de ces ions métalliques [8]. À l'inverse, une eau avec un titre hydrotimétrique faible est qualifiée de « douce » [7].

▪ Résidu sec

Le résidu sec fournit une indication précieuse sur la concentration des substances dissoutes non volatiles, notamment les minéraux, dans l'eau. Cette concentration peut varier considérablement en fonction de la source géographique de l'eau. Par exemple, les eaux provenant de régions constituées de massifs cristallins ont souvent une faible teneur en minéraux, généralement inférieure à 100 mg/l. En revanche, les eaux issues de zones géologiques riches en minéraux peuvent contenir plus de 1000 mg/l de substances dissoutes. Ces variations sont influencées par

la nature des roches et des sols que l'eau traverse, ainsi que par les processus géochimiques locaux. Comprendre cette teneur est crucial pour évaluer la qualité de l'eau et ses utilisations potentielles, qu'elles soient domestiques, agricoles ou industrielles [9].

▪ **Turbidité**

La turbidité de l'eau est un indicateur clé de sa transparence et de sa qualité. Elle reflète la concentration de matières en suspension présentes dans l'eau. Lorsque l'eau est trouble, cela signifie qu'elle contient une grande quantité de particules fines telles que des grains de silice, de la matière organique, du limon, et autres substances similaires. Ces particules peuvent s'accumuler et former des dépôts significatifs dans les tuyauteries et les réservoirs, ce qui peut poser des problèmes de maintenance et de fonctionnement des systèmes de distribution d'eau. Pour assurer la sécurité et la potabilité de l'eau, il est crucial de maintenir la turbidité à un niveau inférieur à 5 unités de turbidité néphélométrique (NTU **Unité de Turbidité Néphélométrique**) [10].

▪ **Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau se définit comme la conductance d'une colonne d'eau située entre deux électrodes métalliques de 1 cm² chacune, séparées par une distance de 1 cm. En d'autres termes, la conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Cette capacité est directement liée à la concentration en ions dissous dans l'eau.

Plus précisément, les ions présents dans l'eau, tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), jouent un rôle crucial dans la conductivité électrique. En effet, ces ions facilitent le déplacement des charges électriques à travers l'eau. Par conséquent, une eau riche en ces ions présente une conductivité plus élevée car elle est plus apte à transporter un courant électrique.

Ainsi, la mesure de la conductivité électrique permet d'obtenir une estimation indirecte de la teneur en ions de l'eau. Plus la conductivité est élevée, plus la concentration en ions dans l'eau est importante. Cette propriété est particulièrement utile dans diverses applications, telles que la surveillance de la qualité de l'eau potable, l'analyse des eaux usées ou encore le contrôle des processus industriels où la pureté de l'eau est un facteur crucial [11].

▪ **La Résistivité électrique**

La résistivité électrique de l'eau est une mesure cruciale qui représente l'inverse de la conductivité électrique. Tandis que la conductivité indique la facilité avec laquelle le courant électrique peut traverser l'eau, la résistivité quantifie la résistance que l'eau oppose à ce passage

de courant [12]. En pratique, la résistivité est utilisée pour évaluer la minéralisation globale de l'eau. Les minéraux dissous dans l'eau, tels que les sels et autres ions, facilitent le passage du courant électrique. Ainsi, une eau riche en minéraux aura une conductivité élevée et, par conséquent, une résistivité faible. À l'inverse, une eau pure, avec peu de minéraux dissous, présentera une résistivité élevée. La mesure de la résistivité est essentielle dans divers domaines. Par exemple, elle est utilisée dans le traitement et la distribution de l'eau potable, pour assurer qu'elle est suffisamment pure pour la consommation humaine. Dans les industries, la résistivité de l'eau est surveillée pour prévenir la corrosion des équipements et garantir la qualité des processus de production. De plus, dans l'environnement, la résistivité peut aider à détecter la présence de contaminants et à surveiller la qualité des écosystèmes aquatiques.

- **Minéralisation globale :**

La minéralisation de l'eau reflète la concentration totale en sels minéraux dissous, tels que les carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, ainsi que des ions comme le calcium, le sodium, le potassium et le magnésium. Une teneur excessive en minéraux peut donner à l'eau un goût salé et provoquer des effets laxatifs. La minéralisation des nappes d'eau souterraine est principalement influencée par les types de roches que l'eau traverse. En outre, il existe des variations saisonnières et des fluctuations annuelles dans la composition minérale de ces eaux [13]. Les eaux souterraines profondes présentent une minéralisation plus stable et généralement plus élevée que les eaux des nappes peu profondes, en raison de leur interaction prolongée avec les minéraux des roches.

I.5.2.2. Qualité chimique

La qualité chimique de l'eau englobe l'ensemble des caractéristiques générales de cette eau, ainsi que les concentrations des différents minéraux dissous qu'elle contient. Cette qualité est influencée par les types de matériaux présents dans le sol, ainsi que par la durée pendant laquelle l'eau est en contact avec ces matériaux. En termes techniques, les éléments spécifiques à analyser pour évaluer cette qualité sont appelés « paramètres ». Ces paramètres incluent, par exemple, les niveaux de pH, les concentrations en ions métalliques, les nitrates, les phosphates, et d'autres substances chimiques. L'évaluation de ces paramètres permet de déterminer si l'eau est adaptée à des usages spécifiques, comme la consommation humaine, l'irrigation agricole ou les activités industrielles [14].

- **Potentiel d'hydrogène pH :**

Le pH, abréviation de "potentiel Hydrogène", est une mesure fondamentale de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Il est défini comme le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydrogène (H^+). Lorsque le pH est inférieur à 7, la solution est considérée comme acide, tandis que lorsqu'il est supérieur à 7, elle est basique. Bien que le pH ne soit pas directement lié à l'hygiène, il revêt une importance cruciale dans la détermination de l'agressivité de l'eau ainsi que dans la précipitation des éléments dissous. En d'autres termes, il permet d'évaluer la capacité de l'eau à corroder les surfaces avec lesquelles elle entre en contact et à dissoudre les substances présentes dans son environnement. Cette mesure est donc essentielle dans de nombreux domaines, tels que la chimie, la biologie et l'industrie, où la composition et la réactivité des solutions sont des facteurs clés [15].

- **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 $mg\ O_2\ L^{-1}$ [16].

- **La Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origines organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. 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 [16].

- **La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)**

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à $20^{\circ}C$, à l'abri de la lumière et de l'air : on parle alors de DBO_5 . Elle est exprimée en $mg\ d'O_2$ consommé.

▪ Nitrates

Les nitrates, sous forme d'ions NO_3^- , sont largement répandus dans divers environnements tels que le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines. Leur origine réside dans le processus de décomposition naturelle, orchestrée par une pléthore de microorganismes, de matières organiques riches en azote, notamment les protéines d'origine végétale et animale ainsi que les déchets organiques. Ce processus de décomposition aboutit à la formation initiale d'ammonium (NH_4^+), lequel est ensuite oxydé pour donner naissance aux nitrates. Cette transformation de l'ammonium en nitrates est un aspect fondamental du cycle de l'azote, un processus biogéochimique crucial pour la régulation des éléments nutritifs dans les écosystèmes terrestres et aquatiques. Les nitrates ainsi produits sont ensuite utilisés par les plantes comme source d'azote pour leur croissance et leur développement. Toutefois, dans certaines conditions, telles que des niveaux élevés de matières organiques décomposables ou des pratiques agricoles intensives, ce processus peut être amplifié, entraînant une accumulation excessive de nitrates dans l'environnement. Cette accumulation peut avoir des conséquences écologiques et sanitaires néfastes, notamment en favorisant la prolifération d'algues toxiques dans les eaux de surface et en compromettant la qualité de l'eau potable. Ainsi, bien que la présence de nitrates dans l'environnement soit une manifestation naturelle du cycle de l'azote, il est essentiel de surveiller et de réguler leur concentration pour préserver l'équilibre écologique et la santé publique [17]. La dose journalière de nitrates admissible pour un homme de 70 kg est de l'ordre de 350 mg de nitrate de sodium par jour. Les valeurs limitent des nitrates dans l'eau, varient de 25 mg/l (CEE) à 50 mg/l (OMS) et (NA) [6].

▪ Nitrites

Les nitrites, représentés chimiquement par NO_2^- , se forment généralement soit par une oxydation partielle de l'ammoniac, soit par la réduction des nitrates. Lorsque l'eau contient une concentration notable de nitrites, dépassant 1 mg/litre d'eau, cela peut être préoccupant. Les directives recommandées pour les concentrations de nitrites dans l'eau potable varient selon les régions et les organismes de santé publique. Par exemple, dans l'Union européenne et en Algérie, les valeurs limites recommandées sont fixées à 0,1 mg/litre d'eau, tandis que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande des concentrations encore plus strictes, inférieures à 1 mg/litre. Ces recommandations sont essentielles pour garantir la sécurité de l'eau potable et prévenir les effets néfastes sur la santé humaine associés à une exposition excessive aux nitrites. [18].

▪ Fluorures

est communément admis que maintenir une concentration de fluorure dans l'eau à un niveau modéré, soit entre 0,4 et 1 mg/l, est bénéfique pour favoriser la formation et la solidité de l'émail dentaire, ainsi que pour protéger les dents contre les caries. Cependant, lorsque la concentration de fluorure dépasse les 2 mg/l, cela peut entraîner l'apparition de taches sur l'émail dentaire, phénomène connu sous le nom de fluorose dentaire. La fluorose dentaire peut s'aggraver avec le temps, se manifestant par des décalcifications et même la chute des dents. En résumé, un équilibre délicat doit être maintenu dans la concentration de fluorure dans l'eau pour assurer une santé dentaire optimale, évitant ainsi les risques de carie tout en évitant les complications associées à une fluorose excessive [5].

▪ Fer

Les eaux de surface peuvent naturellement contenir jusqu'à 0,5 mg/l de fer, provenant soit des sols traversés par l'eau, soit de la pollution industrielle. Dans les réseaux de distribution d'eau, la principale source de fer est généralement la corrosion des conduites. Le fer présent dans l'eau est généralement sous forme ferreuse et peut être assez soluble dans l'eau. Cependant, il peut précipiter une fois que le dioxyde de carbone s'en est échappé ou par exposition à l'air, où il s'oxyde. Du point de vue de la santé, le fer présent dans l'eau ne pose généralement pas de problème physiologique majeur. Cependant, à des concentrations élevées, il peut affecter la qualité organoleptique de l'eau, entraînant un mauvais goût, une couleur indésirable et altérant sa saveur. C'est pourquoi la présence de fer dans l'eau, bien que généralement sans danger pour la santé, peut affecter son acceptabilité et son attrait pour la consommation humaine [7].

▪ Sodium

Le sodium, un élément présent naturellement dans l'eau, affiche des concentrations variables selon les régions géographiques. En général, sa consommation en quantités modérées ne pose pas de risque majeur pour la santé, sauf pour les personnes souffrant d'hypertension. Toutefois, il est recommandé de surveiller la concentration de sodium dans l'eau potable. Les autorités sanitaires préconisent une limite de 200 mg par litre pour garantir une consommation sûre. Au-delà de cette concentration, l'eau peut acquérir une saveur saumâtre et désagréable, ce qui peut altérer son attrait pour la consommation humaine. En outre, les eaux riches en sodium peuvent présenter des défis pour certaines utilisations domestiques, comme la cuisine et la préparation des aliments, car elles peuvent influencer le goût des plats. Ainsi, il est essentiel de surveiller et de contrôler régulièrement la teneur en sodium de l'eau pour garantir la santé publique et le bien-être général [19].

▪ Sulfate

Les sulfates se retrouvent couramment dans les eaux dures, principalement sous forme de sulfates de magnésium et de calcium. À des niveaux élevés, ces composés peuvent entraîner des troubles gastro-intestinaux, surtout chez les enfants, et altérer le goût de l'eau en lui donnant une saveur désagréable [19]. Les normes en vigueur en Algérie fixent une limite maximale acceptable de 200 mg/l (SO_4^{2-}) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l (SO_4^{2-}) pour les sulfates, afin de garantir la qualité de l'eau potable et la santé publique [20].

▪ Calcium

Le calcium, élément métallique alcalino-terreux, se trouve abondamment dans la nature, notamment dans les formations rocheuses calcaires où il se présente sous forme de carbonates. Il joue un rôle essentiel dans la composition de l'eau, étant un composant principal de sa dureté. En effet, dans les eaux potables, le calcium est souvent l'élément prédominant. Dans ces eaux, le calcium est principalement présent sous forme d'hydrogénocarbonates, bien que des traces de sulfates, de chlorures et d'autres composés puissent également être détectées. Les normes de qualité recommandent généralement une concentration de calcium entre 200 et 250 milligrammes de carbonate de calcium par litre d'eau pour garantir une bonne qualité. Cependant, lorsque la concentration de calcium dépasse les 500 milligrammes par litre de CaCO_3 , cela peut avoir des implications sur la qualité de l'eau. Des concentrations élevées de calcium peuvent conduire à une augmentation de la dureté de l'eau, ce qui peut entraîner des problèmes tels que des dépôts de tartre dans les canalisations et les appareils ménagers. Par conséquent, surveiller et contrôler la concentration de calcium dans l'eau est crucial pour maintenir sa qualité et éviter les complications liées à sa dureté excessive [9].

▪ Chlorures

Les chlorures sont présents dans toutes les eaux, mais leurs concentrations varient selon diverses sources. En Algérie, les normes fixent une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500 mg/l pour les chlorures dans l'eau. Lorsque les niveaux de chlorures dépassent ces seuils, cela peut avoir des conséquences néfastes. En effet, une présence excessive de chlorures dans l'eau peut rendre cette dernière corrosive pour les réseaux de distribution, entraînant ainsi des problèmes d'usure prématurée des infrastructures et de contamination de l'eau potable. De plus, une teneur élevée en chlorures peut être nuisible pour les plantes, compromettant leur croissance et leur santé [21].

▪ Potassium

Dans les eaux naturelles, la concentration en potassium se situe généralement entre 10 et 15 mg/l. À de telles concentrations, le potassium ne pose aucun risque pour la santé humaine. Cependant, il est important de noter que la perception du goût peut varier d'une personne à l'autre. Par exemple, le seuil de perception gustative pour les chlorures de potassium est estimé autour de 340 mg/l, mais cela peut varier selon les individus. En d'autres termes, certains consommateurs pourraient détecter une saveur salée à des concentrations plus faibles, tandis que d'autres pourraient ne pas le faire à des concentrations plus élevées. Cette variation individuelle dans la perception gustative souligne l'importance de considérer la sensibilité de chacun lors de l'évaluation de la qualité de l'eau potable [7].

▪ Magnésium

Le magnésium, élément largement répandu dans la nature, représente environ 2.1% de la composition de l'écorce terrestre, ce qui en fait l'un des constituants les plus abondants. Son importance dans la croissance et le fonctionnement optimal du corps humain ne peut être sous-estimée. En effet, le magnésium joue un rôle essentiel en tant qu'élément structural dans la formation osseuse, tout en agissant comme un acteur dynamique au sein des systèmes enzymatiques et hormonaux. Outre son rôle vital dans la physiologie humaine, le magnésium exerce également une influence significative sur la qualité de l'eau. À partir d'une concentration de 100 mg/l, il peut altérer le goût de l'eau potable, provoquant une sensation désagréable, notamment chez les individus sensibles. Cette caractéristique en fait un paramètre important à considérer dans le traitement et la distribution de l'eau potable, afin de garantir une expérience gustative optimale pour les consommateurs [7].

▪ Phosphates

Les ions phosphates, présents dans les eaux de surface et les nappes aquifères, peuvent avoir diverses origines. Ils peuvent être le produit naturel de processus tels que la décomposition de la matière organique et le lessivage des minéraux. Cependant, leur présence peut également être attribuée à des activités humaines, notamment les rejets industriels provenant de secteurs tels que l'agroalimentaire, ainsi que les déchets domestiques contenant des polyphosphates présents dans les détergents et les engrais utilisés en agriculture. Il est important de noter que dans des conditions où l'oxygène est limité, les phosphates se retrouvent généralement à l'état de traces dans les eaux naturelles. Cependant, avec l'insuffisance fréquente des systèmes de traitement des eaux usées, ces phosphates peuvent être introduits dans les eaux de surface telles que les rivières et les lacs par le biais des eaux usées mal traitées. La concentration maximale admissible de

phosphates dans l'eau potable est de 0,5 mg/l, selon les normes établies. Cela souligne l'importance cruciale de contrôler et de limiter la pollution par les phosphates pour préserver la qualité de l'eau et prévenir les effets néfastes sur la santé humaine et l'écosystème aquatique [19].

- **Matières organiques**

Les composés organiques présents dans les eaux, issus de la décomposition d'origine végétale ou animale sous l'action des microorganismes, représentent une préoccupation majeure. Leur présence peut engendrer un goût désagréable, surtout exacerbé par le processus de chloration. Ainsi, une eau contenant une concentration élevée de matières organiques doit être considérée avec suspicion quant à sa contamination, soit bactériologique, soit chimique. Pour évaluer cette teneur en matières organiques, divers tests sont couramment utilisés, notamment la méthode de réduction du permanganate de potassium en milieu acide ou alcalin. En règle générale, les eaux très pures se caractérisent par une demande en oxygène dissous inférieure à 1 mg/l. Cette mesure est cruciale pour évaluer la qualité et la potabilité de l'eau, offrant ainsi des indications précieuses sur son état sanitaire et environnemental [9].

I.6. Contamination de l'eau

Le développement industriel a exacerbé les problèmes de pollution de l'eau, initialement circonscrits à des échelles régionales, puis continentales, et maintenant, ils ont pris une dimension mondiale. Cette expansion s'explique en grande partie par l'augmentation des activités industrielles, agricoles et domestiques, toutes génératrices de quantités importantes de déchets liquides. L'industrie, en particulier, est une grande consommatrice d'eau, mais le véritable défi réside dans le fait que la majeure partie de cette eau, une fois utilisée, est renvoyée dans la nature, contaminée par des déchets divers, des produits chimiques et des métaux lourds. Environ 85% de l'eau utilisée par l'industrie retourne à l'environnement sous forme d'eaux usées [22].

Des évaluations récentes ont identifié les principaux polluants de l'eau, parmi lesquels figurent les effluents d'égout, les nutriments provenant de l'agriculture, les métaux toxiques rejetés par les industries en activité, ainsi que les séquelles de sites miniers abandonnés et les produits chimiques issus de l'industrie et de l'agriculture [23].

Ces évaluations mettent en lumière plusieurs aspects cruciaux :

- La nature et l'ampleur de la pollution de l'eau douce, étroitement liées au développement socio-économique ;
- Les polluants les plus répandus, incluant les matières organiques des eaux usées domestiques, les déchets urbains et les effluents agro-industriels. La lutte contre cette pollution est complexe, car elle est souvent diluée et invisible dans l'eau, tandis que certains toxiques, présents dans le sol, ne manifestent leurs effets néfastes qu'à long terme. De plus, de nombreux polluants interagissent de manière complexe, créant des synergies difficiles à contrôler.

1.7. Normes de qualité de l'eau

Les normes définissant la potabilité de l'eau fixent des seuils limites pour la présence de substances nocives ou indésirables.

- Certains éléments, comme les agents pathogènes (virus, bactéries), doivent être totalement absents de l'eau, car ils présentent un risque majeur pour la santé.
- D'autres substances, telles que les nitrates, les pesticides ou les métaux lourds, sont soumises à des seuils maximaux d'admissibilité. Ces critères sont établis en fonction des connaissances scientifiques actuelles et des risques jugés acceptables, et ils évoluent au fil du temps.

L'eau est aujourd'hui la denrée alimentaire la plus réglementée, nécessitant de nombreux traitements pour assurer sa conformité avant d'atteindre les consommateurs [24].

Le "Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations" établit les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations [25]. Ce texte législatif, fondamental pour la protection de la santé publique, définit les critères et les normes de qualité que doivent respecter les ressources en eau afin de garantir leur sécurité et leur potabilité. Dans un contexte où la préservation des ressources en eau est cruciale face aux défis environnementaux et aux besoins croissants des populations, ce décret vise à encadrer rigoureusement les pratiques de gestion et de traitement des eaux. Il s'inscrit dans une démarche de développement durable, assurant la disponibilité d'une eau de qualité pour les générations actuelles et futures. En fixant des objectifs clairs et mesurables, ce décret contribue à la protection des ressources hydriques tout en répondant aux exigences sanitaires et environnementales.

Conclusion

Ce chapitre sur les généralités et la qualité des eaux naturelles aborde les définitions, les paramètres de qualité et les normes applicables à ces eaux. Les paramètres de qualité, incluant les aspects physiques et chimiques, sont essentiels pour évaluer la potabilité et l'état de l'eau. Les normes de qualité de l'eau, établies par les organismes, fixent les seuils de sécurité pour ces paramètres afin de protéger la santé et l'environnement.

Chapitre II:
Situation géographique et
description de la zone d'étude

Introduction

Le bassin versant du chott Melrhir mesure environ 700000 km², dont seulement 250000 km² ont un réseau actif [26]. Pour des pluies annuelles estimées à 30 milliards de mètres cubes, le ruissellement représenterait environ 4 milliards de mètres cubes [26]. En fait, la connaissance du régime des oueds du Bas Sahara algérien reste très fragmentaire malgré des progrès récents, ce qui empêche de les comparer avec d'autres cours d'eau du domaine désertique. Les oueds qui fournissent les volumes d'eau les plus importants proviennent de l'Atlas saharien, depuis les Monts des Ksour, à l'ouest, jusqu'aux Nemencha, à l'est. Ce sont principalement les Aurès (2326 m) qui alimentent les principaux cours d'eau. Les débits de ces oueds restent mal connus, d'autant que selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Biskra, les stations hydrométriques sont en panne.

II.1. Situation et cadre géographique

La wilaya d'Ouled Djellal, située au sud-est de l'Algérie, se distingue par son altitude relativement basse de 196 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui en fait l'une des villes les plus basses du pays. Elle s'étend sur une superficie de 11 410 km² et abrite une population de plus de 200 000 habitants. La wilaya comprend six communes : Chaïba, Doucen, Sidi Khaled, El Besbes, Ras El Miâd, ainsi que le chef-lieu. En 2021, Ouled Djellal a été officiellement reconnue comme la 51e wilaya du pays, selon le nouveau découpage administratif. Ses frontières sont définies comme suit [31]:

- Au nord, elle est bordée par la wilaya de Msila,
- Au nord-est, par la wilaya de Biskra,
- À l'ouest, par la wilaya de Djelfa,
- À l'est, par la wilaya d'El M'Ghair,
- Au sud, par la wilaya d'Ouargla.

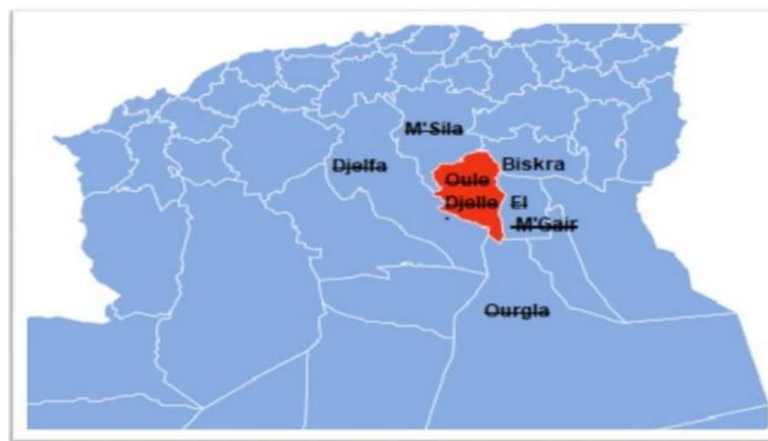


Figure II.1: Carte de la wilaya d' Ouled Djellal (2022)

II.2. Caractéristiques climatique

Le climat de la région étudiée est principalement influencé par sa position géographique, située entre les branches méridionales des Monts de l'Atlas et le Sahara. La circulation de l'air et le relief environnant jouent également un rôle important. Les masses d'air continentales du Sahara, avec leur climat sec et chaud, et les masses d'air de la Méditerranée, apportant un climat plus doux et humide, déterminent les conditions climatiques locales. Ainsi, Ouled Djellel connaît un climat :

- Sec et chaud en été, avec des températures diurnes oscillant entre 35 et 45 °C et des températures nocturnes variant entre 25 et 35 °C.
- Sec et froid en hiver, avec des températures diurnes allant de 10 à 20 °C et des températures nocturnes comprises entre -2 et 5 °C.

II.3. Aperçu hydrologique

Le bassin versant de Chott Melghir couvre une superficie de 68 750 km², soit 3,4% de la surface du bassin saharien, il s'étend entre les chaînes de l'Atlas saharien (Aurès, Nememcha et les monts de Batna) au Nord, jusqu'à la dépression du Sahara septentrional. L'endoréisme est le caractère principal du bassin. Ce dernier compte trente (30) sous bassins, il est drainé par un chevelu hydrographique d'une longueur de 37 822 km d'oueds, coulant vers les zones de dépression, et dont le plus important est celui de Chott Melghir. Les principaux Oueds sont ceux qui drainent les versants sud des Aurès : Oued El Haï (140 km), Oued El Abiod (152 km), Oued el Arab (170 km) et l'Oued Djedai (500 km) qui reçoit les eaux de la partie occidentale du Djebel Amour en avant de la ville de Laghouat et traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra [26,27].

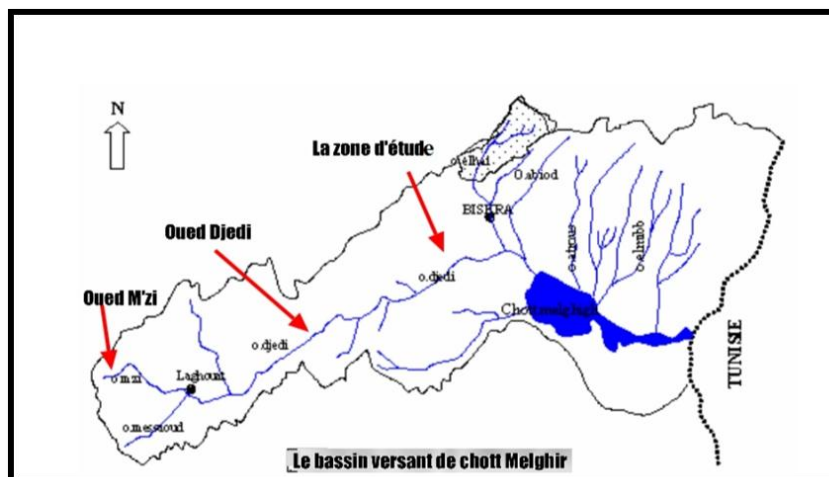


Figure II.2: Le bassin versant de Chott Melghir [28].

II.4. Présentation du bassin versant de l'Oued Dj dai

Oued Dj dai est le plus long Oued du Sahara, mais aussi des plus impétueuses. Du point de vue historique; lorsqu'il est en crue, ses vagues déchainée, emportent sur leur passage d'énormes troncs de palmiers, de cadavres de chameaux, de chevaux, et d'autres objets pesants qu'elles projettent à quelques mètres de hauteur avant de rejoindre son exutoire à chott Mélghir.

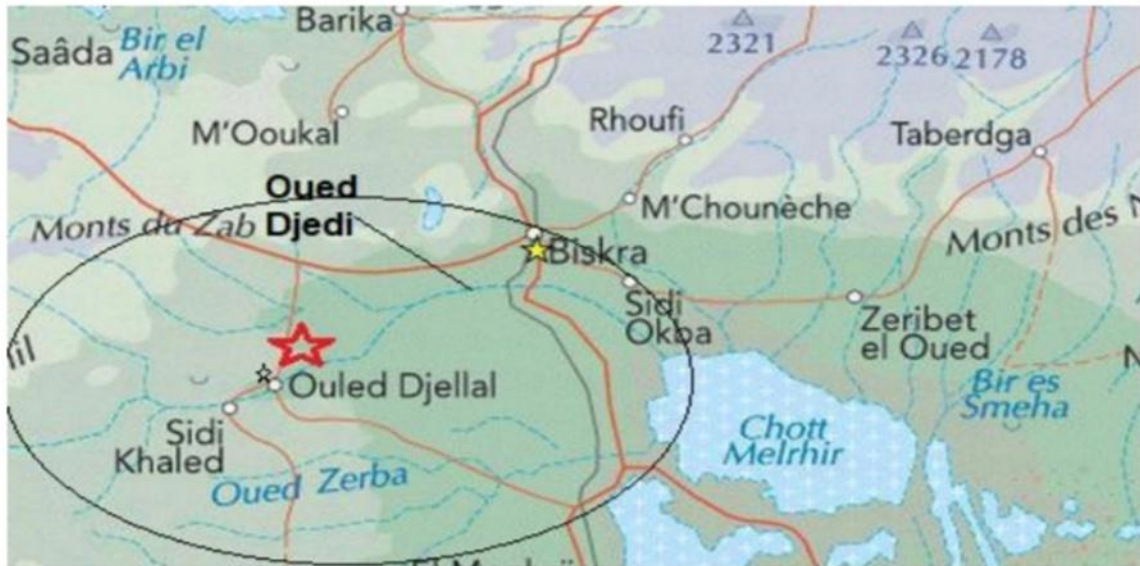


Figure II.3: Situation de l'Oued Dj dai par rapport à Ouled Djellel

Le bassin versant de l'oued Dj dai s'étend sur une superficie de 24 200 km² et constitue le cours d'eau le plus important du bassin versant du Chott Melghir. Il traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra et se jette dans le Chott Melghir. Orienté d'ouest en est, il subit cependant des déviations locales, notamment au niveau de Sidi Khaled où il bifurque vers le nord, avant de reprendre sa direction initiale à Lioua. L'oued Dj dai prend naissance à la confluence des oueds M'zi et Messad, et reçoit plusieurs affluents provenant du flanc sud de l'Atlas saharien. Les principaux affluents de sa partie occidentale sont :

- L'oued M'Zi, qui prend naissance à une altitude de 1593 m.
- L'oued Messad, qui prend naissance à une altitude de 1000 m.
- Les oueds Merguel et Moudjbara, qui prennent naissance à une altitude d'environ 1400 m et se rejoignent pour former l'oued Demmed.

Le profil de l'oued Dj dai révèle une pente très importante entre la région d'Ouled Djellal et l'exutoire du Chott Melghir, ce qui réduit le temps de concentration des eaux de pluie dans la zone d'étude. Les précipitations moyennes annuelles dans le bassin du Chott Melghir varient

entre 200 et 300 mm/an. Le bassin est équipé d'un réseau de mesure dont les données couvrent en moyenne 15 à 20 ans.

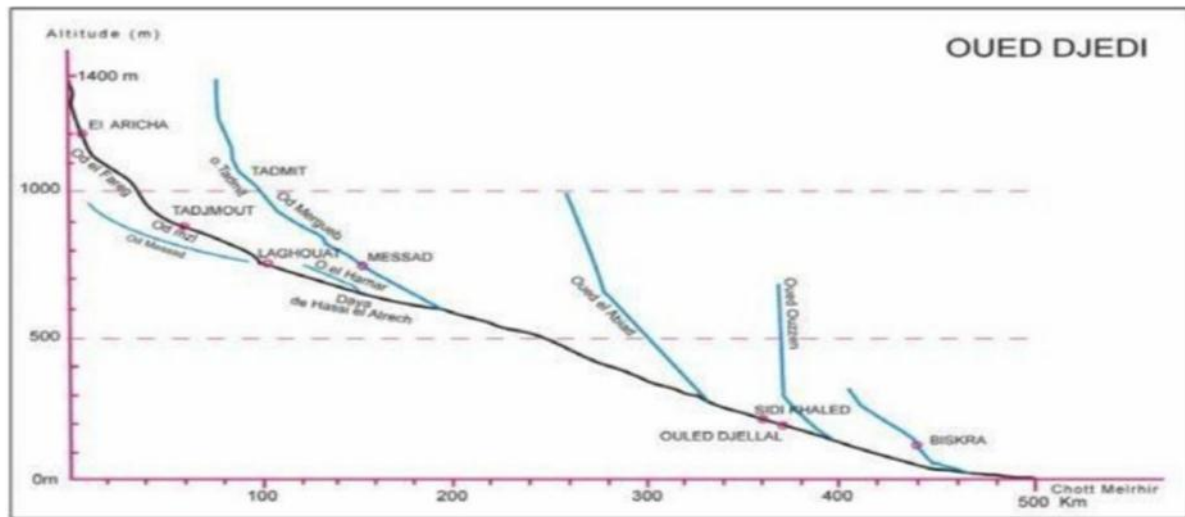


Figure II.4: Profil du bassin versant de l'Oued Dj dai [29].

Conclusion

Parmi les oueds les plus importants, l'oued Dj dai se distingue particulièrement. Avec ses 500 km de long, il reçoit les eaux de la partie occidentale du Djebel Amour avant d'atteindre Laghouat, et traverse ensuite toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra. Ce rôle central dans le drainage du bassin, en conjonction avec d'autres oueds significatifs comme l'Oued El Haï, l'Oued El Abiod et l'Oued el Arab, souligne l'importance de l'oued Dj dai dans l'hydrologie régionale et sa contribution au flux d'eau vers le Chott Melghir.

Chapitre III :
Matériels et méthodes

Introduction

Pour réaliser les analyses physico-chimiques et microbiologiques, nous avons mis à notre disposition plusieurs laboratoires parmi lesquels : Laboratoire ADE BISKRA,

III.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est primordial et délicat car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser. Les prélèvements des eaux des d'Oued Dj dai ont été effectués entre Février et Avril 2024 :

- P₁ : 28/02/2024
- P₂ : 31/03/2024
- P₃ : 21/04/2024

Ces prélèvements sont manuels et sont réalisés en eau stagnée et eau en mouvement. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de 1000 cm³ de capacité. Avant le prélèvement proprement dit, le flacon est rincé soigneusement par l'eau de forage. La conductivité et la température ont été mesurées sur place. Pour chaque échantillon, le flacon doit porter le code de l'échantillon, la date de prélèvement, la remarque (eau stagnée (ES) ou en mouvement (EM))

III.2. Techniques expérimentales

III.2.1. Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux

III.2.1.1. Le pH

▪ Principe

La mesure du pH a été effectuée sur site à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode préalablement étalonnée avec des solutions tampon pH (4 et 7). La méthode consiste à plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher, Après la stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, on lit la valeur du pH directement.

▪ Mode opératoire

- Tout d'abord on rince le bêcher et l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec de l'eau à analyser,
- Remplir le bêcher avec l'échantillon
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation

- ~ Noter directement le pH lorsque sa valeur est stabilisée

Le montage est donné par la figure suivante (Figure III.1) :



Figure III.1 : pH-mètre de type « HANNA HI2550 »

III.2.1.2. La conductivité, salinité et taux des sels dissouts (TDS)

▪ Principe :

La conductivité permet de mesurer la propriété de l'eau à conduire le courant électrique qui dépend de la concentration en sels dissous. Elle permet donc, d'évaluer le degré de minéralisation d'une eau.

▪ Mode opératoire

Premièrement on rince plusieurs fois la cellule de la conductivité avec de l'eau distillée, puis on plonge l'électrode complètement dans un récipient contenant l'eau à analyser. Par la suite on agite l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Enfin on note la valeur finale affichée sur le conductimètre [16]. Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ la conductivité, en % pour salinité et en mg/l pour le TDS.



Figure III.2 : Multi paramètres « HACH »

III.2.1.3. Dosage des ions de Calcium (Ca^{2+})

Pour déterminer la dureté calcique, on emploie le plus souvent une variante de la méthode complexométrique. On utilise l'EDTA en présence de NaOH, et cela à un $\text{pH} = 12$, l'indicateur coloré est la murexide [7].

III.2.1.4. Dosage des ions de Magnésium (Mg^{2+})

La dureté totale ou hydrométrique (TH) est la somme des concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} . Donc la dureté magnésienne est déduite par la différence entre la dureté et dureté calcique.

III.2.1.5. Titre hydrométrique (TH)

Le mode opératoire consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5 ml de solution tampon ($\text{pH} = 10$) et quelques gouttes d'indicateur coloré (Noir d'eriochrome T). Enfin, verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu vert, ce volume versé correspond à la dureté totale (en $^{\circ}\text{F}$) [7].

III.2.1.6. Dosage des Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont dosés par Spectrophotomètre – UV ou UV-Visible (spectrométrie d'absorption moléculaire). Afin d'effectuer le dosage du nitrite, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution étalon mère à 100 mg/l d'azote.



Figure III.3: Dosage de nitrite par spectrophotomètre UV-Visible

III.2.1.7. Dosage des Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont dosés par la méthode de spectrométrie au diméthyle 2.6 phénol, qui est une réaction des nitrates avec le diméthyle-2.6 phénol en présence des acides sulfurique et orthophosphorique, avec production du nitro-4 diméthyle-2.6 phénol. Afin d'effectuer le dosage du nitrate, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution étalon mère à 1000 mg/l d'azote.

III.2.1.8. Dosage de l'Ammonium (NH_4^+)

Sont dosés par la méthode spectrométrique manuelle. Afin d'effectuer le dosage d'ammonium, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution étalon mère à 1000 mg/l d'azote.

III.2.1.9. Dosage des Ortho-phosphates (PO_4^{3-})

Sont dosés par spectrométrie à l'aide du molybdate. Afin d'effectuer le dosage du ortho phosphate, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution étalon mère à 50 mg/l de P.

III.2.1.10. Dosage du fer**▪ Méthode**

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement
- Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 10 mm².
- Établir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses et l'absorbance mesurer correspondante, en en ordonnée.
- Enregistrer la courbe établit sur le spectrophotomètre dans le cas où le coefficient R est supérieur ou égale à 0.995 avec le maximum de point retenues.
- Procéder de la même façon pour l'analyse de l'échantillon.
- Employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai

III.2.1.11. Turbidité**▪ Principe**

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un néphélémètre. Cet appareil mesure la lumière diffusée et la lumière transmise qui permet de détecter les matières non dissoutes.

Un intense faisceau lumineux est dirigé de bas en haut à travers le fond d'une cuve en verre contenant l'échantillon d'eau. La lumière dispersée par les particules de l'échantillon est détectée par un photomultiplicateur placé à 90 mm de la direction du faisceau incident. La quantité de lumière qui atteint le photomultiplicateur est proportionnel à la turbidité. Cette intensité lumineuse est transformée en une intensité électrique transmise à un amplificateur, puis à un galvanomètre qui la mesure, un pare lumière est utilisé pour couvrir la cuve pendant la mesure, à la fois pour protéger de la lumière extérieure et pour piéger la lumière transmise à travers l'échantillon [16].

▪ Mode opératoire

Le mode opératoire consiste à remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec l'échantillon à analyser bien homogène et effectuer rapidement la mesure ; il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La turbidité se mesure en unités néphélométriques de turbidité (NTU).

III.2.1.12. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes. Le dosage de la DBO est effectué en incubant un échantillon d'eau (164 ml) dans le flacon de l'appareil (DBO mètre), on fixe le micromètre (échelle) à 0, on le maintient à l'abri de la lumière et laisse tourner pendant 5 jours à 20°C. Lors de la biodégradation des matières organiques, les micro-organismes consomment l'oxygène de l'air contenue dans le flacon et libèrent le CO₂. Ce dernier est absorbé par les pastilles de hydroxyde de potassium (KOH) par 2 ou 3 pastilles. Les résultats c'est la lecture de l'échelle multiplié par 10.

III.2.2. Détermination de l'indice de pollution organique (IPO)**▪ Méthode de calcul**

La méthode de traitement de données est basée sur l'indice de pollution organique IPO. La classification des paramètres organiques se fait selon cinq classes de qualité correspondant aux couleurs standards [30].

Le suivie d'analyse dans les différents points a fait l'objet de calculer l'un indice de pollution organique selon la méthode de *Leclercq* et *Maquet* (1987) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne (Tableau III.1).

Tableau III. 1 : Grille de la qualité (IPO)

Classes paramètres	Unité	5	4	3	2	1
DBO₅	mg-O ₂ /l	< 2	2 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	>15
Ammonium	mg-N/l	< 0,1	0 ,1 – 0,9	0.9- 2,4	2,5 - 6	>6
Phosphates	µg-P/l	<15	16-75	76-250	251-900	> 900
Nitrites	µg-N/l	<5	6-10	11-50	51-150	>150

▪ **Evaluation de l'indice de pollution organique (IPO)**

L'indice de pollution organique est la moyenne des numéros des classes des 04 paramètres:

- IPO = 5,0 – 4,6 : pollution organique nulle.
- IPO = 4,5 – 4,0 : pollution organique faible.
- IPO = 3,9 – 3,0 : pollution organique modérée.
- IPO = 2,9 – 2,0 : pollution organique forte.
- IPO = 1,9 – 1,0 : pollution organique très forte.

Chapitre IV :
Résultats et discussions

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats obtenus à travers une évaluation approfondie de la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Dj dai, ainsi que l'analyse de l'indice de pollution organique. Ces données sont le fruit d'une série de prélèvements et d'analyses réalisés sur une période donnée, visant à fournir un aperçu précis de l'état actuel de cette ressource en eau.

IV.1. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'Oued Dj dai

IV.1.1. Variation de pH

Les représentations graphiques des valeurs du pH (ES et EM) d'Oued Dj dai (Figure IV.1) varient au cours de l'étude de 7.65 à 8.88, et ces valeurs mesurées sont alcaline, Mais il reste dans les normes de l'OMS (pH entre 6,5 et 8,5). Le pH est un facteur enquêté sur l'acidité ou l'alcalinité.

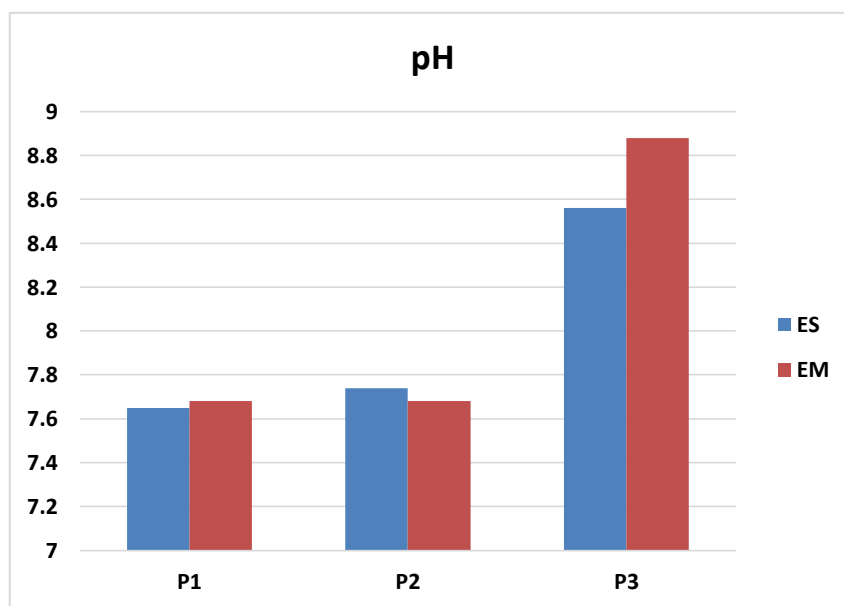


Figure IV. 1: Variation spatiotemporelle du pH des eaux stagnées et eau en mouvement d'Oued Dj dai

La cause de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau de l'oued peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment :

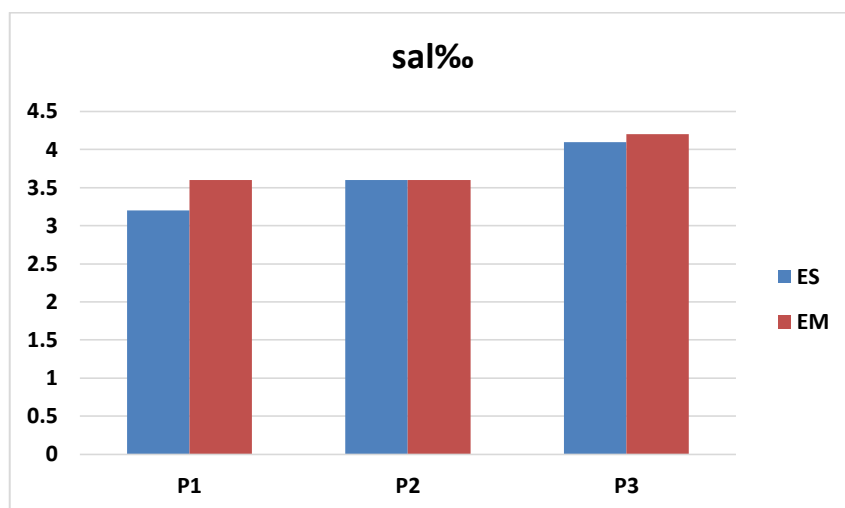
- **Géologie :** Les roches présentes dans le bassin versant peuvent contenir des minéraux qui se dissolvent dans l'eau, augmentant ainsi son acidité ou son alcalinité.
- **Activités humaines :** Les déchets industriels, les rejets agricoles et urbains peuvent contaminer l'eau de l'oued avec des substances chimiques qui modifient son pH.
- **Activité biologique :** La décomposition de la matière organique par des bactéries et d'autres microorganismes peut produire des acides organiques, ce qui peut contribuer à l'acidité de l'eau.

- **Conditions météorologiques :** Les changements dans les météorologiques, tels que les précipitations ou l'évaporation, peuvent affecter la concentration des minéraux dans l'eau, influençant ainsi son pH.
- **Déversement de substances chimiques :** Les déversements accidentels de produits chimiques, tels que les acides ou les bases, peuvent avoir un impact significatif sur le pH de l'eau de l'Oued.

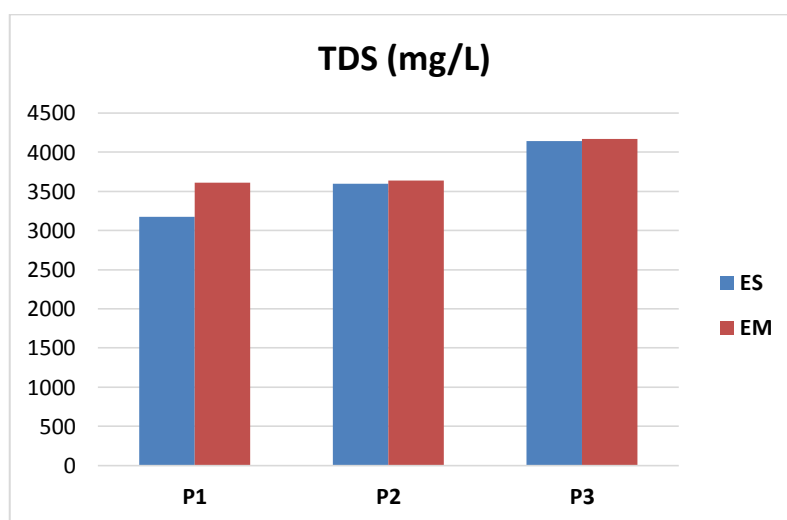
IV.1.2. Variation de la salinité, le taux des sels dissous et la conductivité électrique

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Les résultats de paramètres de qualité de l'eau de l'Oued Djdaï (la variation de la salinité, le taux des sels dissous et la conductivité électrique) sont examinés et interprétés en les comparaisons avec les normes algériennes. La représentation graphique des variations mensuelles des teneurs des paramètres mentionnés ci-dessous montrent que :

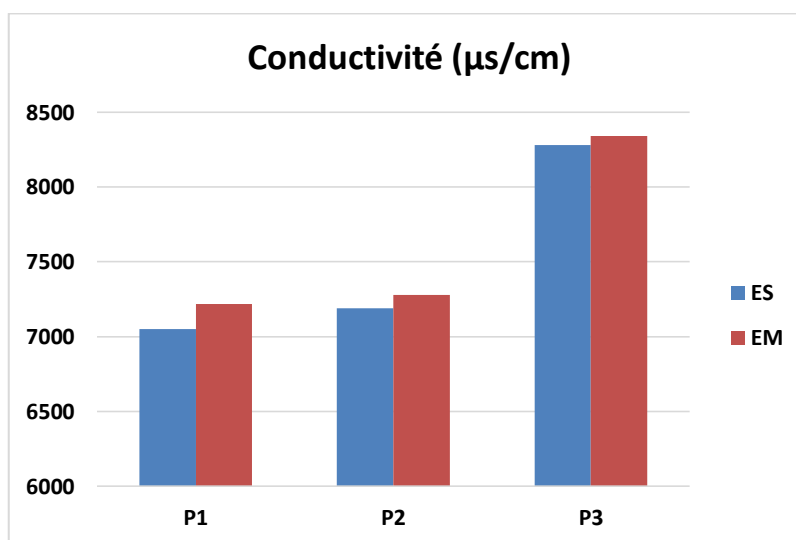
- La salinité de l'eau indique la concentration totale de sels dissous dans l'eau. Les valeurs obtenues (3.2 à 4.2 ‰) (Figure IV.2), montrent que l'eau d'Oued Djdaï est légèrement à modérément saline. Bien que la norme algérienne ne précise pas de seuil spécifique pour la salinité, ces valeurs peuvent indiquer une influence significative de sources de pollution ou d'apports naturels de sels minéraux.
- Le taux des sels dissous dans l'eau (TDS - Total Dissolved Solids) représente la somme des minéraux, sels, métaux dissous dans l'eau. Les valeurs obtenues (3175 à 4170 mg/L) (Figure IV.3), sont nettement supérieures à la norme algérienne, qui fixe le seuil maximal à 1400 mg/L. Cela indique que l'eau d'Oued Djdaï est fortement contaminée par des sels dissous, dépassant largement les limites acceptables pour une utilisation normale (eau potable, irrigation, etc.). Cette forte concentration en sels peut être due à diverses sources, telles que des rejets industriels, agricoles ou des infiltrations d'eau salée.
- La conductivité électrique de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire un courant électrique, ce qui est directement lié à la concentration des ions dissous dans l'eau. Les valeurs obtenues (7050 à 8340 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figure IV.4), sont également bien au-dessus de la norme algérienne de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Une conductivité aussi élevée confirme que l'eau d'Oued Djdaï contient une concentration élevée de sels dissous, ce qui corrobore les observations des taux des sels dissous élevés.



FigureIV.2: Variation spatiotemporelle de la salinité des eaux d'Oued Dj dai



FigureIV.3: Variation spatiotemporelle de taux des sels dissous des eaux d'Oued Dj dai



FigureIV.4: Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique des eaux d'Oued Dj dai

Les valeurs observées pour la salinité, le TDS et la conductivité électrique suggèrent une dégradation significative de la qualité de l'eau de l'oued Dj dai. Les causes potentielles de cette dégradation pourraient inclure :

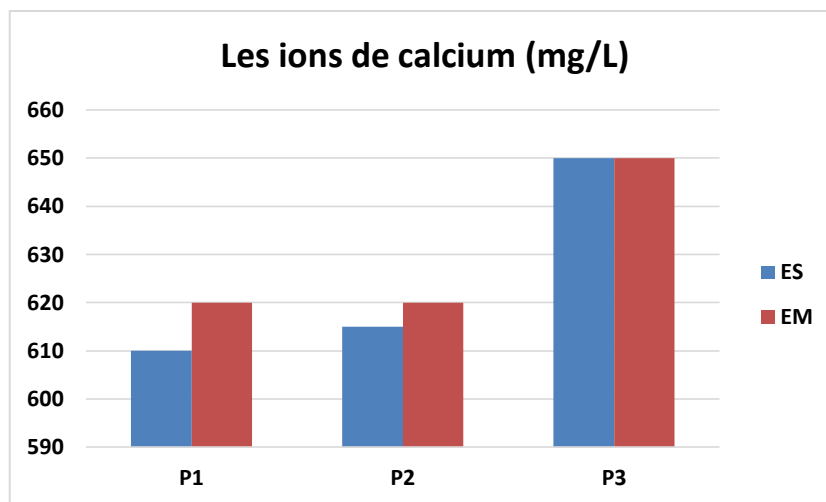
- **Influence Géologique** : Les minéraux présents dans le bassin versant peuvent se dissoudre et augmenter la salinité et la conductivité de l'eau.
- **Activités Humaines** : Les rejets industriels, les effluents agricoles (engrais, pesticides) et les déchets urbains peuvent augmenter la concentration des sels dissous et la conductivité électrique.
- **Conditions Météorologiques** : Les variations climatiques peuvent influencer la concentration des minéraux par des processus comme l'évaporation, qui augmente la concentration de sels dans l'eau.

IV.1.3. Variation de la concentration en ions de calcium, ions de magnésium et dureté totale

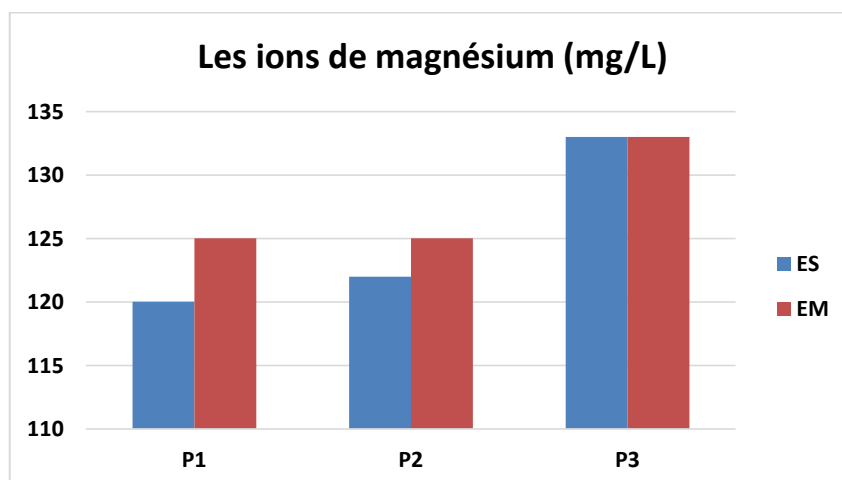
Pour discuter et interpréter les résultats de la qualité de l'eau de l'Oued Dj dai en termes de concentrations en ions de calcium, ions de magnésium et dureté totale (TH), en comparaison avec les normes algériennes, voici une analyse détaillée :

- Les concentrations des ions de calcium varient de 610 à 650 mg/L (FigureIV.5), ce qui est bien au-dessus de la norme algérienne de 200 mg/L. Ces valeurs dépassent la limite recommandée par plus de trois fois. Une telle concentration élevée peut être attribuée à la dissolution des roches calcaires dans la région et à des sources de pollution industrielle ou agricole. Des niveaux aussi élevés de calcium peuvent provoquer des dépôts de tartre dans les canalisations et les appareils électroménagers, et peuvent affecter la qualité de l'eau potable.
- Les concentrations en ions de magnésium varient de 120 à 133 mg/L (FigureIV.6), ce qui est en dessous de la norme algérienne de 150 mg/L, bien que ces valeurs soient proches de la limite supérieure. Ces niveaux indiquent que la concentration en magnésium est acceptable selon les standards algériens, mais il est important de continuer à surveiller régulièrement ces niveaux pour éviter qu'ils ne dépassent la norme en cas de changements environnementaux ou d'activités humaines accrues.
- La dureté totale de l'eau de l'Oued Dj dai varie de 2500 à 2680 mg/L (FigureIV.7), ce qui dépasse de loin la norme algérienne de 600 mg/L. Une telle dureté élevée est principalement due aux concentrations élevées de calcium et de magnésium. L'eau avec une dureté aussi élevée peut être inadéquate pour de nombreuses utilisations domestiques

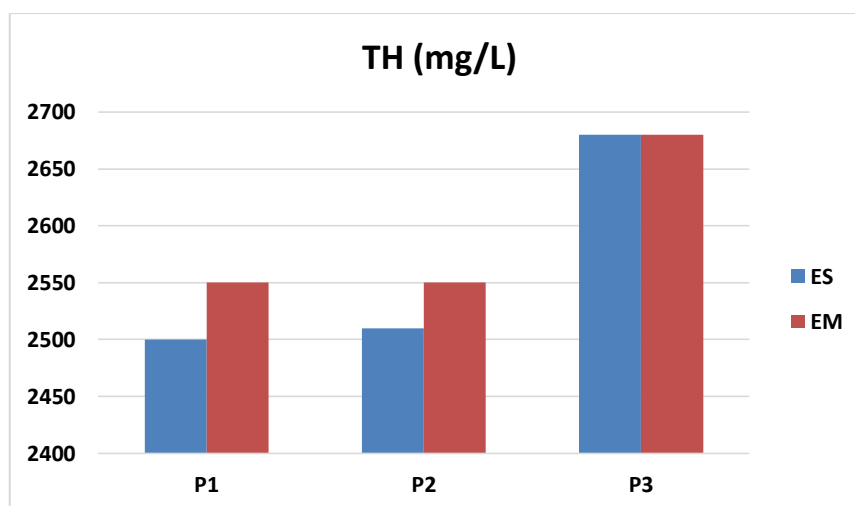
et industrielles sans traitement préalable, provoquant des problèmes de santé chez les personnes sensibles et des dépôts de calcaire dans les systèmes de distribution d'eau.



FigureIV.5: Variation spatiotemporelle des ions de calcium présents dans les eaux d'Oued Dj dai



FigureIV.6: Variation spatiotemporelle des ions de magnésium présents dans les eaux d'Oued Dj dai



FigureIV.7: Variation spatiotemporelle de la dureté totale des eaux d'Oued Dj dai

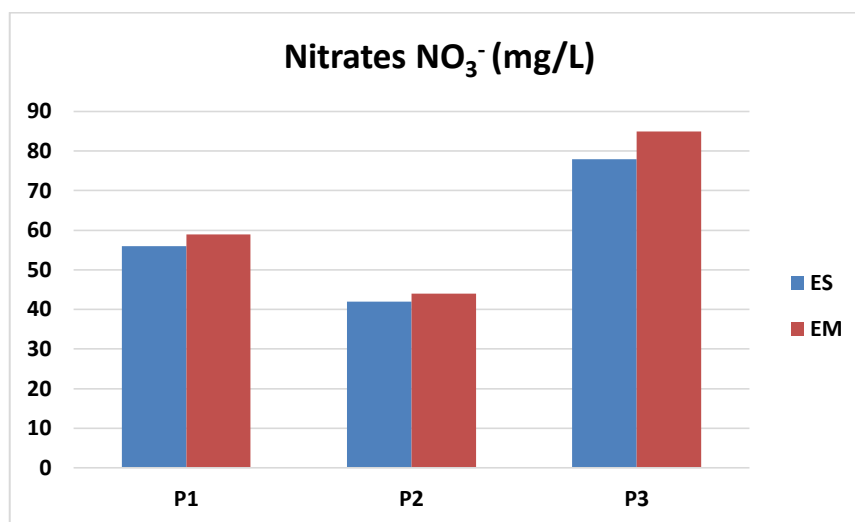
Les résultats montrent que l'eau de l'oued Dj dai présente des niveaux élevés de salinité, de sels dissous et de conductivité électrique, tous dépassant significativement les normes algériennes. Cela indique une importante pollution de l'eau, probablement due à une combinaison de facteurs géologiques, industriels, agricoles et peut-être des infiltrations d'eau salée. Les conséquences possibles sont les suivantes:

- **Environnementales** : L'écosystème aquatique peut être gravement affecté par ces niveaux élevés de salinité et de conductivité, ce qui peut entraîner une diminution de la biodiversité.
- **Agricoles** : L'utilisation de cette eau pour l'irrigation peut entraîner une salinisation des sols, affectant la productivité agricole.
- **Santé publique** : Si l'eau est utilisée pour la consommation humaine, ces niveaux élevés de sels peuvent présenter des risques pour la santé, notamment des problèmes rénaux et cardiovasculaires.

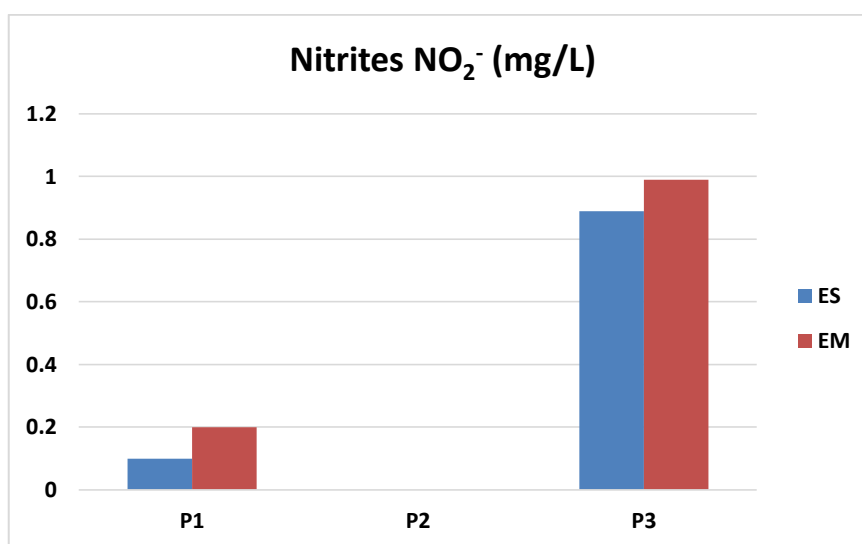
VI.1.4. Variation de la concentration en composés azotés

D'après les résultats obtenus en constat que :

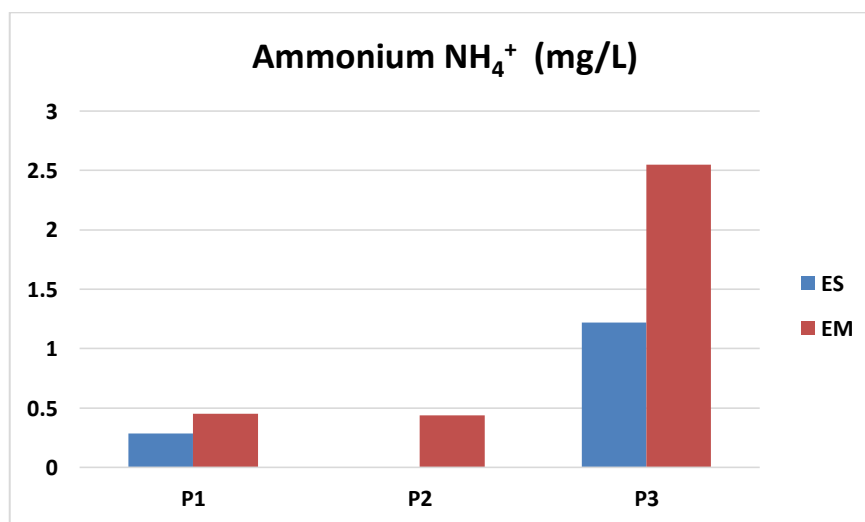
- La concentration des nitrates dans l'eau de l'Oued Dj dai varie entre 42 et 85 mg/L (Figure IV.8). Selon les normes algériennes, cette concentration ne doit pas dépasser 50 mg/L. Cela signifie que la concentration en nitrates est parfois conforme aux normes (42 à 50 mg/L) et parfois excessive (au-delà de 50 mg/L, jusqu'à 85 mg/L). Les niveaux élevés de nitrates peuvent indiquer une pollution due à des sources agricoles (utilisation d'engrais) ou urbaines (rejets domestiques ou industriels).
- La concentration des nitrites varie de 0 à 0.99 mg/L (Figure IV.9), ce qui dépasse largement la norme algérienne de 0.1 mg/L. La présence de nitrites en quantités supérieures aux normes peut être préoccupante, car les nitrites sont plus toxiques que les nitrates. Cela peut indiquer une pollution récente ou en cours, souvent liée à la décomposition de matière organique ou à des effluents industriels.
- La concentration d'ammonium dans l'eau de l'Oued Dj dai varie de 0 à 0.286 mg/L (Figure IV.10), ce qui est en dessous de la norme algérienne de 0.5 mg/L. Cela indique que la concentration en ammonium est généralement conforme aux normes, suggérant une moindre pollution par les composés ammoniacaux, potentiellement due à une moindre activité de décomposition de la matière organique ou une absence de pollution industrielle significative par des substances contenant de l'ammonium.



FigureIV.8: Variation spatiotemporelle des ions de nitrates présents dans les eaux d'Oued Dj dai



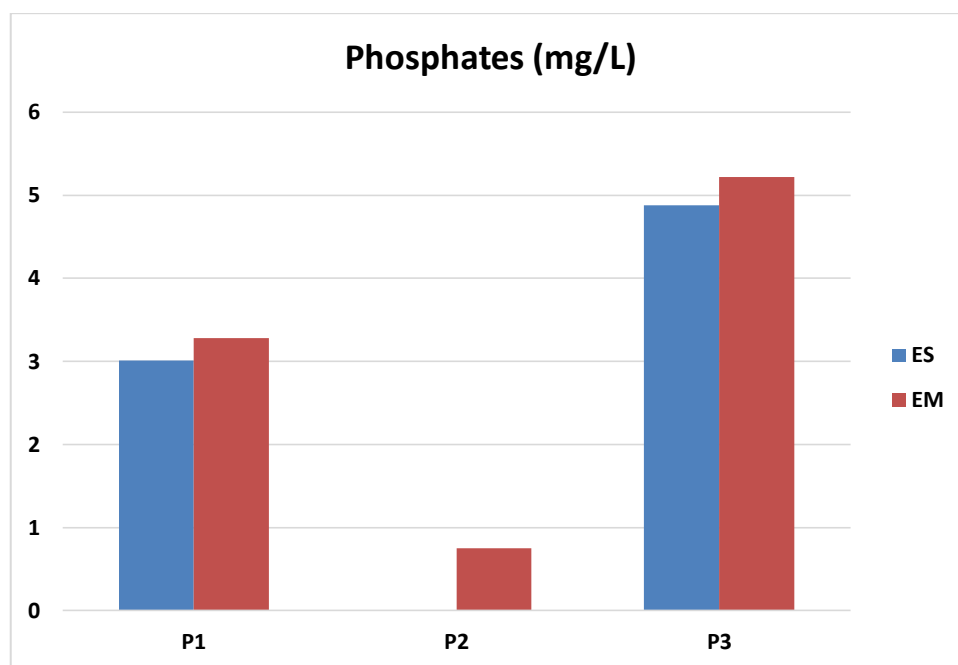
FigureIV.9: Variation spatiotemporelle des ions nitrites présents dans les eaux d'Oued Dj dai



FigureIV.10: Variation spatiotemporelle des ions d'ammonium présents dans les eaux d'Oued Dj dai

VI.1.5. Variation de concentrations des phosphates

Les phosphates sont des composés chimiques qui peuvent être présents dans les eaux naturelles en raison d'activités naturelles et humaines telles que l'agriculture, les rejets industriels et domestiques, ainsi que l'érosion des sols. Dans le cas de l'Oued Dj dai, la variation des concentrations de phosphates va de 0 à 5.22 mg/L (FigureIV.11). Cela suggère une gamme assez large de valeurs, ce qui peut indiquer une diversité d'activités et de sources de phosphates dans cette région. Cependant, il est crucial de noter que selon les normes algériennes, la concentration en phosphates dans l'eau ne doit pas dépasser 0.5 mg/L. Comparant cette norme avec les résultats obtenus, on constate que la concentration maximale de phosphates mesurée dans l'Oued Dj dai dépasse largement cette limite, avec une valeur de 5.22 mg/L. Cela soulève des préoccupations sérieuses concernant la qualité de l'eau dans cette région. Des concentrations élevées de phosphates peuvent avoir des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques, notamment en favorisant la croissance excessive d'algues, ce qui peut entraîner une diminution de l'oxygène dissous et perturber l'équilibre écologique de l'écosystème aquatique.

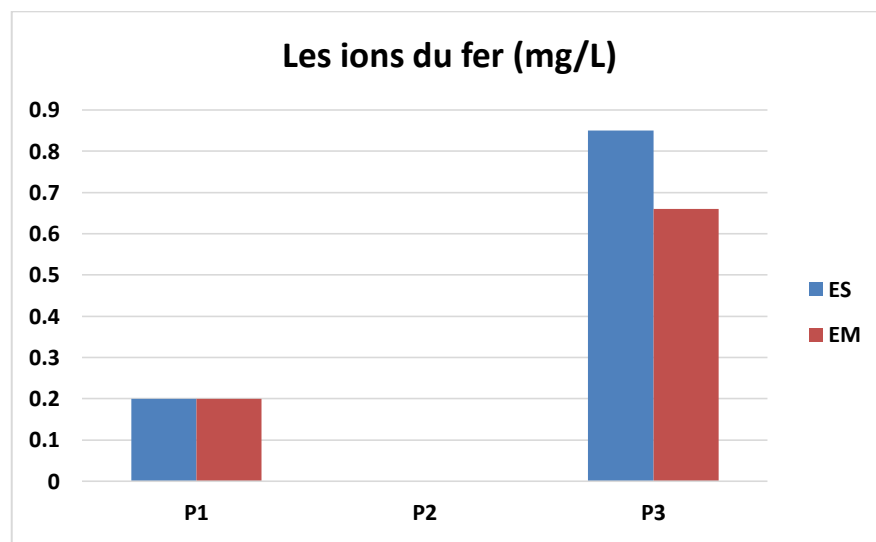


FigureIV.11: Variation spatiotemporelle des ions des phosphates présents dans les eaux d'Oued Dj dai

IV.1.6. Variation de concentrations des ions du fer

D'après les résultats obtenus on constate que, la variation des concentrations en ions ferreux dans les eaux de l'Oued Dj dai se situe entre 0 et 0.85 mg/L (FigureIV.12). Cela signifie qu'il y a une gamme assez large de concentrations possibles dans cette eau. Cependant, selon la norme algérienne, la concentration en ions ferreux ne doit pas dépasser 0.3 mg/L pour être considérée comme sûre pour la consommation humaine ou pour l'utilisation agricole. Dans ce cas, si les

valeurs relevées dans l'Oued Dj dai se situent en dessous de 0.3 mg/L, cela indiquerait que l'eau est conforme aux normes algériennes en matière de qualité de l'eau. Cela signifierait que les concentrations de fer dans l'eau sont acceptables pour divers usages. Cependant, si certaines valeurs dépassent 0.3 mg/L, cela pourrait indiquer une contamination de l'eau par des sources naturelles ou anthropiques, telles que des déchets industriels ou des rejets agricoles. Dans ce cas, des mesures correctives pourraient être nécessaires pour garantir la sécurité de l'eau pour les usages prévus.



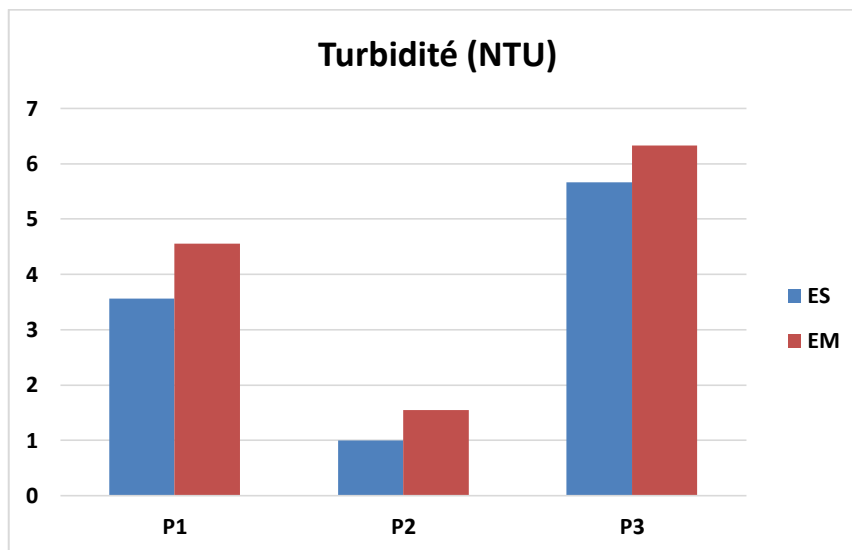
FigureIV.12: Variation spatiotemporelle des ions du fer présents dans les eaux d'Oued Dj dai

VI.1.7. Variation de turbidité

La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau cela est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, matières organiques... etc. Les résultats des valeurs de la turbidité des eaux d'Oued Dj dai sont illustrés dans la FigureIV.13. D'après les résultats obtenus on constate que,

- La variation de la turbidité allant de 1 à 6.33 NTU montre une gamme assez étendue. Pour interpréter ces résultats par rapport à la norme algérienne, qui stipule que la turbidité de l'eau ne doit pas dépasser 5 NTU, nous pouvons diviser cette plage en plusieurs catégories :
- Turbidité inférieure à 5 NTU (1 - 4.99 NTU) : Dans cette plage, la turbidité de l'eau respecte la norme algérienne, ce qui indique une qualité acceptable de l'eau en termes de clarté. Les valeurs plus proches de 1 NTU indiquent une meilleure transparence de l'eau, tandis que celles plus proches de 5 NTU suggèrent une légère turbidité mais toujours conforme à la norme.

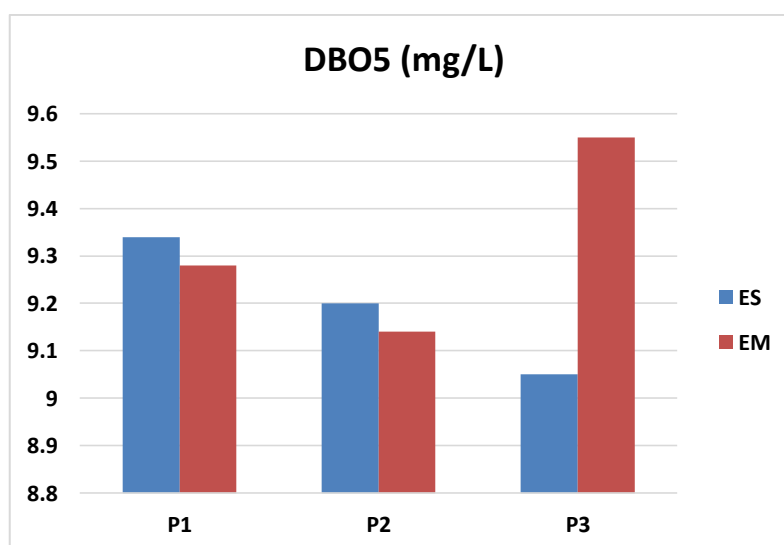
- Turbidité supérieure à 5 NTU (5 - 6.33 NTU) : Dans cette tranche, la turbidité dépasse la limite établie par la norme algérienne. Cela peut indiquer une détérioration de la qualité de l'eau en termes de clarté, ce qui peut être dû à divers facteurs tels que la pollution, les activités humaines ou les conditions météorologiques.



FigureIV.13: Variation spatiotemporelle de la turbidité des eaux d'Oued Dj dai

VI.1.8. Variation de DBO₅

La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅) est une mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation biochimique de la matière organique dans l'eau sur une période de cinq jours. Cette mesure est importante car elle reflète la pollution organique présente dans l'eau, principalement due aux déchets provenant des activités humaines et de l'activité biologique. La variation de la DBO₅ des eaux de l'Oued Dj dai est de 9.05 à 9.55 mg/L (FigureIV.14). Cette variation suggère une certaine présence de matière organique dégradable dans l'eau de l'Oued Dj dai.



FigureIV.14: Variation spatiotemporelle de DBO₅ des eaux d'Oued Dj dai

IV.2. Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux d'Oued

Djdai

L'évaluation de l'Indice de Pollution Organique (IPO) est un outil utilisé pour mesurer le niveau de pollution organique dans les eaux. L'IPO est calculé en se basant sur les concentrations de différents paramètres chimiques dans l'eau, notamment l'ammonium (NH_4), le phosphate (PO_4), le nitrite (NO_2) et la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5). Ces paramètres sont souvent choisis car ils sont indicatifs de la présence de matière organique et de la dégradation de la qualité de l'eau. Pour calculer l'IPO, les concentrations des différents paramètres sont comparées à des valeurs de référence et pondérées en fonction de leur importance dans la pollution organique. Ensuite, les valeurs pondérées sont agrégées pour obtenir un seul indice qui reflète le niveau de pollution organique dans l'eau. Plus l'IPO est élevé, plus la pollution organique est importante. Dans le cas de l'évaluation de l'IPO dans l'Oued Dj dai, le tableau (Tableau IV.1) fourni montre les valeurs calculées pour chaque prélèvement, ainsi que la classification d'IPO correspondante.

Tableau IV.1: Indice de pollution organique (IPO)

N° de prélèvements	Mode de prélèvement	NH_4 mg/L	PO_4 mg/L	NO_2 mg/L	DBO_5 mg/L	IPO	Classification d'IPO
01	$\text{P}_1(\text{ES})$	0.286	3.01	0.1	9.34	2.25	pollution organique forte
02	$\text{P}_1(\text{EM})$	0.45	3.28	0.2	9.28	2.25	pollution organique forte
03	$\text{P}_2(\text{ES})$	0	0	0	9.2	4.50	pollution organique faible.
04	$\text{P}_2(\text{EM})$	0.44	0.75	0	9.14	3.25	pollution organique modérée.
05	$\text{P}_3(\text{ES})$	1.22	4.88	0.89	9.05	2	pollution organique forte.
06	$\text{P}_3(\text{EM})$	2.55	5.22	0.99	9.55	1.75	pollution organique très forte.

L'IPO est un indicateur synthétique qui regroupe l'effet des paramètres précédents. Les valeurs varient ici de 1.75 à 4.50 :

- **Pollution organique forte (2.25)** : Observée dans P_1 (ES), P_1 (EM), et P_3 (ES), cela indique une forte présence de matières organiques et de nutriments.
- **Pollution organique modérée (3.25)** : Observée dans P_2 (EM), cela indique une situation intermédiaire.
- **Pollution organique faible (4.50)** : Observée dans P_2 (ES), cela indique une meilleure qualité de l'eau.
- **Pollution organique très forte (1.75)** : Observée dans P_3 (EM), cela indique une situation critique nécessitant une intervention urgente.

Donc l'Oued Dj dai présente des niveaux variables de pollution organique en fonction des sites et des moments de prélèvement. Les prélèvements P_1 et P_3 montrent des niveaux élevés de pollution, probablement dus à des sources anthropiques comme les rejets industriels et agricoles, tandis que la zone P_2 présente une pollution modérée à faible. Cependant, il est important de surveiller attentivement les niveaux de pollution organique, en particulier dans les endroits où des niveaux plus élevés sont détectés, pour éviter toute détérioration de la qualité de l'eau. Les autorités devraient se concentrer sur les zones les plus polluées pour identifier les sources de contamination et mettre en œuvre des mesures correctives.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les résultats de l'étude de la qualité des eaux de l'oued Djdai montrent que :

- Ces eaux présentent des niveaux élevés de salinité, de sels dissous et de conductivité électrique, tous dépassant significativement les normes algériennes. La salinité varie de 3.2 à 4.2 ‰, les sels dissous de 3175 à 4170 mg/L (la norme étant de 1400 mg/L), et la conductivité électrique de 7050 à 8340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (la norme étant de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cela indique une importante pollution de l'eau, probablement due à une combinaison de facteurs géologiques, industriels, agricoles et peut-être des infiltrations d'eau salée.
- Les concentrations en ions de calcium (610 à 650 mg/L) et la dureté totale (2500 à 2680 mg/L) de l'eau de l'Oued Djdai dépassent largement les normes algériennes. La concentration en ions de magnésium (120 à 133 mg/L) est acceptable mais proche de la limite maximale. Ces résultats soulignent la nécessité de mesures correctives pour réduire la dureté de l'eau et contrôler les sources de pollution. Des interventions, comme des traitements pour adoucir l'eau et des contrôles stricts des activités polluantes, sont fortement recommandées pour améliorer la qualité de l'eau.
- Nitrates : Souvent au-dessus de la limite acceptable, indiquant une pollution potentielle par des sources agricoles ou urbaines.
- Nitrites : Fréquemment au-dessus des limites, ce qui est préoccupant et peut indiquer une pollution récente ou continue.
- Ammonium : Conformes aux normes, suggérant une pollution moins problématique par cette substance.
- La concentration en phosphates atteint 5,22 mg/L : C'est un niveau très alarmant et cela indique une grave pollution de l'eau. À de telles concentrations, il y a un risque élevé de dommages graves à l'écosystème aquatique et à la santé publique. Des mesures immédiates et drastiques doivent être prises pour limiter les déversements de phosphates dans l'Oued Djdai et pour restaurer la qualité de l'eau.
- La variation des concentrations en ions ferreux dans les eaux de l'Oued Djdai, allant de 0 à 0.85 mg/L, démontre une diversité dans la qualité de l'eau. Cela suggère une fluctuation naturelle ou induite par l'activité humaine de la composition chimique de l'eau.
- La variation de la DBO_5 de 9.05 à 9.55 mg/L suggère une certaine présence de matière organique dégradable dans l'eau de l'Oued Djdai.
- Les valeurs des différents paramètres sont généralement plus élevées dans les échantillons d'eau en mouvement par rapport à ceux d'eau stagnée.

- Les prélèvements P_1 et P_3 montrent des niveaux élevés de pollution, probablement dus à des sources anthropiques comme les rejets industriels et agricoles, tandis que le prélèvement P_2 présente une pollution modérée à faible, ce qui nécessite une attention particulière pour la gestion et la protection de la qualité de l'eau.
- Les valeurs des paramètres étudiés de la troisième période sont généralement plus élevées par rapport à celles des première et deuxième périodes. Cette augmentation peut être attribuée aux précipitations qui se sont produites pendant cette période. Lors des précipitations, les eaux de ruissellement peuvent transporter une quantité accrue de contaminants des surfaces terrestres vers les cours d'eau, augmentant ainsi les concentrations de polluants dans l'eau. Cette observation souligne l'importance de prendre en compte les variations saisonnières et météorologiques lors de l'évaluation de la qualité de l'eau et de la gestion des ressources hydriques.

Recommandations et perspectives

Recommandation et perspectives

Les résultats obtenus de l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Dj dai soulignent des niveaux alarmants de la pollution, tous dépassant significativement les normes algériennes. Ces dépassements indiquent une pollution importante de l'eau, probablement due à une combinaison de facteurs géologiques, industriels, agricoles et potentiellement des infiltrations d'eau polluée. Face à cette situation préoccupante, plusieurs recommandations et perspectives peuvent être envisagées :

1. **Contrôle et réduction des sources de pollution** : Il est impératif de mettre en œuvre des mesures correctives pour réduire la pollution de l'eau. Cela inclut des contrôles stricts des activités industrielles, agricoles et urbaines, ainsi que des efforts pour limiter les infiltrations d'eau salée dans le système hydrique.
2. **Traitement de l'eau** : Des interventions telles que des traitements pour adoucir l'eau doivent être envisagées pour réduire la dureté de l'eau et améliorer sa qualité.
3. **Surveillance et contrôle des contaminants** : Une surveillance continue des niveaux de nitrates, nitrites, ammonium, phosphates et autres polluants organiques doit être mise en place. Des programmes de contrôle stricts doivent être élaborés pour limiter les déversements de ces substances dans l'Oued Dj dai.
4. **Restauration de la qualité de l'eau** : Des mesures immédiates et drastiques doivent être prises pour restaurer la qualité de l'eau, en particulier face aux concentrations alarmantes de phosphates. Des stratégies de dépollution, telles que des programmes de réhabilitation des cours d'eau et des zones humides, peuvent être envisagées.
5. **Gestion adaptative et intégrée des ressources hydriques** : La gestion de l'eau dans la région doit être repensée de manière à intégrer les préoccupations liées à la qualité de l'eau. Cela implique une approche intégrée qui prend en compte les aspects hydrologiques, environnementaux, sociaux et économiques.
6. **Sensibilisation et participation communautaire** : Il est essentiel d'impliquer les communautés locales dans la protection et la préservation de la qualité de l'eau. Des programmes de sensibilisation et d'éducation environnementale peuvent être mis en place pour encourager une utilisation responsable des ressources hydriques.

En outre, il est crucial de continuer la surveillance régulière de la qualité de l'eau dans l'Oued Dj dai, en tenant compte des variations saisonnières et météorologiques, afin d'adapter les stratégies de gestion et de protection de manière efficace et durable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]. Michard, G.(2002) . Chimie des eaux naturelles. Principe de géochimie des eaux ; principes de géochimie. Edition publisud 565p
- [2]. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Le U.S. Geological Survey. Qu'est-ce que le cycle de l'eau? URL: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclefrench.html>
- [3]. Degbey C., (2011). Facteurs associés à la problématique de la qualité de l'eau de boisson et la santé des populations dans la commune d'Abomey-calavi au Benin. Thèse de doctorat en Sciences de la santé publique. Ecole de santé publique. Université Libre de Bruxelles (ULB)
- [4]. Bouziane, M., (2000) - L'eau de la pénurie aux maladies. Ed., Ibn khaldoun, pp (11), Alger. CAWST (Technologies d'Eau et Assainissement), (2013) - Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau de Boisson.
- [5]. Desmeule M . (2008) Comité consultatif en environnement.
- [6]. Delarras .C, Trébaol.B, Durand. J, (2007). Surveillance sanitaire et microbiologiques des eaux. édition. TEC et DOC, pp (103-333-403-357), France.
- [5]. Mokeddem K.et Ouddane S., 2005, Qualité Physico-chimique EtBactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur inst itut de biologie, universite de Mascara, pp 18-22.
- [6]. Bouziani M., 2000, L'eau De La Pénurie A La Maladie, Edition Ebeanthaldoun , pp84.
- [7]. Rodier J., 1996, Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduelles, Eau De Mer), 8^{ème} Edition, paris,
- [8]. Guilbert L., 2000, Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, p 21.
- [9]. Berne F.et Jean C., 1991, Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 306 p.
- [10]. Jean-Claude B., 1983, Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, EditionEd. Techniques Ingénieur, pp 2-8.
- [11]. Hade A., 2002, Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 360 p.
- [12]. Coinl M., 1981, La Pratique De L'eau Usage Domestique Collective A L'industrielle, Edition Lavoisier, pp 349-350.
- [13]. Bonnin J., 1982, Aide Mémoire Hydraulique Urbaine, Éditions eyrolles, p 25.
- [14]. Catherine G., 2009, La qualité chimique de l'eau, 3ème Éditions, Paris, p10.

- [15]. Abdesselem A., 1999, Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, universite de Tlemcen, pp 2-18.).
- [16]. REJSEK, Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 2002.
- [17]. Schuddeboom J., 1993, Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, p 11.
- [18]. Boualem R., 2009, Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, p 20-33.
- [19]. Tardat Henry M., 1992, Chimie Des Eaux, 2ème Edition. Les éditions du griffon D'Argile, pp 213-215
- [20]. Paul R., 1998, Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Epuration, utilisation, Société d'Éditions techniques, 192 p.
- [21]. Berne F., 1972, Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 207p.
- [22]. Gupta. D.B. 1992. The importance of water resources for urban socioeconomic development. In International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century
- [23]. PNUE. 1991. Pollution des eaux douces. Bibliothèque de l'environnement PNUE/GEMS. N° 6. Nairobi
- [24]. Guerzou. F,(2008),Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude en Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Biologie. P56.
- [25]. Journal officiel algérien 2011 (www.jouradp.dz) .
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/alg106325.pdf>
- [26]. Dubief J. 1953. Le vent et le déplacement du sable au sahara. Ed. Inst. Rech. Sah., Alger. pp. 26-103.
- [27]. LAHLALI. A, 2019) Etude De Faisabilité D'un Barrage infero-Flux Sur Oued Djedai A Ouled Djellal . Biskra. Mémoire master , université Med Khider Biskra
- [28]. (ANRH) AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES (Document inédit)
- [29]. MEBARKI A. et LABORDE J-P., 2005, Ressources hydrologiques et stratégie d'aménagement et de protection des eaux : cas de l'Algérie orientale, Congrès international :

Polytechnique, LRS Eau, Alger 21-22-23 mai 2005, Algerian Journal of Technology, numéro spécial

[30]. ADOUR G. (2001). Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le seq-eau François SIMONET, revue de l'Agence de l'Eau N°81, p.7-8.

[31]. Hamza Labachi. (2021). Etude de la possibilité de la protection de la ville d'Ouled Djellel et ces environs contre les crues de l'Oued Djedi. Mémoire de Master. Université de Biskra. http://archives.univbiskra.dz/bitstream/123456789/22029/1/LABACHI_Hamza.pdf

.

Annexe

Annexe 01 :

Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations

Annexe : Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	—	20	3
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
	Ammonium	mg/l	4	0,5

Groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Valeur maximale	
			Eaux superficielles	Eaux souterraines
Paramètres chimiques	Baryum	mg/l	1	0,7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0,3
	Fluor	mg/l	2	1,5
	Manganèse	mg/l	1	0,05
	Nitrates	mg/l NO3	50	50
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	μg/l	100	10
	Cadmium	μg/l	5	5
	Chrome	μg/l	100	50
	Cuivre	Mg/l	2	0,05
	Cyanures	μg/l	100	50
	Mercure	μg/l	10	6
	Plomb	μg/l	50	10
	Sélénium	μg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	μg/l	1	0,2
	Hydrocarbures dissous	μg/l	1000	10
	Phénols	μg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
Paramètres microbiologiques	Azote Kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	μg/l	1	0,5
	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	—	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Résumé

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser la qualité des eaux de l'Oued Dj dai. À cette fin, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques sur six échantillons d'eau prélevés au cours de trois mois (février, mars et avril), ainsi que calculé l'Indice de Pollution Organique (IPO) pour évaluer la contamination par des substances organiques potentiellement polluantes. Les résultats des analyses physico-chimiques indiquent que les eaux de l'Oued Dj dai ne sont pas conformes aux normes algériennes en matière de potabilité, révélant ainsi une mauvaise qualité de l'eau. Les résultats du calcul de l'IPO suggèrent une présence variable de pollution organique, avec des niveaux généralement modérés à très forts dans certains cas, soulignant la nécessité d'une attention particulière pour la gestion et la protection de la qualité de l'eau.

Abstract

The objective of this study is to analyze the water quality of the Oued Dj dai. To this end, we conducted physicochemical analyses on six water samples collected over three months (February, March, and April), as well as calculated the Organic Pollution Index (OPI) to assess contamination by potentially polluting organic substances. The results of the physicochemical analyses indicate that the waters of the Oued Dj dai do not comply with Algerian drinking water standards, revealing poor water quality. The results of the OPI calculations suggest a variable presence of organic pollution, with generally moderate to very high levels in some cases, highlighting the need for particular attention to the management and protection of water quality.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة مياه وادي جدي. ولهذا الغرض، أجرينا تحاليل فيزيائية وكيميائية على ستة عينات مياه تم جمعها على مدى ثلاثة أشهر (فبراير ومارس وأبريل)، بالإضافة إلى حساب مؤشر التلوث العضوي (IPO)، لتقييم التلوث بواسطة المواد العضوية المحتملة للتلوث. تشير نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه وادي جدي إلى أنها لم تعد تفي بمعايير الصلاحية لشرب المياه في الجزائر، مما يشير إلى سوء جودة المياه. تظهر نتائج حساب مؤشر التلوث العضوي لمياه وادي جدي وجودًا متفاوتًا للتلوث العضوي، مع مستويات عمومًا من معتدلة إلى شديدة في بعض الحالات، مما قد يتطلب اهتمامًا خاصًا لإدارة وحماية جودة المياه.

27 ديسمبر 2020

ملحق بالقرار رقم 1082... المؤرخ في
الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي والبحث العلمي:

نموذج التصريح الشرفي
الخاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث

أنا الممضي أسفله.

السيد(ة): شكراي أسماء الصفة: طالب، أستاذ، باحث طالبة
الحامل(ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم 207203638 والصادرة بتاريخ 01 - 12 - 2021
المسجل(ة) بكلية / معهد علوم وتكنولوجيا قسم كيمياء صناعية
والمكلف(ة) بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه).
عنوانها: تحسين جودة وتحليل مؤش التلون العضوي لمياه واد حدي

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 2024.06.19

توقيع المعني (ة)

Chellouai

Annexe à l'arrêté n°1082 du
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Etablissement d'enseignement supérieur
et de recherche scientifique ;

Modèle de déclaration sur l'honneur
relatif à l'engagement aux règles d'intégrité scientifique
en vue d'élaboration d'une recherche

Je soussigné(e),

Mr. Mme : *Chellouai asma -*

Qualité : étudiant, enseignant, chercheur : *étudiante*

Portant carte d'identité n° *207203 638* délivrée le : ... *01-12-2021*

Inscrit(e) à la faculté/institut *Sciences et Tech* département de *Chimie industrielle*

Chargé(e) d'élaborer des travaux de recherche (mémoire, mémoire de master, mémoire de
magister, thèse de doctorat) dont le titre

est : *Évaluation de la qualité et analyse de l'indice de pollution
organique des eaux d'Oued Djedai.*

Je déclare en mon honneur de m'engager à respecter les critères scientifiques et méthodologiques
ainsi que les critères d'éthique de la profession et de l'intégrité académique requises dans
l'élaboration de la recherche sus citée.

Le *19-06-2024*

Signature de l'intéressé(e)

Chellouai