



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science biologique

Spécialité : Toxicologie

Intitulé:

Analyse de la qualité physico-chimique et les risques toxicologiques des eaux d'oued el Ksob (région de Bordj Bou Arreridj)

Présenté par:

Bendiaf Khouloud et Ben Hamimid Walaà

Soutenu le 10/06/2025, Devant le Jury :

Président	Mr. Amara Korba Raouf	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant	Mr. Zaafour Mohamed Djilil	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Co-Encadrant	Mr. CHEKCHAKI Samir	MRB	Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt)
Examineur	Mme. Frahtia Amal	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2024/2025



Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier **ALLAH le Tout-Puissant** qui nous a offert la force et l'espoir nécessaires pour accomplir ce modeste peiner.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers **les membres du jury** qui ont eu l'amabilité d'évaluer ce travail.

On remercie spécialement notre encadreur, **Monsieur M. Zaafour Mohamed Djilil**, pour sa supervision rigoureuse de notre travail et son accompagnement constant. Sa bienveillance et ses recommandations ont grandement participé à la réalisation de ce travail. Voici l'expression de notre admiration, notre gratitude et notre respect.

Je tiens à exprimer ma gratitude à **Monsieur Makhoukh Nasser el Dine**, le responsable de laboratoire de SNV, ainsi qu'à **Monsieur Amer**, l'ingénieur de laboratoire, pour leur soutien et leurs précieux conseils.

Au final, si par inadvertance nous avons omis quelqu'un, qu'il nous pardonne et soit remercié.

Khouloud et Walaà



Dédicace

Alhamdoulillah, qui m'a accordé la force, la patience et la sagesse nécessaires pour accomplir ce travail. **Louange à Dieu** pour ses bienfaits innombrables et son soutien tout au long de ce parcours.

À mes chers parents, pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre foi en moi, même lorsque je doutais. Vous êtes ma force, mon refuge et ma plus grande source de motivation.

À mes chers frères, qui, chacun à leur manière, ont su me faire rire, me soutenir et me rappeler l'importance de la famille.

À Monsieur Zaafour Mohamed Djalil, mon encadrant, pour votre écoute, votre patience et vos conseils, qui ont nourri ce travail et m'ont permis de grandir bien au-delà du cadre académique.

À ma chère Ben Hamimid Walaa, ma précieuse binôme. Merci pour ta bienveillance, ta rigueur, ton soutien indéfectible et toutes ces heures partagées, entre rires, doutes et persévérance.

Ce mémoire est aussi le tien. **À mes chères amies**, pour votre présence lumineuse dans les moments sombres, pour vos mots, vos silences, vos gestes... merci d'avoir été là.

À mes chères tantes, pour votre amour, votre tendresse et votre présence réconfortante, merci d'être toujours là pour moi.

À toutes les personnes, de près comme de loin, qui ont contribué à l'élaboration de ce travail, À vous tous, Merci du fond du cœur.

Khouloud

Dédicace

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute la gratitude que je ressens aujourd'hui. Ce travail est l'aboutissement d'un parcours jalonné de doutes, d'efforts, mais surtout de belles rencontres et de soutiens inestimables.

À mes parents et mes chers frères, vous qui avez toujours cru en moi, même lorsque la fatigue prenait le dessus. Merci pour votre amour inconditionnel, vos encouragements silencieux et vos sacrifices que je mesure un peu plus chaque jour. Votre présence a été ma plus grande force.

À notre encadreur M. Zaafour Mohamed Djalil, je tiens à exprimer ma reconnaissance pour votre patience, votre écoute et vos conseils avisés. Votre accompagnement bienveillant a été essentiel dans la réalisation de ce travail et m'a permis de grandir autant sur le plan académique que personnel.

À mon mari d'amour, le héros de ma vie qui m'encourage tout le temps dans toutes les pattes de ma vie.

À la famille de Mon Mari, ma seconde famille, me soutiennent avec encouragement. Je vous remercie pour votre soutien ininterrompu.

À ma sœur Bendiaf Khouloud, mon autre moitié, qui me porte dans les moments de joie et de tristesse, qui m'a toujours soutenue à chaque instant.

Walaà

Table des matières

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Liste des abréviations

Introduction générale2

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1.Généralité sur l'eau..... 5

2.Cycle de l'eau..... 5

3. Les différents types de l'eau.....6

3.1. Les eaux de surface.....6

3.2. Les eaux souterraines.....6

4.Qualité des eaux.....6

5. Caractéristiques des eaux7

5.1. Caractéristiques physiques7

5.1.1. Turbidité.....7

5.1.2. Température (T° C)7

5.1.3. Conductivité électrique CE.....7

5.1.4. Matières en suspension MES..... 7

5.2. Caractéristiques chimiques..... 8

5.2.1. Potentiel hydrogéné PH.....8

Table des matières

5.2.2. Oxygène dissous.....	8
5.2.3. Demande biologique en oxygène DBO5.....	8
5.2.4. Demande chimique en oxygène DCO.....	8
5.2.5. Nitrites NO ₂ -.....	9
5.2.6. Nitrates NO ₃ -.....	9
5.3. Caractéristiques microbiologique.....	9
6. Pollution de l'eau.....	10
7. Les maladies à transmission hydriques.....	10
8. Normes et classes de qualité des eaux superficielles.....	11

Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude.....	14
2. Le réseau hydrologique.....	15
3. Principaux oueds dans la région bordj Bou Arreridj.....	15
3.1. Oued El Ksob	15
3.2. Importance d'Oued El Ksob	16
4. Les principaux types et origines de pollution dans la zone d'étude.....	17
5. Méthode de travail.....	18
6. Collecte des données	18
7. Localisation des stations de prélèvement.....	19
8. Prélèvement des échantillons	19
9. Analyses au laboratoire	19
10. Protocole d'analyse	20

Chapitre III: Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques	22
2. Résultats d'analyses	22
3. Discussion	23
3.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	23
3.2. La turbidité.....	23
3.3. Conductivité électrique (CE).....	24
3.4. Matières en suspensions (MES).....	25
3.5. Alcalinité.....	26
3.6. Dureté.....	26
3.7. Chlorure Cl^-	27
3.8. Nitrite NO_2^-	28
3.9. Nitrate NO_3^-	28
3.10. Phosphate PO_4^{3-}	29
4. Risques Toxicologiques.....	29
4.1. Déchets.....	30
4.1.1. Impacts sur l'eau.....	30
4.1.2. Impacts sur la santé humaine.....	30
4.2. Métaux lourds.....	30
4.2.1. Impacts sur l'eau.....	30
4.2.2. Risques pour la santé humaine.....	31
4.2.3. Toxicité sur les plantes.....	31
4.3. Pesticides.....	31

Table des matières

4.3.1. Impacts sur l'eau.....	32
4.3.2. Impacts sur la santé humaine.....	32
5.discussion générale	32
5.1. Impacts et risques toxicologiques liés aux déchets, engrais et pesticides.....	34
Conclusion	36
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1: Principales maladies à transmission hydrique et agents microbiologiques responsables	11
Tableau 2: Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable.....	12
Tableau 3: Résultats d'analyses d'eau d'Oued el Ksob	22

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1: Cycle de l'eau.....	5
Figure 2: Carte de localisation de la région d'étude.....	14
Figure 3: Carte d'Oued el Ksob.....	16
Figure 4: Ecoulement des effluents domestiques et industriels directement dans l'Oued.....	17
Figure 5: Localisation des points d'échantillonnage.....	18
Figure 6: Fiche de terrain	19
Figure 7: Variation du pH dans la zone d'étude.....	23
Figure 8: Variation de la turbidité dans la zone d'étude.....	23
Figure 9: Variation de la conductivité électrique dans la zone d'étude.....	24
Figure 10: Variation de la matière en suspension dans la zone d'étude.....	25
Figure 11: Variation des TAC dans la zone d'étude.....	26
Figure 12: Variation de la dureté dans la zone d'étude.....	26
Figure 13: Variation des chlorures dans la zone d'étude.....	27
Figure 14: Variation des nitrites dans la zone d'étude.....	28
Figure 15: Variation des nitrates dans la zone d'étude.....	28
Figure 16: Variation de phosphate dans la zone d'étude.....	29

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Abréviations	Significations
Abs	Absorbance
BBA	Bordj Bou Arreridj
BV	Bassin versant
CE	Conductivité électrique
Cm	Centimètre
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
EDTA	Acide éthylène-diamine-tétra-acétique
HCL	Acide chlorhydrique
Km	Kilomètre
M	Molarité
MES	Matière en suspension
Mg	Magnésium
ml	Millilitre
mol	Mole
N	Normalité
nm	Nanomètre
NTU	Néphélométrie Turbidité Unit
OMS	Organisation Mondial de la Santé
pH	Potentiel hydrogéné
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet

Liste des abréviations

Liste des symboles et des formules chimiques

Symboles	Significations
%	Pourcentage
AgNO ₃	Nitrate d'argent
°C	Degré Celsius
¼	Un quart
1°F	Degré français
Ca ²⁺	Calcium
Cl ⁻	Chlorure
CO ₃ ²⁻	Carbonate
mg/L	Milligramme par litre
mS/cm	Millisiemens par centimètre
NO ₂ ⁻	Nitrite
NO ₃ ⁻	Nitrate
O ₂	Oxygène
PO ₄ ³⁻	Phosphate
µs/cm	Micro siemens par centimètre

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est le pilier et l'élément vital de la vie, un composant essentiel à tous les aspects de notre existence. C'est l'élément fondamental sur lequel repose la vie, couvrant plus de 70 % de la surface de la Terre. L'eau est indispensable dans les processus biologiques et chimiques qui favorisent la vie, elle fertilise le sol et établit l'équilibre écologique. Elle donne la possibilité aux végétaux de croître, aux animaux de subsister et aux êtres humains de s'épanouir. Sans elle, aucun organisme vivant ne peut persister à l'existence (**Assouline, 2007**).

Actuellement, la qualité des eaux en Algérie a subi une détérioration sans précédent due à la pression considérable exercée par les activités humaines (agriculture, industrie, eaux usées domestiques et industrielles, élevage,...etc.), conjuguée à celle de phénomènes naturels (la sécheresse et l'érosion des sols...ect). Cela a entraîné une dégradation de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau, rendant celle-ci inadaptée à diverses utilisations (**Touhari, 2015**).

La wilaya de Bordj Bou Arreridj abrite une multitude de sources d'eau de surface. On considère l'oued Bou Sellam et l'oued El Ksob comme les principaux flux d'eau qui parcourent la wilaya. Effectivement, Oued El Ksob fait face récemment à de sérieux problèmes pour ses résidents en représentant un danger pour la santé publique, ceci étant dû aux milliers de déchets toxiques qui y sont déversés chaque jour. Effectivement, du départ sud de Bordj Bou Arreridj jusqu'au barrage d'El-Ksob (M'sila), le ruisseau traverse de vastes superficies agricoles, ce qui engendre des enjeux concernant l'irrigation de ces terres par l'eau chargée de multiples polluants (**Fareh et Sedira, 2024**).

Dans ce contexte, notre travail vise à évaluer la qualité physico-chimique et les risques toxiques des eaux de l'Oued El Ksob (Bordj Bou Arreridj), ainsi que leurs impacts sur l'environnement et la santé publique.

Pour atteindre cet objectif, nous avons organisé ce mémoire en quatre chapitres principaux:

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique détaillée sur les aspects généraux et les standards relatifs aux eaux de surface et leurs propriétés.
- Le second chapitre offre un aperçu général sur la région d'étude.
- Le troisième chapitre est consacré à la partie matériel et méthodes, rappelant les techniques et les protocoles d'analyses physico-chimiques mis en œuvre au laboratoire.

Introduction générale

- Le quatrième chapitre détaille spécifiquement la présentation de nos résultats et les discussions, ainsi que les risques toxicologiques signalés dans les zones étudiées, pour conclure ensuite avec une conclusion globale.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Généralité sur l'eau:

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire, composé d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). Elle constitue la base essentielle des processus biologiques et l'élément le plus crucial des organismes vivants. L'eau se retrouve dans l'écosphère sous trois états: solide, liquide et gazeux, dépendant des conditions particulières de température et la pression. L'eau possède des caractéristiques physicochimiques assez exceptionnelles comparées aux autres liquides, en raison de son rôle d'excellent solvant qui lui permet de dissoudre une multitude de gaz, ainsi que des substances minérales et organiques (**Bengarnia, 2016**).

2. Cycle de l'eau:

L'eau se trouve partout autour de nous et représente un des composants essentiels de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, à la surface et dans le sous-sol de notre terre (**figure 1**).

Cette eau, suite à un refroidissement de l'air, se transforme en gouttes ou en cristaux de glace et est ensuite précipitée sous forme de pluie, de neige ou de grêle sur la lithosphère. Environ ¼ d'elle pénètre, ¼ s'écoule, tandis que le dernier quart s'évapore (**Djedadoua, 2017**).

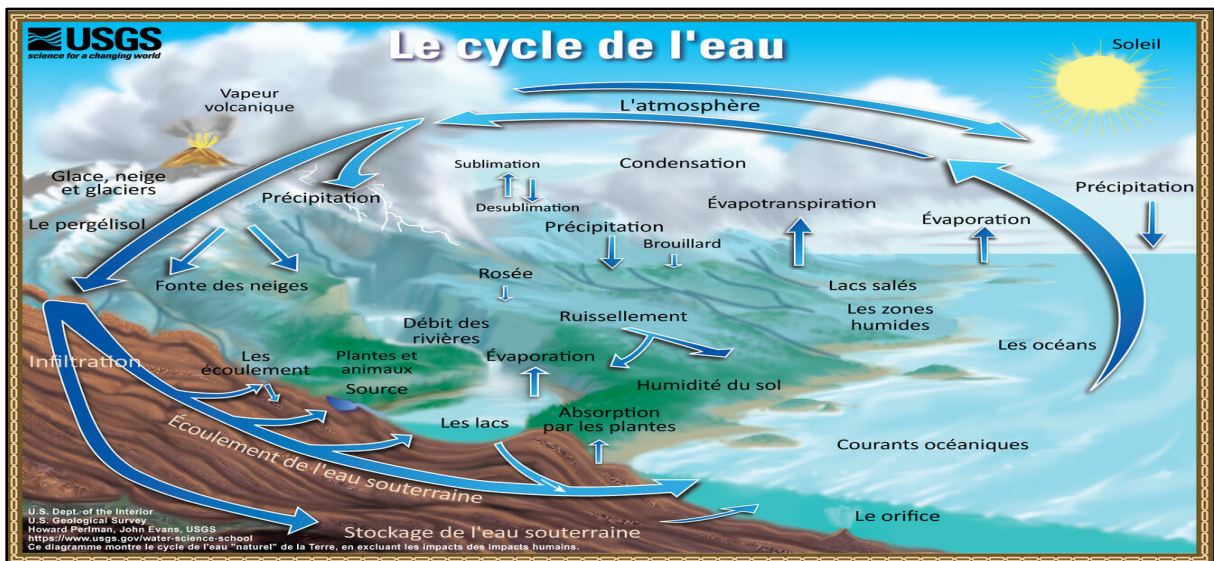


Figure 1: Cycle de l'eau [W.S1].

3. Les différents types de l'eau:

3.1. Les eaux de surface:

On définit les eaux de surface comme toutes les masses d'eau courantes ou stagnantes, qu'elles soient douces, saumâtres ou salées. Cela concerne principalement les cours d'eau, les océans, les mers, les lacs et les eaux qui ruissellent. La température varie selon le climat et les saisons. Les matières en suspension varient en fonction des précipitations et des caractéristiques

du sol et du relief environnants. Sa composition en minéraux varie selon le sol, les précipitations et les rejets; elle a une faible capacité de rétention des nitrates.

Généralement, l'eau de surface est riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone. À un moment ou à un autre, après avoir peut-être contribué à la vie physiologique de la flore ou de la faune, l'eau de surface s'évapore ou rejoindra le flux lent des eaux souterraines (**Charif et al., 2022**).

3.2. Les eaux souterraines :

L'expression « eau souterraine » désigne l'eau qui réside sous la surface terrestre et qui remplit soit les fissures des roches, soit les pores des matériaux granulaires tels que le sable et le gravier. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique ; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval.

À l'opposé de l'eau de surface, l'eau souterraine ne s'écoule pas comme un ruisseau ou une rivière ; elle se déplace plutôt en profondeur à travers les structures géologiques qui composent le milieu souterrain (**Myrand, 2008**).

4. Qualité des eaux:

La qualité de l'eau est déterminée par les niveaux de diverses substances qu'elle renferme, ainsi que par leurs conséquences sur l'écosystème et sur la santé humaine.

Elle peut être évaluée en tenant compte de plusieurs paramètres tels que la composition, la conductivité et l'utilisation prévue. Effectivement, les critères de qualité de l'eau varient en fonction de son utilisation, que ce soit pour l'eau de lavage, l'eau de refroidissement, l'eau potable, etc (**Serge et Stéphane, 2000**).

5. Caractéristiques des eaux:

5.1. Caractéristiques physiques:

5.1.1. Turbidité:

La turbidité est associée à la quantité variable de particules en suspension, qu'elles soient minérales ou organiques, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes (**Slimani, 2003**).

Elle incarne l'opacité d'un environnement trouble. Une petite portion de la turbidité peut aussi être attribuée à la présence de substances colloïdales, qu'elles soient d'origine organique ou minérale (**Mabrouki et Saoudi, 2020**).

5.1.2. Température (°C):

Dans les études de l'eau, le facteur le plus crucial est la température. Elle exerce une influence directe sur le comportement de diverses substances présentes dans l'eau et joue un rôle majeur dans l'activité biologique (**Ahmed *et al*, 2022**).

5.1.3. Conductivité électrique CE:

La conductivité est la caractéristique de l'eau qui lui permet de faciliter le flux d'un courant électrique. Elle est causée par la présence d'ions mobiles dans un champ électrique. Elle est conditionnée par la nature de ces ions dissous et leurs concentrations respectives (**Rejesk, 2005**).

5.1.4. Matières en suspension MES:

Les matières en suspension désignent l'intégralité des particules organiques et minérales présentes dans les eaux. Ces éléments dépendent des caractéristiques des terrains traversés, de la saison, du niveau de précipitations, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, et ainsi de suite. Une telle augmentation peut aussi provoquer un réchauffement de l'eau, qui à son tour diminuera la qualité de l'habitat pour les organismes vivant dans des eaux froides (**Hebert et Legre, 2000**).

5.2. Caractéristiques chimiques:

5.2.1. Potentiel hydrogéné pH:

Le pH, qui reflète l'équilibre entre acides et bases dans l'eau, représente une évaluation de la concentration des ions hydrogène en solution. Il est proportionnel au pouvoir neutralisant de l'eau et indique par conséquent les réactions chimiques possibles avec les roches, les minéraux et les sols (**Allen *et al*, 1994**).

Il occupe une place importante dans:

- Les caractéristiques physico-chimiques (l'acidité et l'alcalinité).
- L'efficacité de certaines techniques (coagulation-floculation).
- Les processus biologiques (**Hadef, 2015**).

5.2.2. Oxygène dissous:

- L'élément essentiel qu'est l'oxygène dissous dans l'eau joue un rôle crucial dans la plupart des processus biologiques; il est utilisé par les plantes et les animaux pour leur respiration. L'oxygène contribue aussi aux décompositions biochimiques et chimiques.
- L'eau contient de l'oxygène sous forme de molécules gazeuses, encapsulées dans de petites bulles d'air.
- Elle est aussi liée à la respiration des êtres vivants et au processus de réoxygénation. La quasi-totalité de l'eau peut être désoxygénée par la décomposition des déchets

organiques par les micro-organismes et l'oxydation des déchets inorganiques (**Allen et al, 1994**).

5.2.3. Demande biologique en oxygène DBO5:

La DBO5 indique le volume d'oxygène utilisé par les bactéries à 20 °C et dans l'obscurité sur une période de 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement inoculé, une durée qui garantit l'oxydation aérobie. On utilise la DBO5, qui représente la quantité d'oxygène consommée après 5 jours, comme référence pour effectuer les mesures (**Arouche et touil, 2018**).

5.2.4. Demande chimique en oxygène DCO:

Elle est exprimée en milligrammes par litre (mg/l) d'oxygène et représente réellement la quantité d'oxygène requise pour oxyder, dans des conditions opératoires spécifiques, les substances organiques contenues dans un échantillon précis (**Gharbi et Gharbi, 2019**). Habituellement, on observe que la DCO est :

- DCO = 1,5 à 2 fois DBO pour les eaux résiduaires urbaines.
- Pour l'ensemble des eaux usées, le DCO varie de 1 à 10 fois le DBO.
- Pour les eaux usées industrielles, le DCO doit dépasser 2,5 fois le DBO.

5.2.5. Nitrites NO₂-:

Ils sont présents soit en raison de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à cause de la réduction des nitrates. Ils ne sont qu'une étape intermédiaire et se convertissent aisément en nitrates (par des processus chimiques et microbiens). La présence de niveaux élevés de nitrites est souvent un indicateur de la présence de substances toxiques. On estime que la situation devient extrêmement grave dès qu'il y a une concentration dépassant 3 mg NO₂-/l (**De Villers et al, 2005**).

5.2.6. Nitrates NO₃-:

Les nitrates sont le produit final de l'oxydation de l'azote et illustrent la forme d'azote à son niveau d'oxydation le plus élevé trouvé dans l'eau. Dans les eaux naturelles, leurs concentrations varient généralement de 1 à 10 mg/l. Toutefois, leurs concentrations dans les eaux résiduaires non épurées sont minimales (**Unep, 2004**).

5.2.7. Les phosphates (PO₄ 3-):

Les phosphates peuvent provenir de sources naturelles (produits issus de la décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux); cependant, actuellement, leur présence dans l'eau est majoritairement attribuée à des sources artificielles (fertilisants, polyphosphates utilisés dans les détergents, eau traitée avec des phosphates, industrie chimique...ect). La mesure du phosphore total englobe non seulement les ortho phosphates,

mais aussi les polyphosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se produire même à des niveaux de phosphates relativement faibles (**Abdennour et Hamimoud, 2020**).

5.3. Caractéristiques microbiologiques:

C'est l'élément le plus crucial pour la qualité de l'eau que nous consommons. Elle s'évalue par la présence d'organismes indicateurs de contamination fécale: germes totaux et coliformes, qui résident habituellement dans le système digestif humain et animal, constituant dès lors une menace épidémiologique potentielle. Dans ce contexte, l'analyse bactériologique vise à mesurer la présence de germes indicateurs de contamination fécale, dont trois sont particulièrement notables : les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaires: germes totaux et *Clostridium sulfitoréducteurs* (**Bouziyani, 2000**).

6. Pollution de l'eau:

Pollution de l'eau, on entend un état qualitatif d'impureté ou de manque de propreté des eaux hydrologiques d'une certaine région. Cette situation découle d'un phénomène ou d'une procédure qui diminue la valeur de l'eau mondiale, particulièrement en ce qui a trait à la santé humaine et aux répercussions sur l'environnement. La contamination fait référence à la dégradation de la pureté, qui comprend notamment l'introduction d'une source externe, considérée comme cause, ou le contact avec cette dernière. On définit l'altération comme des niveaux extrêmement bas de contamination de l'eau, semblables à ceux observés lorsque celle-ci commence à perdre sa propreté (**Stellman, 2000**).

7. Les maladies à transmission hydriques:

Dans l'environnement naturel, l'eau n'est pas systématiquement porteuse de vie, puisqu'elle peut transporter une multitude de micro-organismes, de bactéries, de virus et de parasites qui y résident et s'y multiplient, pouvant nuire à la santé.

En Algérie, les maladies hydriques ont constamment persisté sous forme endémique. La détérioration de l'hygiène environnementale, la croissance démographique et l'urbanisation désordonnée ont contribué à la manifestation de nombreux foyers de ces affections.

Ces maladies restent toujours dominantes par rapport à toutes les autres maladies soumises à l'obligation de déclaration. On estime que les taux d'indice global de ces maladies sont de l'ordre de 30 cas pour 100 000 habitants (**Belhocine et Mankour, 2016**).

Tableau 1: Principales maladies à transmission hydrique et agents microbiologiques responsables.

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaires	Dysenterie amibienne	<i>Entamoebahistolyca</i>
	Gastro-entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidiumparvum</i>
Bactérienne	Fièvres typhoïde et Paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A et B</i>
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i> Enter-toxinogène <i>Campylobacterjejuni</i> <i>Yersinaenterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-entérites	Rotavirus Entérovirus Calicivirus Adénovirus

8. Normes et classes de qualité des eaux superficielles:

La qualité des eaux varie considérablement en fonction du temps et de l'espace, et elle est aussi associée à divers facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état global d'une eau de surface et de pouvoir suivre son évolution dans le temps, on a pris en considération les normes algériennes (JO n° 11/18, 2011) et celles de l'OMS (OMS, 2006).

Tableau 2: Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS 2006 et JORA 2014).

Substances	Unité	Normes OMS	Normes Algériennes
Couleur	mg/l platine	Pas de valeur guide	15
Odeur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Turbidité	NTU	5	5
Température	C°	25	25
Calcium	mg/l	/	200
Magnésium	mg/l	/	150
Chlorure	mg/l	250	500
Ions hydrogènes	PH	6,5-9,5	6,5-9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	200	500
Conductivité à 20°C	µS/cm	Pas de norme	2800
Ammonium	mg/l	Pas de contrainte	0,5
Potassium	mg/l	250	12
Oxygène dissous	O ₂ %	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/l	1,5	1,5
Fer	mg/l	Pas de valeur guide	0,3
Nitrate	mg/l	50	50
Sulfate	mg/l	500	400
Sodium	mg/l	Pas de valeur guide	200
Phosphore	mg/l	Pas de norme	5
Résidu sec	mg/l	/	1500

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude:

La wilaya de Bordj Bou Arreridj fait partie de la région des hauts plateaux. Elle est située sur l'axe Alger-Constantine et occupe une position stratégique au sein de l'ensemble est de l'Algérie. Elle couvre une zone de 3921 km² et se situe entre les parallèles de latitude nord 35° et 37°, ainsi qu'entre les méridiens de longitude 4° et 5° à l'est de Greenwich (Aniref, 2011).

La wilaya de Bordj Bou Arreridj est limitée (DTA, 2022):

- Au nord, par la wilaya de Bejaïa.
- À l'est par la wilaya de Sétif.
- À l'ouest par la wilaya de Bouira.
- Au sud, par la wilaya de M'sila.



Figure 2: Carte de localisation de la région d'étude (DTA, 2022).

2. Le réseau hydrologique:

L'écoulement de l'eau dans la wilaya se fait en deux directions opposées, l'une d'elles étant divisée par un bassin versant. Cette limite naturelle fait référence aux restrictions associées aux grands bassins versants :

- Le bassin versant de la Soummam: le flux principal suit une orientation nord-sud, englobant la partie nord de la wilaya caractérisée par des marnes ou argiles imperméables, où l'on observe une rareté des points d'eau.
- Le bassin versant de Chott el Hodna: il couvre la partie sud de la région de la wilaya où sont présentes plusieurs sources d'eaux souterraines. Leur présence est expliquée par le caractère peu perméable d'une grande portion des terrains qui composent le territoire de la wilaya.
- Le barrage d'Ain Zada, construit sur l'Oued Bousselem, fournit de l'eau potable et industrielle à des villes telles qu'Ain Taghrout, Sidi Embarek, Medjana, Hasnaoua, Bordj Bou Arreridj, Sétif et El Eulma **(DTA, 2022)**.

3. Principaux oueds dans la région bordj Bou Arreridj:

- BV K'Sob 05-09: Oued Ksob, affluent principaux: Oueds (BBA, R.E. Oued, B. Ghedir et Toubou).
- BV Soummam 15-06: Oued Boussellam, affluent principaux: Oueds (Tixter, Khellil, et A. Taghrout).
- BV Soummam 15-04: affluent principaux: Oueds (Chebba, Ben Daoud et Bogton).
- BV Soummam 15-07: Oued Boussellam: affluent principaux Oueds (Khellil et A. taghrout).
- BV soumma 15-08: Oued El Main affluents principaux des oueds (El Main, Mehadjar, Chartioua et Boulhaf). **(DTA, 2022)**.

3.1. Oued el Ksob:

Oued el Ksob est l'oued du Hodna qui présente le plus de caractéristiques telliennes. Il bénéficie d'une quantité considérable de pluies, se démarque par sa longueur d'environ 200 km et l'étendue de son bassin versant de 1480 km². Il résulte de la jonction de deux grands oueds qui sont l'oued Soulit, l'oued Rabta et l'oued Medjez. Son aspect le plus remarquable reste son flux d'eau qui persiste même durant les mois d'été. Grâce à ses principaux cours d'eau secondaires, il possède un flux continu, bien que sa portée soit limitée en dehors des saisons pluvieuses **(Kebiche, 1994)**.

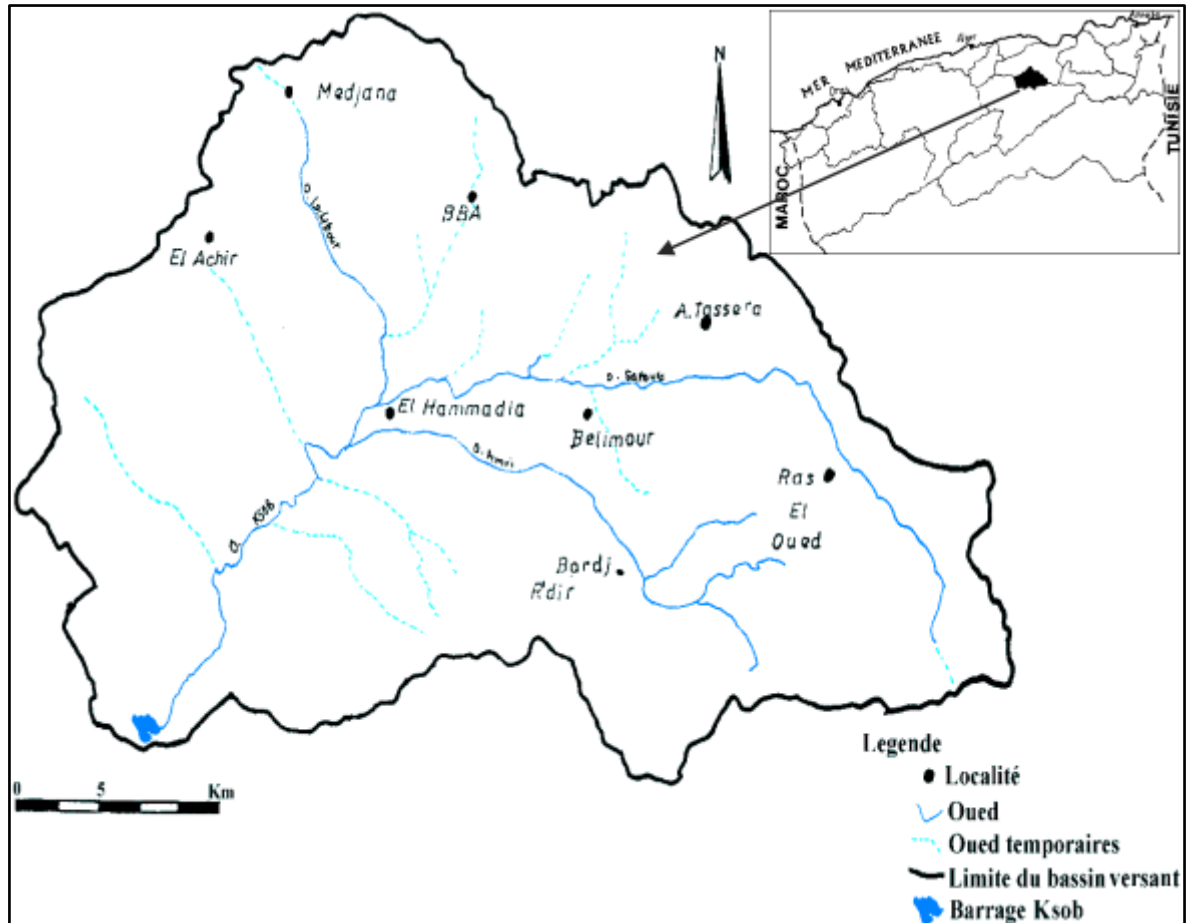


Figure 3: Carte d'Oued el Ksob (Mimeche, 2014).

3.2. Importance d'oued el Ksob:

L'Oued el Ksob joue un rôle crucial pour divers domaines, notamment l'agriculture et l'industrie. Il représente l'une des principales sources d'approvisionnement en eau du barrage de Ksob situé dans la wilaya de M'sila. L'eau de cet oued est utilisée pour irriguer les champs agricoles à proximité. Les divers modes d'exploitation de l'oued (les eaux usées, les résidus, le processus de dragage, le surpâturage...ect) représentent les facteurs primordiaux qui altèrent l'équilibre écologique du lieu (Lorabi et Soul, 2023).

4. Les principaux types et origines de pollution dans la zone d'étude:

- Divers facteurs peuvent être à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines. En fonction des activités des divers secteurs, elle peut provenir du domaine domestique, industriel ou agricole.
- Sur les rives de l'oued, des marchands, des industriels et des propriétaires de chantiers, ainsi que des individus malveillants, contribuent tous à la pollution en déversant leurs ordures sur les berges et dans le lit du cours d'eau. Les eaux de l'oued prennent une

teinte noire, couronnées d'une mousse blanche provenant des rejets industriels, transportés vers l'oued sans traitement préalable.

- Pour les résidents, le rejet des déchets a nui à l'agriculture dans cette zone, étant donné que les fermiers arrosent leurs vergers et leurs champs agricoles avec l'eau de la rivière. Selon les résidents de la région, des exploitants agricoles arrosent leurs champs en prélevant de l'eau dans l'oued. On ne manque pas de croiser des motopompes sur les deux rives, qui aspirent les eaux usées à travers leurs tuyaux pour les déverser sur les cultures. Même les animaux consomment cette eau (**Bouarissa, 2022**).



Figure 4: Ecoulement des effluents domestiques et industriels directement dans l'Oued (**Bouarissa, 2022**).

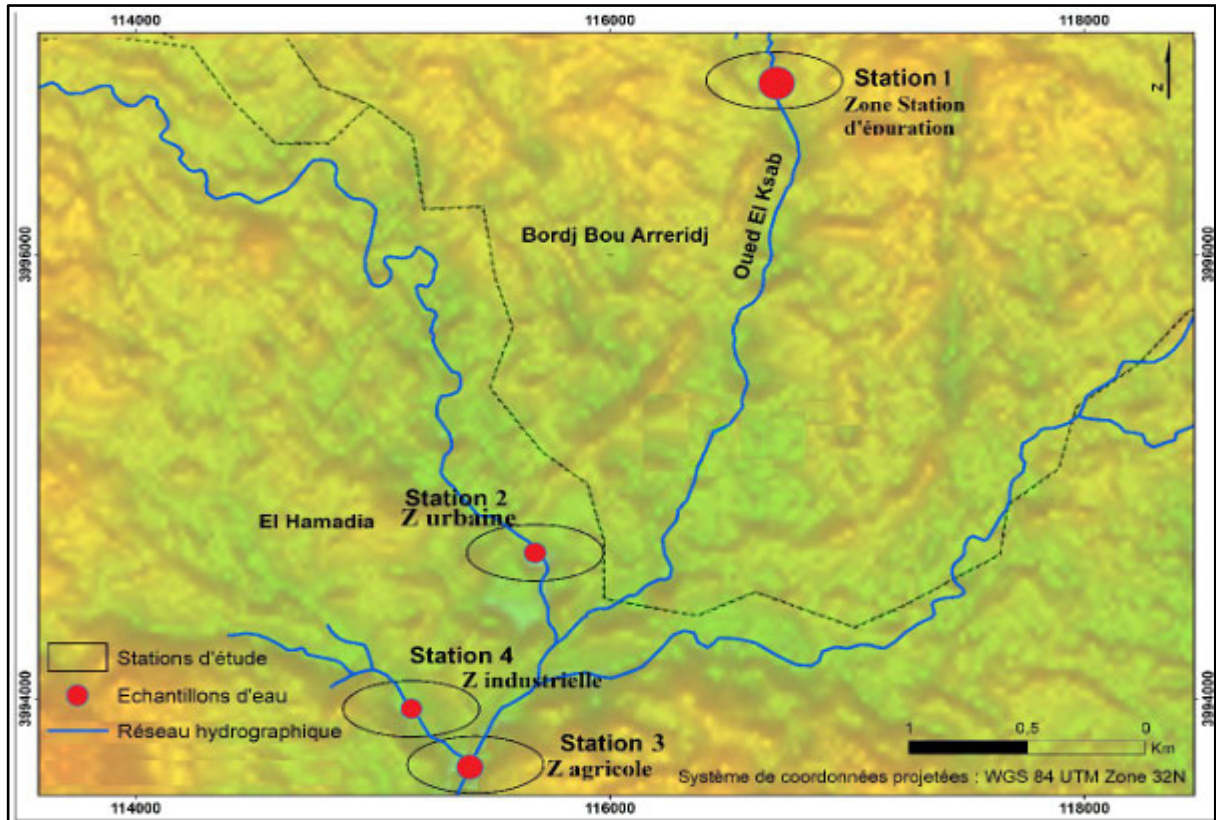


Figure 5: Localisation des points d'échantillonnage.

5. Méthode de travail:

Afin de répondre à l'objectif de cette étude notre démarche adoptée comporte les étapes suivantes:

- a. Collecte des données et échantillonnage;
- b. Prélèvement d'échantillons;
- c. Analyse au laboratoire.

6. Collecte des données:

Dans le but d'acquérir une compréhension globale de la zone d'étude et d'obtenir une vision plus précise de l'oued, une mission de prospection a été effectuée pour identifier les lieux stratégiques pour l'échantillonnage et la collecte d'échantillons d'eau. Une fiche de terrain a été minutieusement remplie pour chaque échantillon. Elle offre l'opportunité de récolter des informations «aisément accessibles» sur la localisation du site, les caractéristiques identifiables par l'odeur et/ou à l'œil nu (la couleur, l'odeur,...ect), ainsi que l'occupation du sol.

Fiche de terrain

La date :/...../..... Nom de la station :

La commune : Les coordonnées :

Cours d'eau :

Géomorphologie : Terrain plat Pente Montagne

Climat : ciel clair ciel couvert nuageux pluvieux

La température :

Numéro de prélèvements :

Occupation du sol dominante :
.....
.....

Types de déchets présents :

Déchets ménagers Déchets agricoles Déchets organiques

Déchets inertes Déchets dangereux Aucun

Figure 6: Fiche de terrain.

7. Localisation des stations de prélèvement:

Au cours de la sortie de prospection quatre stations ont été sélectionnées le long de l'oued réparti comme suit (**figure 4**):

- **Station 1:** zone de station d'épuration;
- **Station 2:** zone urbaine;
- **Station 3:** zone industrielle;
- **Station 4:** zone agricole.

8. Prélèvement des échantillons:

Des échantillons d'eau sont collectés directement dans des bouteilles en plastique de 0,5 L, puis ils sont transportés et stockés au congélateur (dans le laboratoire) après avoir été filtrés.

9. Analyses au laboratoire:

L'expérimentation implique la réalisation d'analyses physicochimiques, ces derniers ont été effectuées au sein du laboratoire de l'université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

Les analyses réalisées concernent le pH, la matière en suspension (MES), la conductivité électrique et la turbidité, ainsi que l'analyse des composants chimiques, notamment l'alcalinité et la dureté, sans oublier le chlorure. Les éléments nutritifs tels que les nitrates et les nitrites (NO₃⁻, NO₂⁻), les sulfates et les phosphates sont également examinés comme indicateurs de pollution.

10. Protocoles d'analyses:

- **La turbidité:** elle a été déterminée à l'aide d'un turbidimètre.
- **Le pH:** elle a été déterminée à l'aide d'un pH-mètre.
- **CE:** la conductivité est mesurée avec un conductimètre.
- **MES:** consiste à mettre à l'étuve l'échantillon après filtration à 105°C pendant 24 h.
- **Détermination de l'alcalinité:** méthode de titrimétrie à l'aide de l'acide nitrique.
- **La dureté:** déterminée par un titrage colorimétrique de la concentration des ions avec une solution d'EDTA (acide éthylène-diamine-tétra-acétique).
- **Dosage des chlorures:** méthode de Mohr, méthode de titrage qui consiste en un dosage argentométrique des ions chlorures par le nitrate d'argent en présence de chromate de sodium.
- **Dosage des nitrates:** méthode de Grandval et Lajoux, les nitrates sont dosés par colorimétrie, après réaction avec le réactif sulfophénolique.
- **Dosage des nitrites:** méthode de réactif de ZAMBELLI, l'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions nitrites un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.
- **Dosage des phosphates:** méthode spectrophotométrique à l'aide du bleu de molybdène.

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques:

L'appréciation de la qualité des eaux issues des sources se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques. L'ensemble des résultats issus de ces éléments est illustré par des graphiques et analysé afin de juger la qualité de ces derniers. En général, l'analyse des résultats des paramètres sélectionnés s'effectue de manière comparative, en les mettant en relation les uns avec les autres et avec les standards de l'OMS.

2. Résultats d'analyses:

Le **tableau 3** illustre les résultats des analyses effectuées au niveau des points échantillonnés:

Tableau 3: Résultats d'analyses d'eau d'oued el Ksob.

Paramètres \ Zones	Zone 01	Zone 02	Zone 03	Zone 04
PH	7,768	7,682	7,913	8,030
Turbidité NTU	5,00	0,66	3,77	9,00
CE mS/cm	2,27	5,54	2,28	4,04
MES mg/l	110,8	21,2	131,2	335,6
TAC mg/l	10	0	10	28
Dureté mg/l	141,16	156,86	164,7	203,8
Cl- mg/l	311,96	744,45	616,83	425,4
NO ₂ - mg/l	3,422	2,041	0,727	0,787
NO ₃ - mg/l	0,546	0,156	0,036	0,198
PO ₄ -2 mg/l	0,03	0,05	0,01	0,02

3. Discussion:

3.1. Potentiel d'hydrogène (PH):

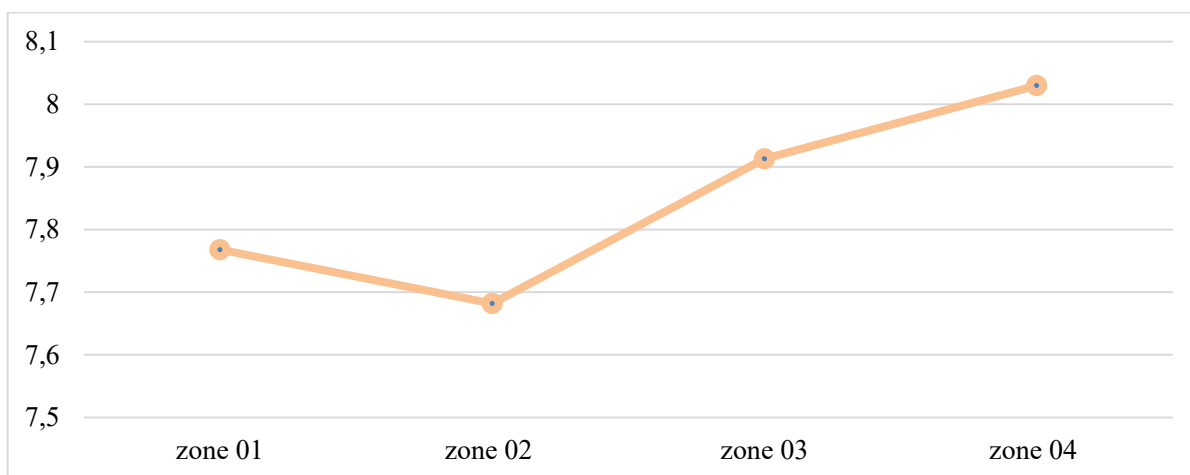


Figure 7: Variation du pH dans la zone d'étude.

Les valeurs du pH montrent des fluctuations peu significatives entre 7,65 et 8,00 ce qui indique une eau légèrement alcaline qui demeure aux normes algériennes, celles-ci se situant entre 6,5 et 9. La zone 02 présente le pH le plus faible avec 7,65 tandis que la zone 04 montre le pH le plus fort (8,00). Cette fluctuation pourrait être attribuée à une action humaine (agriculture, déversements, ... etc.). Ainsi, le pH mesuré dans diverses régions démontre une stabilité chimique appréciable.

3.2. La turbidité :



Figure 8: Variation de la turbidité dans la zone d'étude.

La turbidité est un indicateur de la présence de particules minérales et organiques en suspension dans l'eau, ainsi que de certains matériaux dissous (Élodie Robert, 2014). La norme de qualité de l'eau potable fixe une valeur maximale à 5 NTU (OMS, 2017). Dans la présente étude, les valeurs mesurées révèlent une eau légèrement turbide, en particulier au niveau de la zone 1 et la zone 4.

Ce qui suggère une hétérogénéité des sources de pollution le long du cours d'eau, avec une probable accumulation progressive des matières en suspension indiquant un risque de dégradation importante de la qualité de l'eau dans cette zone.

3.3. Conductivité électrique (CE):

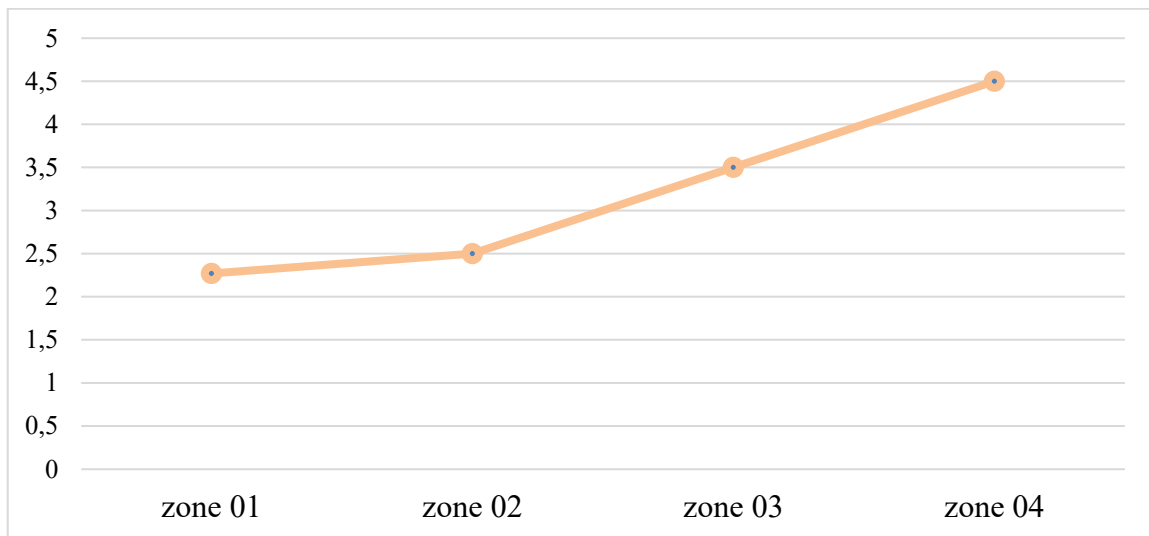


Figure 9: Variation de la conductivité électrique dans la zone d'étude.

On observe une variation significative de la conductivité des eaux de l'Oued el Ksob en fonction des zones qui touche le toit des normes algériennes limité à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui suggère une influence probablement humaine et/ou géologique localisée. La valeur la plus élevée (5,54 mS/cm) est observée dans la zone 02 (zone urbaine), témoignant d'une importante concentration en sels dissous. Les zones 01 et 03 présentent les valeurs les plus faibles avec 2,27 et 2,28 mS/cm respectivement. Quant à la zone 04 représentant la zone industrielle, elle enregistre une valeur intermédiaire élevée (4,04), ce qui peut traduire une contamination de l'eau par les déchets repéré près de l'oued.

3.4. Matière en suspensions (MES):

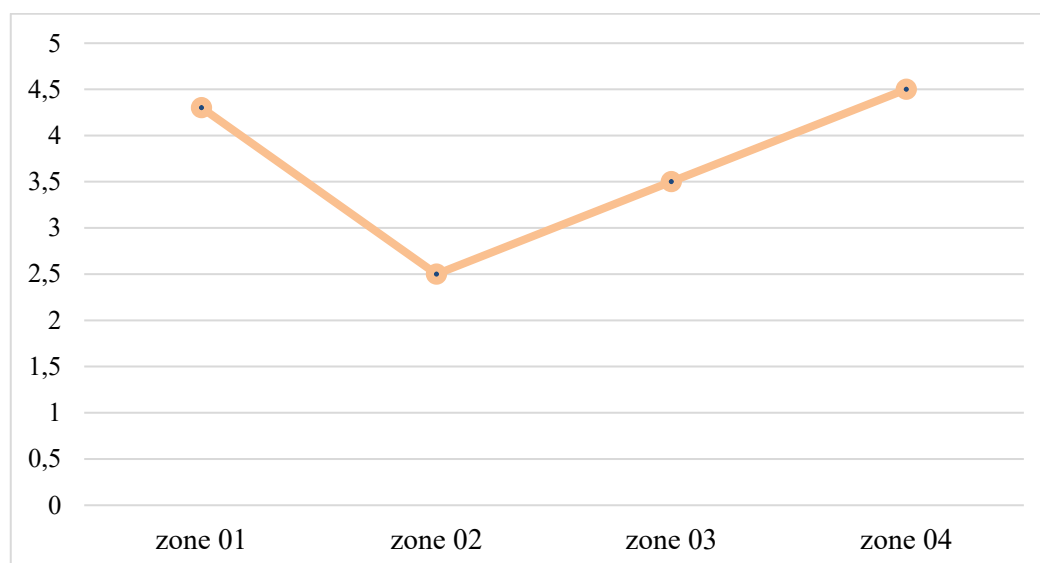


Figure 10: Variation de la matière en suspensions (MES) dans la zone d'étude.

Les matières en suspension (MES) désignent les particules solides insolubles, visibles à l'œil nu, présentes dans un liquide. Leur origine peut être naturelle, en lien avec les précipitations, et inclure des particules minérales (argile, limon), des débris organiques en décomposition ou encore des micro-organismes. Elles peuvent également avoir une origine anthropique, résultant alors des dépôts atmosphériques ou des rejets urbains, agricoles, domestiques ruraux et industriels. Les résultats obtenus de nos quatre points étudiés démontrent des niveaux élevés de matière en suspension dépassant tous la limite fixée (40 mg/l), excepté la zone 02 qui montre une baisse significative. Ces fluctuations reflètent un risque amplifié d'eutrophisation ou de dégradation de la qualité de ces eaux.

3.5. L'alcalinité:

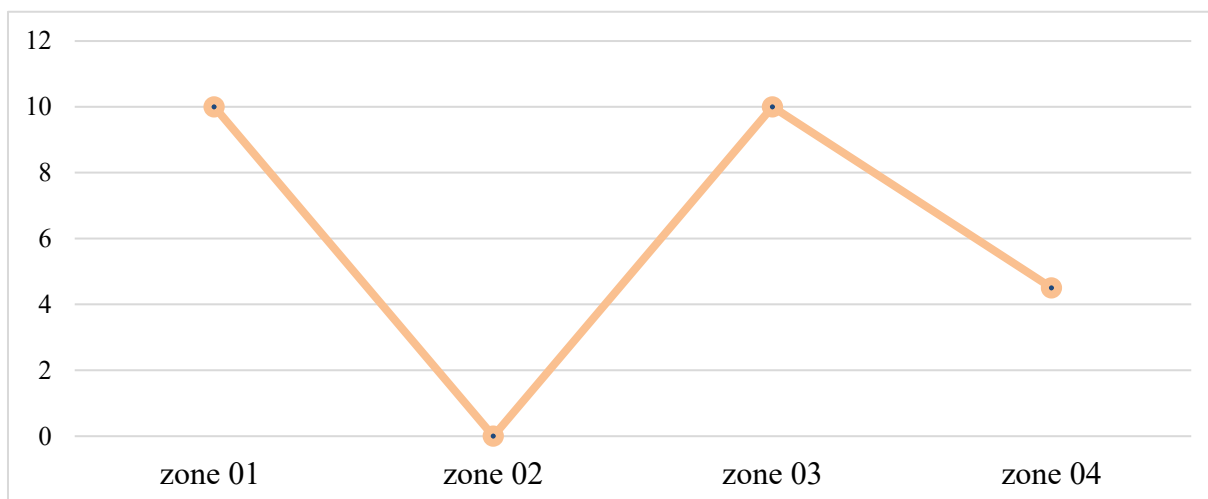


Figure 11: Variation de TAC dans la zone d'étude.

Le TAC varie fortement d'une zone à l'autre, traduisant une instabilité chimique du milieu. Dans les zones 01 et 03, une alcalinité modérée à faible pourrait indiquer que l'eau possède un léger pouvoir tampon. Le manque d'alcalinité dans la zone 02 constitue un point de rupture pour l'équilibre acido-basique. Dans la quatrième zone, le niveau dépasse celui des autres zones, affichant une alcalinité de 28 mg/L, CE qui reflète un notable accroissement de la capacité tampon, possiblement associé à des actions humaines ou bien de la nature géologique de terrain.

3.6. La dureté:

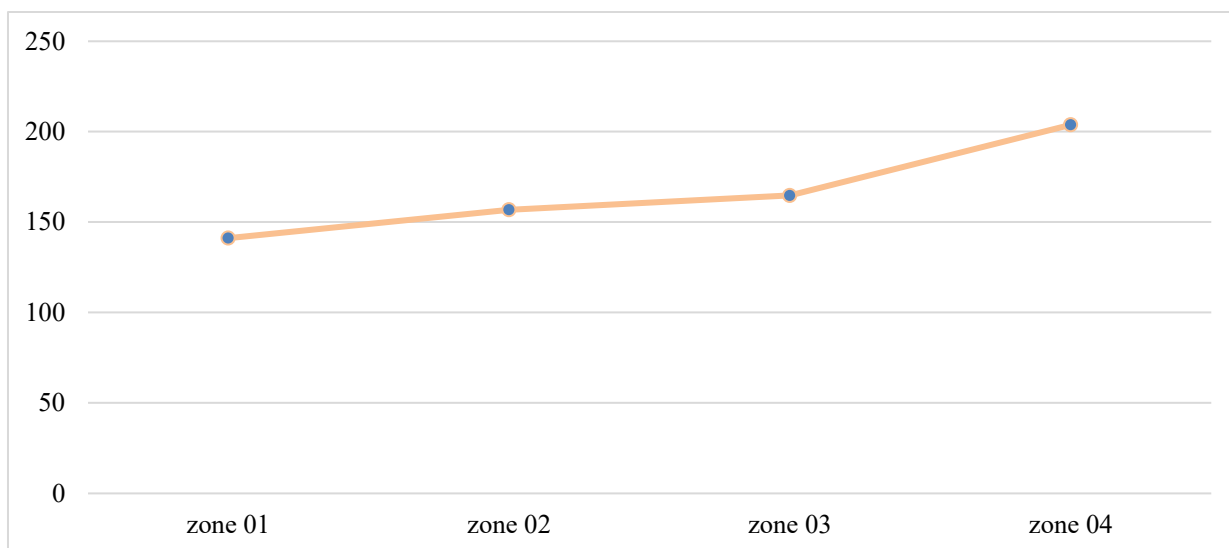


Figure 12: Variation de la dureté dans la zone d'étude.

Les analyses de la dureté de l'eau à Oued El Ksob révèlent une progression graduelle depuis la zone 01 jusqu'à la zone 04. Cette évolution indique un enrichissement en minéraux (calcium et magnésium) dans l'eau à mesure qu'on se dirige vers l'aval de l'oued. D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS), l'eau est: dure à très dure, avec une valeur particulièrement élevée en zone 04 qui enregistre 203,8 mg/l, ce qui pourrait poser problème pour une utilisation domestique ou agricole sans traitement préalable.

3.7. Le chlorure (Cl-) :

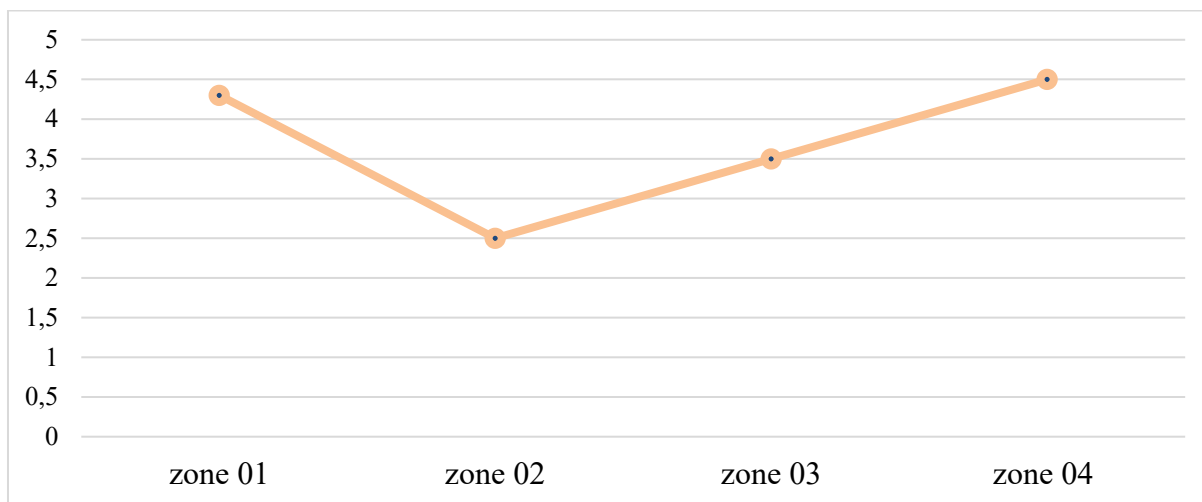


Figure 13: Variation des chlorures dans la zone d'étude.

Les analyses effectuées pour le chlorure démontrent des valeurs anormalement élevées dépassant tous les normes fixés (250 mg/l). Ce qui révèle une contamination de l'oued par cet élément. On observe que la zone 02 présente la valeur la plus élevée avec 744,45 mg/l, tandis que les autres zones elle varie entre 300 et 600 mg/l.

3.8. Nitrite (NO₂-):

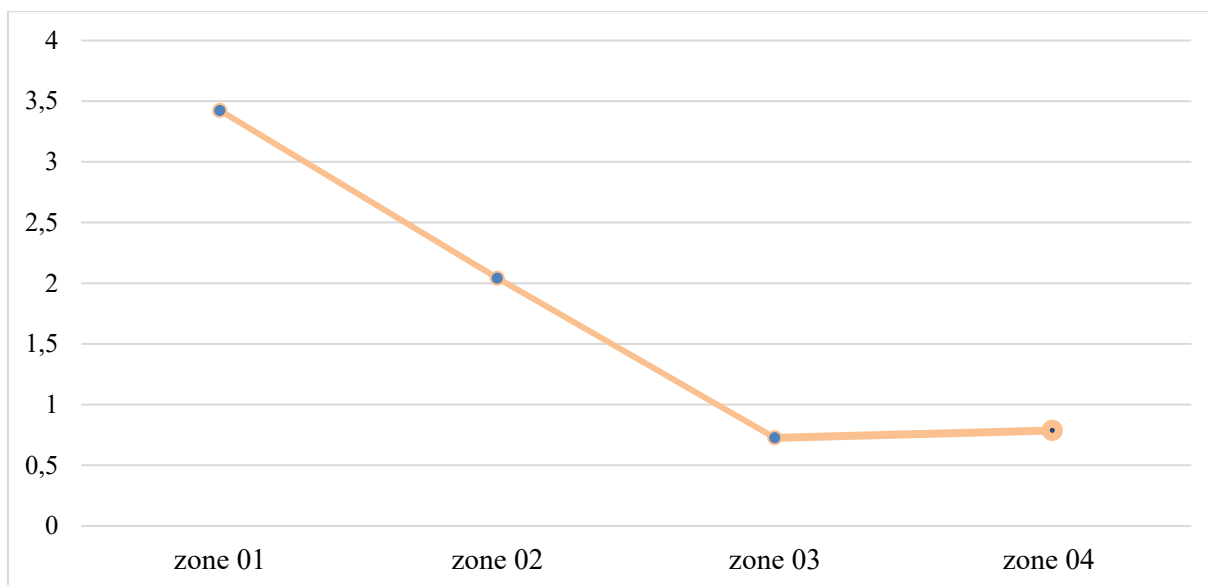


Figure 14: Variation des nitrites dans la zone d'étude.

Les niveaux de nitrites sont particulièrement élevés dans tous les points échantillonnés, en particulier dans la zone 01 marquant la concentration maximale. Conformément aux réglementations, le seuil autorisé pour les nitrites dans l'eau destinée à la consommation humaine est de 0,50 mg/l. Ainsi, les valeurs relevées excèdent le seuil, ce qui traduit une pollution inquiétante des eaux superficielles par les nitrites.

3.9. Nitrate (NO₃-):



Figure 15: Variation des nitrates dans la zone d'étude.

Les teneurs en nitrates suivent la même tendance que celle des nitrites ou on observe une baisse notable de la zone 01 à la zone 03, suivie d'une légère hausse en zone 04. Cela indique une amélioration générale de la qualité de l'eau le long du lit de la rivière, tout en soulignant la nécessité de rester vigilant en zone 04.

3.10. Phosphates (PO₄-2):

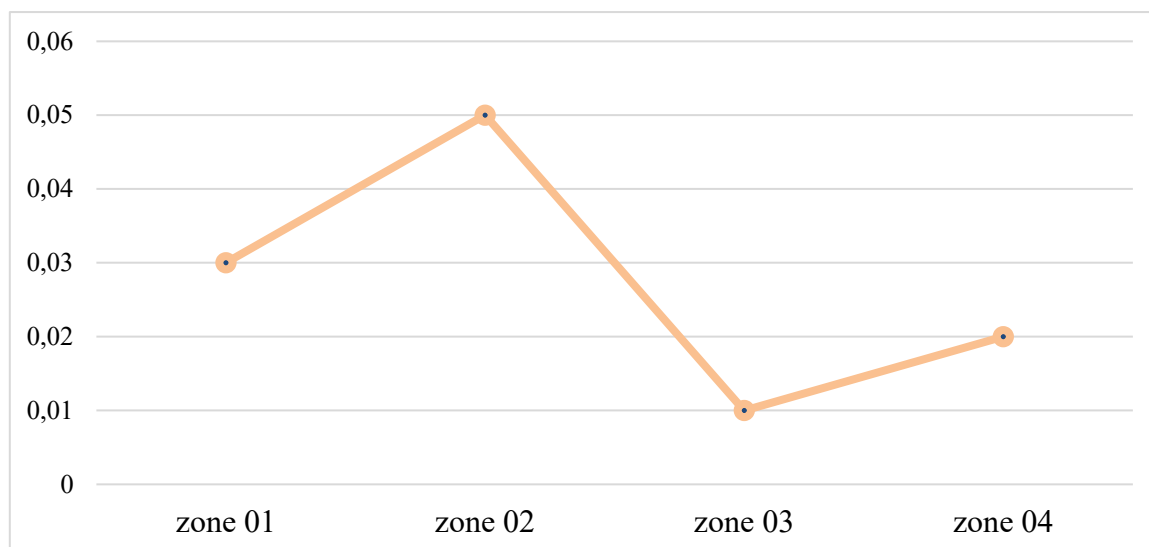


Figure 16: Variation de phosphate dans la zone d'étude.

D'après les résultats d'analyse des échantillons, nous remarquons que le taux de phosphate est modéré (0,03 mg/L). La valeur la plus élevée est observée dans la zone 02 avec (0,05 mg/L); ceci peut résulter d'un rejet occasionnel ou constant de phosphates, alors que la valeur la plus basse est enregistrée dans la zone 03. Quant à la zone 04, elle montre une légère augmentation (0,02 mg/L), ce qui suggère un nouvel apport modéré de phosphates.

4. Les risques toxicologiques:

D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), Le risque de toxicité se réfère à la probabilité qu'un effet nuisible survienne au sein d'une population exposée à un produit, en fonction de la nature du produit, de la quantité administrée et des conditions de l'exposition. Étant donné l'importance de l'oued el Ksob, plusieurs polluants issus de rejets domestiques, agricoles, industriels ou urbains pourraient affecter la qualité de ses eaux. Selon la zone d'étude considérée, nous aborderons ces risques:

4.1. Les déchets:

Selon l'article 3 de la loi N° 01-19 du 12/12/2001, publiée dans le Journal Officiel de la République algérienne N° 77 Fr 2001, le déchet est défini comme suit: «tout résidu issu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit

ou plus généralement tout objet et bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire ou a l'obligation de se défaire ou d'éliminer».

4.1.1. Impacts sur l'eau:

Le principal porteur de la pollution provenant des déchets négligés ou éliminés dans des conditions non écologiques, qui ne respectent pas les normes environnementales pour les rejets, est l'eau. Il est bien établi et documenté que la contamination d'une rivière, par exemple, peut résulter d'un déversement imprudent de déchets. Cela entraîne rapidement la mort des êtres vivants, ce qui conduit à l'eutrophisation du milieu aquatique sur le long terme. Un surcroît de prolifération d'algues découle de l'enrichissement du milieu en nutriments, surtout ceux contenant de l'azote (**Hakkoum, 2015**).

4.1.2. Impacts sur la sante publique:

Les ordures ménagères, en étant la principale source de déchets biodégradables, sont à l'origine de nombreuses maladies liées aux pollutions biologiques. En effet, les animaux sans-abri qui se nourrissent de ces déchets propagent divers parasites et agents pathogènes, responsables de la transmission de maladies infectieuses et/ou mortelles (**Dey, 1999**).

4.2. Les métaux lourds:

Les éléments chimiques qui possèdent une masse volumique supérieure à 5 mg/cm³ et un numéro atomique généralement plus élevé que celui du sodium ($Z = 11$) sont qualifiés de métaux lourds. On parle désormais d'« éléments traces métalliques (ETM) » en raison de leur présence en concentrations infimes (ppb pouvant descendre à moins de 10 ppm) dans différentes matrices environnementales (**Zeggai, 2020**).

4.2.1. Impacts sur l'eau:

Durant de nombreuses années, les industries établies près de cours d'eau (pour des considérations de refroidissement de processus, de transport) ont déversé leurs rejets dans ces derniers. L'eau est un élément crucial en ce qui concerne la pollution, car elle favorise de nombreuses réactions chimiques tant pour les métaux que pour d'autres composés. L'eau transporte les métaux lourds et les intègre aux réseaux alimentaires. Bien que les métaux lourds soient généralement présents en faible quantité, ils demeurent extrêmement nocifs car leur toxicité s'intensifie par bioaccumulation au sein des organismes vivants (**Ababsa, 2013**).

4.2.2. Risques pour la santé humaine:

- Les métaux lourds présents dans les eaux de surface peuvent polluer les sources d'eau potable, constituant par conséquent une menace pour la santé humaine s'ils sont ingérés.

- L'exposition à de fortes concentrations de métaux lourds dans l'eau peut causer une variété de complications sanitaires chez les individus, comme des troubles du système nerveux, des dysfonctionnements rénaux, des malformations développementales chez les enfants, et potentiellement même le cancer [W.S2].

4.2.3. La toxicité sur les plantes:

Pour une multitude de végétaux, des niveaux trop élevés de métaux provoquent des perturbations métaboliques, à l'instar du substitut des ions fondamentaux par des ions non indispensables. Les manifestations perceptibles de la toxicité diffèrent d'une espèce à l'autre; néanmoins, les symptômes les plus fréquents sont des taches chlorotiques ou brunes sur les feuilles, des racines brunies et endommagées, la nécrose et une baisse notable des rendements agricoles. D'autres conséquences moins perceptibles, telles que l'inhibition des racines, la diminution de la photosynthèse (Hafdallah et al, 2022).

4.3. Les pesticides:

Dans le secteur environnemental, on définit les pesticides comme toute matière ou substance chimique ou biologique, autre qu'un médicament ou un vaccin, employée pour lutter contre un parasite. En d'autres termes, il s'agit de toute entité vivante qui est nuisible, préjudiciable ou gênante pour l'homme et ses ressources, dans le but de la supprimer ou d'entraver sa croissance (Fournier, 1988).

L'eau peut être polluée par les pesticides via la dérive lors de leur application, le ruissellement provenant des zones traitées ou encore le lessivage à travers le sol. Dans certaines situations, on applique les pesticides directement sur la surface de l'eau, comme c'est le cas pour la lutte contre les moustiques (Bettiche, 2017).

4.3.1. Les impacts sur l'eau:

L'un des impacts environnementaux importants de l'agriculture intensive contemporaine est la détérioration de la qualité de l'eau. Cette détérioration s'illustre, tant pour les eaux superficielles que pour les eaux souterraines, par une contamination associée à la dispersion des intrants agricoles tels que les pesticides, les engrais minéraux à base d'azote et de phosphore, ou encore les rejets provenant des exploitations agricoles (Mehri,2008).

Les résidus de pesticides présents dans les environnements aquatiques peuvent se transformer en vapeur atmosphérique, être décomposés, absorbés par les plantes et animaux aquatiques, adsorbés sur les sédiments ou encore demeurer en état de solution, de suspension ou précipitation (Fournier et Bonderf, 1983).

Les organismes aquatiques vivant dans les rivières peuvent être endommagés par les pesticides. Par exemple, la présence de pesticides dans les cours d'eau pourrait être responsable de l'apparition de certains effets tels que: **(Belhani, 2006)**

- La diminution de la prolifération algale, du niveau de chlorophylle et de l'activité photosynthétique du phytoplancton.
- La réduction de la quantité de zooplancton herbivore.
- La réduction de la profusion de certaines plantes aquatiques.

4.3.2. Impacts sur la santé humaine:

Chaque année, 2000 personnes dans les pays en développement perdent la vie à cause des pesticides, alors que 25 millions de travailleurs agricoles subissent des effets graves, étant donné que leur corps accumule une grande quantité de pesticides. On a constaté des cas mortels et intentionnels. Généralement, le poison est consommé sous forme de résidus alimentaires; néanmoins, il peut être absorbé via l'eau, l'air respiré ou par contact cutané avec la substance **(Ouchenane, 2024)**.

5. Discussion générale:

L'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux de l'Oued El Ksob révèle une qualité globalement dégradée, influencée par divers facteurs naturels et anthropiques. Le pH des eaux varie entre 7,65 et 8,00, indiquant une eau légèrement alcaline et conforme aux normes algériennes (6,5–9) **(Journal Officiel de la République Algérienne, 2011)**. Cette stabilité relative reflète une bonne capacité tampon, bien que les légères fluctuations puissent être attribuées à des apports exogènes, notamment agricoles ou domestiques.

La turbidité, qui dépasse par endroits la norme de 5 NTU **(OMS, 2017)**, atteste de la présence accrue de matières en suspension (MES). Ces dernières, largement supérieures au seuil réglementaire de 40 mg/L dans trois des quatre sites étudiés, proviennent à la fois de l'érosion des sols et des rejets anthropiques **(Robert, 2014)**. Une forte turbidité nuit à la pénétration de la lumière, altère la photosynthèse et favorise la prolifération de micro-organismes pathogènes **(Chapman, 1996)**.

La conductivité électrique varie considérablement entre les sites, atteignant un maximum de 5,54 mS/cm dans la zone urbaine. Ces valeurs reflètent une minéralisation importante des eaux, liée à des intrusions de sels d'origine agricole (engrais), urbaine (eaux usées) ou industrielle (déversements), dépassant parfois la limite algérienne de 2,8 mS/cm **(JORA, 2011)**. Une conductivité élevée est généralement corrélée à la présence d'ions tels que Na^+ , Cl^- , NO_3^- , et SO_4^{2-} **(Rodier et al., 2009)**.

L'analyse de la dureté indique une progression de l'amont vers l'aval de l'oued, culminant à 203,8 mg/L en zone industrielle. Cette dureté élevée est liée à une concentration importante en calcium et magnésium, ce qui rend l'eau peu adaptée à un usage domestique ou agricole sans traitement préalable (WHO, 2017). En outre, la dureté élevée peut amplifier la turbidité et interagir avec d'autres contaminants.

Les teneurs élevées en chlorures, notamment en zone 02 (744,45 mg/L), traduisent une contamination significative, probablement issue de rejets urbains, d'effluents d'assainissement ou d'activités industrielles (Chapman, 1996). Une concentration excessive en chlorures peut altérer la qualité organoleptique de l'eau et entraîner des effets phytotoxiques lors de son utilisation en irrigation.

Les nitrates et nitrites affichent des concentrations dépassant les normes admissibles pour l'eau potable (50 mg/L pour les nitrates, 0,5 mg/L pour les nitrites) (OMS, 2017). Ces composés résultent principalement du lessivage des engrais azotés ou de la dégradation de matières organiques animales et humaines. Leur présence dans les eaux de surface est préoccupante en raison de leurs effets toxiques, notamment la méthémoglobinémie chez les nourrissons (Knobeloch et al., 2000) et des risques de perturbation endocrinienne à long terme.

Les phosphates, bien que détectés à des concentrations modérées (0,02–0,05 mg/L), contribuent néanmoins à l'eutrophisation des milieux aquatiques. L'apport en phosphates est souvent lié aux détergents, eaux usées et effluents agricoles (Meybeck, 1996). Leur présence favorise la prolifération d'algues et peut engendrer des déséquilibres écologiques importants.

Enfin, l'alcalinité variable entre les zones étudiées souligne l'instabilité chimique du milieu aquatique. Les faibles valeurs observées dans certaines zones traduisent une capacité tampon réduite, rendant ces eaux plus sensibles aux variations de pH et à l'introduction de polluants acides ou basiques.

5.1. Impacts et risques toxicologiques liés aux déchets, engrais et pesticides:

Les résultats obtenus montrent que l'Oued El Ksob est soumis à une pression anthropique croissante, avec une multiplicité de sources de pollution: agriculture, industrie, habitat urbain non raccordé à un système d'assainissement, etc.

L'utilisation intensive d'engrais chimiques (nitrates, phosphates) dans les zones agricoles favorise la lixiviation de ces composés vers le réseau hydrographique, entraînant eutrophisation et déséquilibres biologiques. En parallèle, les pesticides, bien que non analysés ici, sont susceptibles d'être présents. Ces substances sont connues pour leurs effets écotoxiques sur la faune aquatique (Altinok et Capkin, 2007) et leur persistance dans l'environnement, notamment les organochlorés et les néonicotinoïdes (Carvalho, 2017).

Les rejets domestiques et industriels non traités, riches en métaux lourds, solvants et hydrocarbures, présentent des risques à la fois pour la biodiversité aquatique et pour la santé humaine. Ces substances peuvent s'accumuler dans les sédiments, être remobilisées lors de crues et entrer dans la chaîne alimentaire (**Varol & Şen, 2012**).

L'exposition chronique à une eau contaminée augmente le risque de pathologies gastro-intestinales, de maladies hépatiques, voire de cancers en cas de contamination par certains composés organiques (**WHO, 2017**).

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'eau, indispensable à l'existence, occupe une place centrale et fondamentale en tant que ressource sociale, économique et environnementale.

Dans le contexte de notre travail, nous menons une recherche qui se concentre sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued El Ksob. Après une série d'analyses, nous avons obtenu les résultats suivants:

Une dégradation significative de la qualité physico-chimique de ce cours d'eau est notable, surtout à cause des rejets provenant d'activités domestiques, agricoles et industrielles. Les paramètres étudiés, comme les chlorures et la conductivité (zone 02), les concentrations les plus élevées de matières en suspension (MES) et de turbidité (zone 04), ainsi que le niveau maximal de nitrites (zone 01), présentent dans certaines situations des excès notables par rapport aux Normes préconisées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et les directives nationales relatives à la qualité de l'eau.

Ces chiffres reflètent une contamination qui pourrait engendrer des impacts toxicologiques inquiétants, tant pour les Milieux aquatiques que pour la santé humaine, surtout en cas d'ingestion ou d'utilisation prolongée de cette eau non traitée.

Considérant à ces observations, l'instauration de stratégies de gestion durable de l'eau dans la région Bordj Bou Arreridj est essentielle. Cela passe par un contrôle accru de la qualité des eaux, une régulation rigoureuse des rejets industriels et une conscientisation des habitants locaux quant à la préservation des ressources en eau.

Prescriptives:

En pour conclure, nous mentionnons quelques orientations à Adoptant pour maintenir la qualité des eaux et réduire le niveau de pollution d'El Ksob:

- Etablir un réseau de contrôle périodique de la qualité physico-chimique et biologique des eaux, en intégrant des points de mesure avant et après les zones sensibles.
- Relance de l'usine de traitement des eaux pour l'élimination des polluants.
- Favoriser une agriculture durable en minimisant l'utilisation excessif d'engrais contenant de l'azote et du phosphore.
- Mise en place de zones tampons végétalisées autour du cours d'eau est destinée à minimiser l'érosion, à filtrer les éléments polluants et à consolider les rives.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABABSA A., (2013). Mémoire de fin d'étude Elimination des métaux lourds par Complexation- Ultrafiltration: Etude expérimentale de l'ultrafiltration. Université Mohamed Cherif Messaadia Souk- Ahras.

Abdenmour S., Hamimoud R., (2020). Mémoire de fin d'études. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles du barrage de Beni Haroun. Université des Frères Mentouri Constantine 1.

AHMED M., BENNAOUI S., REGUIG S., (2022). Mémoire de fin d'études. Contribution de SIG à l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila.

ALLEN J., CHOATE J., MCKIM M., (1994). Livre. Surveillance de qualité des eaux de surface. Guide à l'intention de citoyens. Des étudiants et des communautés du canada atlantique.

Altinok, I., & Capkin, E. (2007). *Histopathology of rainbow trout exposed to sublethal concentrations of methiocarb or carbaryl.* Toxicologic Pathology, 35(3).

ANIREF. (2011). Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, Monographie de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

AROUCHE L., TOUIL T., (2018). Contribution à l'Etude de la Performance de la Station d'Epuration (STEP) de Souk El Tenine Bejaia.

ASSOULINE J. et ASSOULINE S., 2007: Géopolitique de l'eau. Nature et enjeu. Edition Studyrama,.

Belhani, (2006). Tahar W, (2017). Impact de la pollution par les pesticides sur la qualité des terres agricoles.

BELHOCINE Y., MANKOUR L., (2016). Mémoire de fin d'études. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages de Boukhalfa. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

BENGARNIA B., (2016). Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra. Thèse de Doctorat en Biologie, Option: Microbiologie Fondamentale et Appliquée, Université d'Oran 1 ABB. Algérie.

Références bibliographiques

BETTICHE F., (2017). THESE En Vue de l'Obtention du Diplôme De Doctorat en Sciences Agronomiques Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER-BISKRA.

Bouarissa Ch. (2022). La pollution d'oued K'soub inquiète les riverains. LIBERTE.

Bouziani M. (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun.

Carvalho, F. P. (2017). *Pesticides, environment, and food safety*. Food and Energy Security, 6(2).

Chapman, D. (Ed.). (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.

CHARIF N., MOKHTARI S., LAMARA M., (2022). Mémoire de fin d'études. SIG pour l'analyse hydrologique des eaux superficielles dans un bassin versant du Hodna. (Sous - bassin versant d'Oued Soubella-Algérie).

De Villers J, Squilbin M, yourassowsky C, 2005. Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

Dey R, (1999). Enquête préliminaire sur l'impact de la décharge publique de boulimate (Bejaia) sur la santé humaine ; mémoire de DEUA exobiologie. Université de Bejaia.

DJEDADOUA N. (2017). Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma.

DTA. (2022). Direction Du Tourisme et l'Artisanat Bordj Bou Arreridj.

Elodie Robert. (2014). *Indicateurs de qualité de l'eau et pollution des rivières : approche physico-chimique*. Mémoire de Master, Université de Limoges.

Fareh H., Sedira B., (2024). Mémoire de fin d'étude Contribution à l'étude de la qualité physicochimique des eaux des oueds dans la région de Bordj Bou Arreridj. Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

Fournier J., (1988). Chimie des pesticides. Cultures et Techniques. Agence de Coopération Culturelle et Technique: Université d'Angers.

Références bibliographiques

Fournier, E et Bonderf, J. (1983). Les produits antiparasitaires à usage agricole. Paris : La voisier. Pp : 189-240, In Boumaza A, 2017. Etude analytique et épidémiologique de la toxicité des pesticides utilisés dans l'est algérien.

Gharbi N., Gharbi I., (2019). Etude physico-chimique par boue activée et par électrocoagulation Application aux eaux usées de Guelma. 8 Mai 1945 Guelma.

Hadef B. (2015). L'effet des sels minéraux sur l'élimination du phénol par coagulation floculation, Mohamed Khider.

HAFDALLAH B., NECIB A., ABAIDIA K., (2022). Mémoire de fin d'étude Etude de la toxicité des métaux lourds sur les êtres vivants. Université de Larbi Tebessi –Tebessa-.

Hakkoum A., (2015). Mémoire de fin d'étude Contribution à l'évaluation de la gestion des déchets spéciaux au sein de l'entreprise ENIEM- Complexe de Oued Aïssi (Tizi-Ouzou). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

HEBERT S., LEGRE S., (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec.

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne). (2011). *Normes algériennes relatives à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.* N° 26.

JORA, (2014), journal officiel de la république algérienne.

Kebiche M. (1994) : Le bassin versant du Hodna (Algérie) : Ressources en eau et possibilités d'aménagement. In : Travaux de l'Institut Géographique de Reims, n°85-86, 1994. Etudes algériennes, sous la direction de Alain Marre. pp. 25-34.

Knobeloch, L., Salna, B., Hogan, A., Postle, J., & Anderson, H. (2000). *Blue babies and nitrate-contaminated well water.* Environmental Health Perspectives, 108(7).

LORABI A, SOUL Ch., (2023). Mémoire de fin d'études Cartographie de la qualité des eaux et des sédiments superficiels des oueds dans la région de Bordj Bou Arreridj. Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi, B.B.A.

MABROUKI Kh., SAOUDI H., (2020). Mémoire de fin d'études. Utilisation du SIG pour étudier La perturbation écologique De L'Oued K'sOb bassin versant De K'sOb - Algérie, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila.

Références bibliographiques

Merhi, M. 2008. Mémoire de fin d'étude Enquête d'évaluation du risque des pesticides dans les wilaya de Tizi-Ouzou Et Boumerdes. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Meybeck, M. (1996). *Man and river interface: Multiple impacts on water and particulates chemistry illustrated in the Seine River basin.* Hydrobiologia.

Mimeche F, (2014): Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Lucio barbus callensis* (valenciennes, 1842) (pisces: cyrimidae) dans le barrage d'El k'sob (m'sila).thèse doctorat. Ecole National supérieure D'Agronomie. El-Harrach. Alger.80p.

MYRAND Diane. Ing, M. Sc. (2008). Guide technique; captage d'eau souterraine pour des résidences isolées.

OMS, (2006), Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland.

OUCHENANE K., (2024). Mémoire de fin d'étude Enquête sur l'utilisation des pesticides dans la wilaya de Constantine. Université Constantine 1 Frères Mentouri.

REJESK F., (2005). Analyse des eaux: «Aspects réglementaires et techniques»; Centre Régional de Documentaires Techniques Pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* (9e éd.). Dunod.

Serge H & Stéphane L. (2000). Suivi la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. En collaboration avec la direction de l'Estrée. Ministère de l'environnement du Québec 2000. Studyrama.

Slimani R. (2003). Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. D'Ouargla.

STELLMAN J M., (2000). Livre. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail,. International Labour Organizations.

Touhari F., (2015). Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff. Thèse

UNEP/MAP/MEDPOL. (2004) Guidelines on environmental inspection systems for mediterranean region. MAP technical reports séries N° 149.

Références bibliographiques

Varol, M., & Şen, B. (2012). *Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey.* *Catena*, 92, 1–10.

World Health Organization (WHO). (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the 1st addendum). WHO Press.

ZEGGAI F., (2020). Mémoire de fin d'étude LA CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES METAUX LOURDS. UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM.

Web site:

W.S1 <http://water.usgs.gov/edu/watercyclefrench.html>. (Consultation 04/04/2016).

W.S2 <https://elearning.centre-univ-mila.dz/a2025/mod/resource/view.php?id=41330>

Résumé

Résumé

Oued el Ksob, qui se trouve dans la région de Bordj Bou Arreridj, constitue une source vitale pour l'approvisionnement en eau du barrage de Ksob localisé dans la wilaya de M'sila, l'irrigation ainsi que d'autres utilisations domestiques et industrielles. Notre travail porte sur l'évaluation de la qualité de l'eau de l'oued el Ksob, en procédant à la mesure et à l'analyse de divers paramètres physico-chimiques tels que le pH, la turbidité, la conductivité électrique (CE), (MES), l'alcalinité, la dureté, le Cl^- , le NO_2^- , le NO_3^- et le PO_4^{3-} . Simultanément, une évaluation des risques toxicologiques est effectuée, notamment en ce qui touche à l'exposition potentielle de l'homme à des polluants chimiques provenant du secteur agricole, industriel ou domestique. À cet effet, des prélèvements d'eau ont été effectués à partir de différentes stations le long de l'oued. Les résultats majeurs indiquent que l'eau de l'oued El Ksob connaît une détérioration de sa qualité dans certaines régions, avec des violations notables des limites admises pour certains paramètres. Ces irrégularités mettent en évidence l'influence des rejets d'origine humaine et le manque de systèmes de traitement performants.

Mots clés: Oued El Ksob, paramètres physico-chimiques, pollution, qualité de l'eau, risques toxicologiques.

Abstract

Oued el Ksob, located in the Bordj Bou Arreridj region, is a vital source for water supply to the Ksob dam located in the M'sila wilaya, irrigation, and other domestic and industrial uses. Our task is to assess the water quality of the Ksob River by measuring and analyzing various physicochemical parameters such as pH, turbidity, electrical conductivity (EC), MES, alkalinity, hardness, Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , and PO_4^{3-} . At the same time, a toxicological risk assessment is carried out, in particular with regard to potential human exposure to chemical pollutants from the agricultural, industrial, or domestic sectors. To this end, water samples were taken from different stations along the river. The major findings indicate that water quality in El Ksob Creek is deteriorating in some regions, with significant violations of permitted limits for certain parameters. These irregularities highlight the influence of human discharges and the lack of efficient treatment systems.

Keywords: El Ksob River, physicochemical parameters, pollution, water quality, toxicological risks.

المخلص

يعد وادي الكسوب الواقع في منطقة برج بوعرييرج مصدرا حيويا لإمدادات المياه لسد الكسوب الواقع في ولاية المسيلة والري والاستعمالات المنزلية والصناعية الأخرى. مهمتنا هي تقييم جودة مياه نهر الكسوب. من خلال قياس وتحليل مختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني، العكارة، الموصلية الكهربائية، المواد العالقة، القلوية، الصلابة، الكلوريد، النترت، النترات والفوسفور. وفي الوقت نفسه تم إجراء تقييم للمخاطر السمية، لا سيما فيما يتعلق بالتعرض البشري المحتمل للملوثات الكيميائية من القطاعات الزراعية أو الصناعية أو المنزلية. ولتحقيق هذه الغاية، تم أخذ عينات من المياه من مناطق مختلفة على طول النهر. وتشير النتائج الرئيسية إلى أن نوعية المياه في وادي الكسوب أخذت في التدهور في بعض المناطق، مع حدوث انتهاكات للحدود المسموح بها لبعض المعايير. وتسلط هذه المخالفات الضوء على تأثير التصرفات التي من صنع الإنسان والافتقار إلى أنظمة معالجة فعالة.

الكلمات المفتاحية: وادي القصب، المعايير الفيزيائية و الكيميائية، التلوث، جودة المياه، المخاطر السمية.