



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

Référence ..... / 2024

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :

Berremdane Rania

Belerhmi Sanae

Le: **Dimanche 10 Juin 2024.**

## Interaction entre le pH, La température et les métaux lourds dans les eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba)

---

### Jury :

Mr.	GUEMMAZ Fateh	MCB	Université Biskra	Rapporteur
Mme.	BACHA Bahia	MAA	Université Biskra	Président
Mme.	KHRROUR Warda	MAB	Université Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023-2024

## *Remerciements*

*Tout d'abord, je remercie Allah Tout-Puissant qui nous a guidés, nous a accordé la patience, la force et le courage pour entreprendre ce travail*

*Je voudrais exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur de mémoire, M. Fateh.g pour son orientation, son aide et ses précieux conseils. Sa supervision a été un facteur clé dans la réalisation de ce mémoire*

*"N'oublions pas de remercier chaleureusement Mme Ruby Afaf, notre professeure de statistiques, pour son dévouement et son soutien précieux.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur engagement et leur expertise ont été d'une valeur inestimable, et je suis profondément reconnaissant pour cette opportunité qu'ils m'ont offerte de présenter mes efforts avec professionnalisme*

*Enfin je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*A vous tous : MERCI*

## *Dédicace*

*Le voyage n'a pas été court et le chemin n'a pas été semé d'embûches, mais je l'ai fait, alors louange à Dieu qui a rendu la tâche facile les débuts et nous avons atteint la fin.*

*Je dédie ce succès d'abord à mon moi ambitieux, qui a commencé avec ambition et a terminé avec succès, puis à tout le monde. Il a travaillé avec moi pour compléter mon parcours universitaire.*

*À la main invisible qui a retiré les épines de mon chemin et qui a enduré chaque instant de douleur que j'ai traversé, elle m'a soutenu et est restée éveillée de longues nuits pour mon confort et s'est réveillée à l'aube pour prier pour moi...*

*À (ma mère bien-aimée)*

*Au grand homme qui a fait ressortir ce qu'il y a de plus beau en moi et m'a encouragé à atteindre mes ambitions, Mon soutien et l'épaule sur laquelle je m'appuie toujours*

*A (mon cher père)*

*À ceux qui m'ont comblé d'amour et de conseils, qui m'ont toujours fourni de la force, et qui ont été l'endroit sur lequel je pouvais m'appuyer dans tous mes trébuchements, et avec qui Dieu m'a béni pour que je puisse connaître le goût de la vie à travers eux....*

*(Amis pour la vie, mes sœurs, ma frère)*

# Table de matière

<b>Remerciements</b> .....	
<b>Dédicace</b> .....	
<b>Table de matière</b> .....	
<b>Liste des tableaux</b> .....	
<b>Liste des figures</b> .....	
<b>Liste des abréviations</b> .....	
<b>Introduction</b> .....	

## Partie bibliographique

### Chapitre 01 : Généralité sur les eaux usées

1.1 Définition Les eaux usées : .....	4
1.2. Les types d'eaux usées : .....	4
1.2.1. Les eaux usées domestiques : .....	4
1.2.2. Les eaux usées pluviales : .....	4
1.2.3. Les eaux usées urbains et industriels : .....	5
1.2.4 Les eaux usées d'origine agricole : .....	5
1.3. Composition des eaux usées : .....	5
1.3.1. Paramètres de qualité : .....	5
1.3.2. Les paramètres physiques : .....	5
1.3.2.1. Température : .....	5
1.3.2.2. Les matières en suspension : .....	6
1.3.3. Les paramètres chimiques : .....	6
1.3.3.1. ph : .....	6
1.3.3.2. La conductivité électrique (EC) : .....	6
1.3.3.3. La demande biochimique en oxygène (DBO) : .....	6
1.3.3.4. Demande chimique en oxygène (DCO) : .....	7
1.3.3.5. L'oxygène dissous : .....	7

1.3.4. Les Paramètres organoleptiques :.....	6
1.3.4.1. Turbidité :.....	7
1.3.4.2. Couleur et odeur : .....	7

## **Chapitre 02: Généralité sur les métaux lourds**

Les métaux lourds .....	8
2.1 Principaux polluant métallique .....	9
2.1.1. Définition Les éléments métalliques .....	9
2.1.2. Type des métaux lourds : .....	9
2.1.3. Origine des métaux lourds :.....	10
2.2 Impact sur l'environnement .....	11
2.3 Impact des éléments tracs métalliques sur la sante humain .....	12
2.4 Impact des métaux lourds sur la faune et la flore du sol .....	12
2.5 les éléments métalliques.....	12
2.5.1 Cuivre : .....	12
2.5.2. Plomb.....	13
2.5.3. Zinc.....	14
2.5.4 Cadmium .....	14
2.5.5. Chrome .....	15
2.5.6. Fer.....	15
2.5.7. Cobalt .....	16

## **Partie Expérimental**

### **Chapitre 03 : Matériel et Method**

3.1. Cadre D'étude .....	20
3.2. Présentation de la zone d'étude.....	20
3.2.1. La situation géographique et administrative.....	20
3.2.1.1. Situation géographique : .....	20
3.2.1.2.Situation administrative : .....	21
3.3. Localisation de site de rejeté .....	22

3.3.1 Le Site Chaâbet Roba .....	22
3.4. L'échantillonnage .....	23
3.4.1. Prélèvement .....	23
3.4.2. Lieux de réalisation des analyses .....	23
3.4.3. Méthodes d'analyses : .....	23
3.4.3.1. Les analyses physicochimiques : .....	23
3.4.3.2. Analyse des paramètres métalliques .....	24
<b>Chapitre 04 : Résultats et Discussion</b>	
4.1. Les analyses physico-chimiques du site de rejet de la ville de Biskra .....	29
4.1.1. La température .....	29
4.1.2. Potentiel Hydrogène (pH) : .....	30
4.2. Les analyses des paramètres métalliques : .....	31
4.2.1. Concentration de Fer (Fe).....	31
4.2.2. Concentration Cobalt (Co). .....	32
4.2.3. Concentration de Cuivre (Cu). .....	32
4.2.4. Concentration de Cadmium (Cd).....	33
4.2.5. Concentration de Zinc (Zn). .....	34
4.2.6. Concentration de Plomb (Pb). .....	34
4.2.7. Concentration de Chrome (Cr). .....	35
4.3. Discussion des résultats : .....	36
4.4. Analyse statistique des résultats .....	38
4.5. Interprétations des résultats d'analyse statistique .....	40
4.5.1. Évaluation des principales composantes de l'eau usée de la ville de Biskra (Chaâbet Roba).....	40
4.5.2. L'analyse de Classification Ascendante Hiérarchique (Cluster Analyses) .....	42
<b>Conclusion</b> .....	
<b>Bibliographie</b> .....	
<b>Annexes</b> .....	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Matrice de corrélation pour les paramètres physico-chimiques déterminés et les taux en métaux lourds dans l'eau usées dans le site de rejeté (chaâbet Roba) .....	40
<b>Tableau 2.</b> Variance Totale expliquée.....	40
<b>Tableau 3.</b> L'abréviation des représentations graphiques d'arbre hiérarchique .....	44

# Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra (Boutouga,2016).....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	<b>21</b>
<b>Figure 2.</b> Carte de découpage administratif de la wilaya de Biskra (CRSTRA,2018).....	<b>22</b>
<b>Figure 3.</b> Site de rejet (Chaâbet Roba) (Benmalek) .....	<b>22</b>
<b>Figure 4.</b> Acidification des échantillon (Yasmine,2019).....	<b>24</b>
<b>Figure 5.</b> Spectrophotomètre d'absorption atomique (Perkin Elmer PinAAcle 900T, USA (CRASTRA,2024).....	<b>25</b>
<b>Figure 6.</b> Schéma de base d'un appareil de spectromètre d'absorption atomique (Chahid,2016).....	<b>26</b>
<b>Figure 7.</b> Variation des T° enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejeté (Chaâbet Roba). .....	<b>30</b>
<b>Figure 8.</b> Variation des PH enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet (Chaâbet Roba). .....	<b>30</b>
<b>Figure 9.</b> Taux en fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	<b>31</b>
<b>Figure 10.</b> Taux en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba). .....	<b>32</b>
<b>Figure 11.</b> Taux en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba). .....	<b>32</b>
<b>Figure 12.</b> Taux en Cadmium dans le site rejet (Chaâbet Roba). .....	<b>33</b>
<b>Figure 13.</b> Taux en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	<b>34</b>
<b>Figure 14.</b> Taux en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	<b>34</b>
<b>Figure 15.</b> Taux en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba). .....	<b>35</b>



## Liste des abréviations

**MES** : Les matières en suspension

**PH** : Le potentiel hydrique

**EC** : La conductivité électrique

**DBO** : La demande biochimique en oxygène

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**ETM** : Élément Traces Métalliques.

**SAA** : Spectrophotomètre d'absorption atomique

**ACP** : Analyses Composantes Principales.

**CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique.

**CRSTRA** : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides.

# **Introduction**

### Introduction

L'eau, en tant qu'élément essentiel à la vie, est confrontée à des défis considérables dus à la pollution massive résultant des activités humaines. Cette pollution compromet gravement les habitats aquatiques et la qualité de l'eau, qui est une ressource vitale pour tous les organismes vivants. En raison de l'intensification des activités anthropiques, l'eau est devenue un récepteur et un vecteur de nombreuses substances polluantes d'origines diverses. Ainsi, la préservation de la qualité de l'eau est cruciale pour maintenir la santé des écosystèmes aquatiques et assurer la disponibilité d'une ressource essentielle à la vie. (Charles et al., 2018 ; Rahma, 2024)

L'étude de la pollution des eaux est devenue cruciale depuis les années soixante, avec des centaines de tonnes de polluants déversés quotidiennement dans l'environnement, parmi lesquels les métaux lourds sont préoccupants en raison de leur persistance et de leur capacité à s'accumuler dans les organismes aquatiques. Certains métaux lourds, comme le zinc, le cuivre, le manganèse et le fer, sont essentiels à la vie, mais deviennent toxiques à des concentrations supérieures à celles nécessaires. D'autres, comme le plomb, le mercure et le cadmium, sont toxiques sans être nécessaires aux processus biologiques. . (Oumar et al,2014)

Ces éléments, parfois appelés "éléments traces métalliques", sont présents de manière ubiquitaire dans les eaux de surface, bien que leurs concentrations soient généralement très faibles, d'où leur appellation de "métaux traces"(Aranguren,2008)

À Biskra, l'utilisation inappropriée de l'eau a des répercussions néfastes, entraînant un rejet considérable d'eaux usées, notamment dans les sites de rejets principaux tels que Chaàbt Roba, Oued Biskra et Oued Z'mer. Par exemple, le site de Chaàbt Roba, situé à l'est de la ville, reçoit les eaux usées de la zone d'El-Alia à travers des conduites de 1200 mm de diamètre (Charif,2014)

La problématique consiste à évaluer l'impact de la contamination par les métaux lourds des eaux usées de Chaâbet Roba à Biskra sur l'environnement et la santé publique, ainsi que l'influence des paramètres physico-chimiques tels que la température et le pH sur cette contamination

L'objectif principale de ce travail était d'étudier Analyser la contamination des eaux usées du site de rejet Chaâbet Roba à Biskra par les métaux lourds (fer, cobalt, cuivre, cadmium, zinc, plomb et chrome) ainsi que leur relation avec les paramètres physico-chimiques (température et pH).

Notre travail est divisé en deux parties bien distinctes :

La première partie concerne la bibliographie et est organisée en deux chapitres.

Le premier chapitre :se focalise sur l'analyse des eaux polluées en étudiant les paramètres physico-chimiques des eaux usées traitées.

Le deuxième chapitre : traite de l'étude des différents contaminants métalliques et de leurs caractéristiques, dans le but d'évaluer leur potentiel de toxicité pour la santé et l'environnement.

La partie expérimentale se divise en deux chapitres :

1. Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude, description du matériel, les méthodes d'échantillonnages et d'analyses réalisées sur terrain et au laboratoire

2. Chapitre 4 : Résultats de l'analyse des eaux usées, interprétation, et conclusion générale.





**Chapitre 1**  
**Généralité**  
**sur les Eaux usées**

### 1.1. Définition Les eaux usée

Les eaux usées sont définies comme une forme polluée de l'eau, résultant des activités humaines et de l'écoulement des eaux de pluie. Une fois que l'eau propre, spécifiquement potable, est utilisée, elle devient des eaux usées domestiques (grises ou noires) par la consommation humaine, de l'eau de drainage par l'irrigation, des eaux usées industrielles par son utilisation dans l'industrie, et de l'eau stagnante ou de ruissellement par les processus environnementaux tels que la collecte des eaux de pluie (Guefassa,2024 ; Farhan et khadom,2015).

### 1.2. Les types d'eaux usées

Les eaux usées sont classées en quatre catégories selon l'activité responsable de la pollution de l'eau :

-  Les eaux usées domestiques
-  Les eaux usées pluviales
-  Les eaux usées urbain et industrielles
-  Les eaux usées d'origine agricole

#### 1.2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont le résultat de l'utilisation quotidienne de l'eau dans les foyers, comprenant les déchets humains, les eaux usées de cuisine contenant des détergents et des graisses (connues sous le nom d'eaux grises), ainsi que les eaux de toilette contenant des matières organiques et des germes fécaux (appelées eaux noires) (Boukhari,2020).

#### 1.2.2. Les eaux usées pluviales

S'écoulent dans les rues où se concentrent des polluants atmosphériques, des poussières, des déchets, des suies de combustion et des hydrocarbures rejetés par les véhicules. Habituellement collectées avec les eaux usées, les eaux de pluie sont ensuite déversées dans les canalisations d'assainissement et dirigées vers une station d'épuration. Cependant, elles sont souvent directement drainées dans les rivières, entraînant ainsi une pollution intense de l'environnement aquatique (Metahri,2012).

### **1.2.3. Les eaux usées urbains et industriels**

Les rejets urbains comprennent les eaux usées des zones urbaines qui sont directement déversées dans les cours d'eau, ainsi que les eaux domestiques provenant des fosses septiques qui contaminent la nappe aquifère. Quant aux rejets industriels, ils proviennent des activités industrielles et semi-industrielles (stations de lavage et de graissage, stations-service, usines de boissons gazeuses, etc.) et se caractérisent par une grande diversité de composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution (Taleb,2012).

### **1.2.4. Les eaux usées d'origine agricole**

Son impact se manifeste à travers l'utilisation de produits fertilisants (chimiques ou organiques) sur les sols perméables, favorisant ainsi une infiltration directe de l'azote vers la nappe phréatique (taleb, 2012).

## **1.3. Composition des eaux usées**

### **1.3.1. Paramètres de qualité**

Les eaux usées domestiques contiennent principalement de l'eau (environ 99,9%), avec le reste composé de solides organiques et inorganiques, ainsi que de microorganismes. La composition des eaux usées varie en fonction des utilisations de l'eau, influencées par le climat, la situation sociale et économique, ainsi que les habitudes de la population. Dans la conception d'une station d'épuration, il est souvent plus pratique d'utiliser des paramètres indirects pour évaluer la qualité des eaux usées, lesquels peuvent être classés en trois catégories : physique, chimique et biologique (Marcos,2007).

### **1.3.2. Les paramètres physiques**

#### **1.3.2.1. Température**

La température joue un rôle crucial dans les équilibres chimiques et les vitesses de réaction, qu'elles soient chimiques ou biologiques. Les variations de température ont également un impact sur la vie aquatique. Lorsque la température est élevée (au-dessus de 20 °C), cela favorise la croissance des micro-organismes dans les canalisations, mais peut également intensifier les odeurs. En revanche, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents processus de traitement des eaux (Atinkpahoun,2018).

### **1.3.2.2. Les matières en suspension**

Également appelées MES, regroupent toutes les substances minérales ou organiques qui ne se dissolvent pas dans l'eau. Elles englobent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de petite taille, le plancton et autres micro-organismes présents dans l'eau.

La plupart de ces matières sont biodégradables. Les micro-organismes se fixent généralement à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles altèrent également l'apparence de l'eau, lui donnant un aspect trouble, un goût désagréable et une mauvaise odeur. Néanmoins, elles peuvent présenter un intérêt pour l'irrigation des cultures (Baumont,2014).

### **1.3.3. Les paramètres chimiques**

#### **1.3.3.1. Potentiel Hydrique**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau en évaluant la concentration en ions d'hydrogène (H<sup>+</sup>). L'échelle du pH va généralement de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), avec 7 considéré comme neutre à 25°C. Dans la nature, le pH de l'eau peut varier de 4 à 10 en fonction de la composition des sols traversés, ce qui peut avoir des conséquences sur la présence de métaux toxiques ou d'ammoniac, nocif pour les poissons (Boumalek,2020).

#### **1.3.3.2. La conductivité électrique (EC)**

La conductivité électrique d'une solution aqueuse est la capacité de cette solution à permettre le passage du courant électrique. Elle est principalement influencée par la présence de sels dissous, ce qui permet d'estimer la concentration minérale de l'eau. Mesurer la conductivité est donc un moyen utile d'évaluer la salinité de l'eau. Une valeur de conductivité supérieure à 2500 µS/cm indique une forte minéralisation, ce qui peut affecter la croissance des microorganismes et réduire l'efficacité du traitement des eaux usées (Tabet, 2015).

#### **1.3.3.3. La demande biochimique en oxygène (DBO)**

Le DBO est un indicateur mesurant la quantité d'oxygène dissoute consommée par les microorganismes pour dégrader la matière organique biodégradable présente dans les eaux usées sur une période définie, généralement cinq jours, à une température donnée, habituellement 20°C, et dans l'obscurité. Cette mesure est essentielle pour évaluer le degré de pollution et la qualité des eaux, car elle permet d'estimer la capacité des eaux à soutenir l'activité biologique des microorganismes (Pasquini,2013).



#### **1.3.3.4. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO, ou Demande Chimique en Oxygène (exprimée en mg/L), indique la quantité d'oxygène requise pour oxyder par voie chimique toutes les substances oxydables, principalement les matières organiques, présentes dans un effluent. (Bakiri,2014)

#### **1.3.3.5. L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous dans l'eau usée est un indicateur important de la qualité de l'eau. Sa présence dans l'eau usée non traitée indique sa fraîcheur, tandis que sa présence dans l'eau usée traitée témoigne du succès du processus d'oxydation. En général, la présence d'oxygène dissous est bénéfique car elle permet d'éviter les mauvaises odeurs (Labacci et Boumenkar,2019).

### **1.3.4. Paramètres organoleptiques**

#### **1.3.4.1. Turbidité**

La turbidité d'un liquide est en inverse proportion avec sa transparence, étant un indicateur majeur de la présence de matières organiques ou minérales en suspension, telles que les particules colloïdales, dans les eaux usées. Son niveau fluctue selon les différentes matières en suspension présentes dans l'eau (Saadi et Lahmar,2018).

#### **1.3.4.2. Couleur et odeur**

La présence de matières organiques dissoutes ou colloïdales dans les eaux usées brutes est responsable de la couleur, causée par des composés chimiques solubles qui possèdent une teinte. Quant à l'odeur, elle est le résultat de la fermentation des matières organiques (Omira,2014).

**Chapitre 2**  
**Généralités sur**  
**Les métaux lourds**

## 2.1. Principaux polluant métallique

### 2.1.1. Définition Les éléments métalliques

Les éléments traces métalliques (ETM) ou Métaux lourds sont les 80 éléments constitutifs de la croûte terrestre, dont la concentration est inférieure à 0,1%. Les éléments en traces peuvent être des métaux (Pb, Zn, Cu etc.), des métalloïdes (As, B, Se) ou des non métaux (N, F, Cl, Br). Le terme métaux lourds regroupe les 65 éléments traces qui présentent une masse volumique supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup> pouvant avoir un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes végétaux et animaux (Kebir,2012).

Les métaux lourds, sont des éléments naturels, présents dans tous les compartiments de notre environnement (air, eau et sols). À l'état de traces, ils sont nécessaires aux êtres vivants.

La présence de métaux lourds dans l'environnement résulte de causes naturelles et des activités humaines. Ces métaux lourds posent un problème particulier, car ils ne sont pas biodégradables (Neggaz,2020).

La classification périodique des éléments chimiques selon Mendeleïev regroupe des métaux et des non métaux

Du point de vue de la physique, le terme "métaux lourds" fait référence aux éléments métalliques naturels, aux métaux ou dans certains cas aux métalloïdes (environ 65 éléments), qui se distinguent par une masse volumique élevée supérieure à 5 g/m<sup>3</sup>, ainsi qu'un numéro atomique élevé, représentant un danger pour l'environnement et pour l'homme.

D'un point de vue chimique, il est à noter que les métaux sont d'excellents conducteurs électriques et interviennent dans les réactions en tant que cations.

D'un point de vue biologique, on peut distinguer deux types de métaux en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : les métaux essentiels et les métaux toxiques (Ben abdallâh et Koudra,2014).

### 2.1.2. Type des métaux lourds

#### a) Métaux essentiels

Le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le zinc (Zn) et le fer (Fe) sont des oligo-éléments indispensables à de nombreux processus cellulaires, présents en faible proportion dans les tissus biologiques (Abderrahmane *et al.*,2021). Leur concentration doit être contrôlée, car certains éléments comme le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le fer (Fe) peuvent devenir toxiques s'ils dépassent un certain seuil. Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du millimolaire,

est essentiel pour diverses réactions enzymatiques et pour le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (Otmani,2018).

### **b) Métaux toxiques**

Les métaux toxiques sont des substances polluantes qui ont des conséquences néfastes sur les êtres vivants, même à de faibles concentrations (Braiech.Bousnina,2019). Ils ne présentent aucun avantage connu pour les cellules. C'est le cas notamment du plomb (Pb), du mercure (Hg) et du cadmium (Cd) (Huynh,2009).

## **2.1.3. Origine des métaux lourds**

### **a. Métaux naturels**

Les métaux lourds se retrouvent dans tous les compartiments de l'environnement, avec les réserves les plus importantes dans les roches et/ou les sédiments océaniques. Les gisements naturels deviennent des sources de contamination des eaux dans diverses situations telles que :

- L'exploitation minière
- L'érosion transportant les métaux vers les sols
- Les eaux de surface et les sédiments, ainsi que des éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines (Denideni et Maghne,2017).

Parmi les sources naturelles essentielles, on peut mentionner

- L'activité volcanique
- L'érosion des continents et les feux de forêt,

Avec les volcans contribuant de manière significative en émettant soit de grandes quantités de gaz en raison d'une activité explosive, soit des émissions continues de faible volume, principalement liées à l'activité géothermique et à la libération de gaz du magma (Boulaia et Fernane,2023).

### **b. Métaux anthropiques**

La pollution d'origine humaine, connue sous le nom de pollution anthropique, provient des multiples activités quotidiennes des êtres humains. Par exemple :

- Les activités industrielles et les cheminées
- Les gaz d'échappement des voitures et des camions
- L'agriculture
- Les centrales électriques fonctionnant au charbon, au pétrole ou au gaz
- Les activités minières, les décharges, etc (Denideni et Maghne,2017).

Ils se présentent sous des formes chimiques hautement réactives, ce qui engendre des risques considérablement plus élevés que les métaux d'origine naturelle qui, quant à eux, sont souvent immobilisés dans des formes relativement inertes ( Fares et Sedairia,2021).

## **2.2. Impact sur l'environnement**

### **a. Contamination des sols**

Les métaux présents dans les sols se trouvent sous diverses formes, telles que des complexes, des phases cristallines, ou associés à des molécules organiques. Leur présence peut résulter de l'échange avec les argiles et la matière organique, de leur adsorption sur des particules d'oxydes ou d'hydroxydes, ou de leur inclusion dans des restes organiques. La forme des métaux dépend de la composition minéralogique, du pH, de la salinité, de l'oxydo-réduction, de la granulométrie, de la teneur en eau, des ligands en solution et des micro-organismes du sol. Ces facteurs influencent la solubilisation, la précipitation et l'adsorption des métaux, impactant leur mobilité et biodisponibilité, des paramètres clés pour évaluer leur toxicité. La présence de métaux dans les sols peut être naturelle ou due à des activités humaines, chacune ayant des modes d'introduction distincts (Jean-Baptiste,2006).

### **b. Contamination de l'eau**

Lorsque les métaux lourds entrent en contact avec l'eau, des réactions chimiques se produisent en relation avec l'acidité, l'alcalinité, la température et l'oxygénation. De plus, le degré de solubilité d'un métal est un facteur important. Si le métal est soluble, il passera dans les nappes phréatiques et/ou dans la plante, tandis que s'il est insoluble, il restera dans le sol. La solubilité dépend de plusieurs facteurs, le plus important étant l'acidité du sol. En général, un sol acide favorise la mobilisation. La matière organique favorise également la mobilité des métaux (acide humique). Les principales sources de contamination de l'eau sont : les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, les substances dangereuses utilisées dans l'industrie (Zerari,2020).

### **c. Contamination de l'air**

Les principales sources de métaux lourds dans l'atmosphère proviennent de sources fixes. De nombreuses substances se trouvent sous forme de traces dans les particules atmosphériques provenant de processus de combustion à haute température, de fusions métallurgiques, d'incinérateurs municipaux, de véhicules, etc. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules dépendent de leur taille, de leur concentration et de

leur composition, la taille étant le paramètre le plus influent sur l'environnement. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments tels que le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, dont la concentration est d'autant plus élevée que les particules sont fines (Omar,2015).

### **2.3. Impact des éléments tracs métalliques sur la sante humain**

Les métaux lourds ciblent divers organes : les ions métalliques se lient aux globules rouges (Pb, Cd, CH<sub>3</sub>Hg). Le foie et les reins (organes très vascularisés) accumulent les métaux, tandis que le plomb s'accumule dans les dents et les os. Les enfants sont particulièrement vulnérables car leur barrière hémato-encéphalique n'est pas complètement développée. Par diffusion passive et grâce à leur solubilité dans les lipides, le Cadmium, le Plomb et le méthylmercure (CH<sub>3</sub>Hg) peuvent traverser le placenta et s'y concentrer (Omar, 2015). Les métaux lourds induisent un stress oxydatif en formant des radicaux libres (Kerd Elouad et Taouai,2022).

### **2.4. Impact des métaux lourds sur la faune et la flore du sol**

Dans les situations extrêmes, les fonctions biologiques du sol peuvent être altérées, ce qui entraîne des effets phytotoxiques. Ces effets ont des conséquences sur le fonctionnement des cycles biogéochimiques. Sur le plan quantitatif, une concentration excessive d'éléments traces entraîne une diminution plus ou moins importante de l'abondance des microorganismes et de la biomasse microbienne, ainsi qu'une altération de la structure de cette communauté. Sur le plan qualitatif, les modifications de la faune et de la flore du sol sous l'influence des éléments traces sont principalement dues à la sensibilité différentielle des différents genres et espèces. Au-delà d'un certain seuil, seuls les microorganismes les plus résistants peuvent survivre, ce qui entraîne une diminution de la diversité. (Kerd Elouad et Taouai,2022).

## **2.5. Les éléments métalliques**

### **2.5.1. Cuivre**

Le cuivre, de symbole Cu, est un métal de transition appartenant à la période 4 et au groupe IB du tableau périodique avec un numéro atomique de 29. Sa masse molaire est de 63,546 g.mol<sup>-1</sup>, sa température de fusion est d'environ 1080 °C et son point d'ébullition est d'environ 2565 °C. Sa densité est de 8,9 à 20 °C. La concentration moyenne de cuivre dans la croûte terrestre est d'environ 55 mg/kg. Il est également l'un des rares métaux à se trouver à l'état natif (Chaouche,2020). Cependant, la présence de cuivre natif dans la nature est assez faible (. Il est essentiel au métabolisme des êtres vivants en tant qu'oligo-élément. L'ion Cu<sup>2+</sup>

forme de nombreux complexes stables avec des ligands minéraux et organiques (Belabed,2012).

Ce métal rougeâtre offre une conductivité thermique et électrique élevée à température ambiante (Kadouche Slimane,2013).

### **Toxicité**

Selon McKenzie, le maximum "normal" rencontré dans les plantes est de 15ppm /MS. Le Cu représente un danger en cas de concentration élevée dans l'environnement. Son action sur les racines des plantes altère leur développement et la perméabilité de leur membrane cellulaire, entraînant le lessivage de certains ions ( $K^+$ ;  $PO_4^{2-}$ ). Cela provoque des effets toxiques sur les plantes et des baisses de rendement. D'après Pais et Benton, des teneurs totales en  $Cu \leq 7ppm$  entraînent des carences cupriques, tandis que des toxicités apparaissent au-delà de 180ppm (Kebir,2012) .

Chez l'homme, des symptômes de toxicité aiguë se manifestent par des diarrhées, des nausées, des vomissements et des irritations intestinales. 1gramme de  $CuSO_4$  constitue une dose mortelle ; pour plus de 44 mg/L d'eau de boisson, il y a manifestation de gastro-entérites. La toxicité chronique du Cu n'a pas été démontrée chez l'homme, mais une partie de la population y est sensible : maladie de Wilson (Chaouche,2020).

### **2.5.2. Plomb**

Un élément chimique du groupe IV et de la période 6 du tableau périodique. Il possède le numéro atomique 82, une masse atomique de 207,2, une densité de 11,4 g  $cm^{-3}$ , un point de fusion de 327,4°C et un point d'ébullition de 1725°C.À l'état naturel, le plomb est un métal gris bleuâtre, dense et malléable. Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre est estimée à environ 13 à 16 mg/kg (Chaouche,2020).

Le plomb peut trouver sous différentes formes : métallique, inorganique et organique (Chahid,2016).

Un métal d'un bleu brillant, extrêmement mou, malléable et ductile. Il perd de son éclat au contact de l'air humide, mais il ne réagit ni avec l'oxygène ni avec l'eau. Toutefois, il est attaqué par l'acide nitrique (Nedjar,2016).

### **Toxicité**

La toxicité du plomb varie en fonction de sa concentration dans l'environnement, de sa spéciation, des caractéristiques du sol et enfin de l'espèce végétale concernée. Les plantes

développent différentes barrières physiques pour se protéger. Par exemple, le mucilage sécrété au niveau de la coiffe a la capacité de lier le plomb, ce qui entrave son absorption par les parois cellulaires. Cependant, pour atteindre le cylindre central de la racine, le plomb doit également traverser la paroi cellulaire et la membrane plasmique, qui possèdent de nombreux sites de fixation pour le plomb. Une fois que le plomb a réussi à franchir ces barrières de protection, il peut perturber de nombreux processus physiologiques de la plante (Hafdallah *et al.*,2022).

### 2.5.3. Zinc

Le Zinc est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30. Il s'agit d'un métal de couleur bleu-gris. Le Zinc et le cadmium sont des métaux électropositifs assez similaires, tandis que le mercure Hg présente une réactivité différente. Dans l'environnement naturel, le zinc est environ 600 fois plus abondant que le cadmium et environ 1 500 fois plus abondant que le mercure.

Le zinc est un élément essentiel au bon fonctionnement de tout organisme vivant. Il intervient dans de nombreuses fonctions et situations physiologiques, telles que la croissance et la multiplication cellulaire, le métabolisme osseux, la cicatrisation des blessures, la reproduction et la fertilité, l'immunité et l'inflammation, le goût et la vision, le fonctionnement cérébral, ainsi que la protection contre les radicaux libres. Il est également indispensable à l'activité de nombreuses enzymes (Hafdallah *et al.*,2022).

### Toxicité

Bien que le zinc soit un oligo-élément essentiel, une exposition excessive peut s'avérer toxique pour les plantes, les organismes aquatiques et les humains. Chez les végétaux et la faune aquatique, même de faibles quantités d'ions zinc libres sont létales. Pour l'homme, un apport excessif en zinc peut causer des problèmes urinaires, interférer avec l'absorption d'autres nutriments et provoquer la fièvre des fondeurs en cas d'inhalation. L'ingestion accidentelle par les enfants est également préoccupante. Inversement, une carence nuit au développement cognitif. Heureusement, l'homéostasie corporelle permet une régulation efficace des niveaux de zinc, ajustant son absorption, excrétion et production pour gérer les excès. Ainsi, malgré sa toxicité potentielle à fortes doses, le zinc est généralement considéré comme relativement peu dangereux grâce aux mécanismes de régulation physiologiques. (A.L. Wani *et al.*,2017).

### 2.5.4. Cadmium



Un élément naturel qui se trouve dans la croûte terrestre à une concentration moyenne de 0,2 partie par million. Il s'agit d'un métal blanc argenté, légèrement bleuté. Ce métal, de formule chimique Cd et appartenant au groupe IIB du tableau périodique de Mendeleïev, fait partie de la famille des métaux de transition et possède des propriétés physiques très similaires à celles du zinc (Ben abdallâh et Kohadra,2014) .

Le cadmium est principalement présent sous forme particulaire dans l'air ambiant, avec l'oxyde de cadmium étant la forme la plus courante. Les principales sources de cadmium sont l'incinération des déchets ménagers, l'industrie sidérurgique et la métallurgie des métaux non ferreux, en particulier la production de zinc (Scal'Air,2013).

### **Toxicité**

Le Cadmium est connu pour être le métal qui a le plus de facilité à s'accumuler dans les chaînes alimentaires (Milhaud *et al.*,1998).

Le cadmium est un élément toxique cumulatif, ce qui signifie que ses effets néfastes sur l'organisme ne se manifestent que lorsque son accumulation dans les tissus atteint un seuil critique. Il peut causer des troubles hépato-digestifs, rénaux, sanguins, nerveux et osseux. Les formes spécifiques de cadmium sont classées comme cancérogènes de groupe 1 par le CIRC(Scal'Air,2013).

### **2.5.5. Chrome**

Le chrome est un métal blanc, brillant, dur et cassant, avec un numéro atomique  $Z=24$  et une masse atomique de 51,996 g/mol. Il est naturellement présent dans la croûte terrestre, principalement sous forme de chromite ( $FeCr_2O_4$ ). Lorsqu'il est exposé à la peau, il peut causer des eczémas, des ulcérations, des diarrhées, des douleurs abdominales et des vomissements ont été décrits suite à l'absorption d'eau contaminée par 20 mg/l de Cr (kerd Elouad et Taouai,2022).

### **Toxicité**

La toxicité du chrome dépend grandement de sa forme et concentration. Le chrome hexavalent Cr (VI) est très toxique, pouvant causer nécrose des cellules rénales, gastro-entérites hémorragiques et insuffisance hépatique mortelle à partir de 100-300 mg ingérés. À l'inverse, le chrome trivalent Cr (III) est un oligo-élément essentiel à faibles doses pour réguler le métabolisme glucidique. Cependant, des expositions accidentelles professionnelles ou des intoxications intentionnelles aux sels de Cr (III) peuvent aussi s'avérer létales chez l'homme au-delà de 100 mg/kg de poids corporel. Les tests toxicologiques indiquent une

CL50 de 32 mg/kg chez la souris et 11 mg/kg chez le lapin pour le Cr (VI), soulignant sa forte toxicité comparée aux besoins nutritionnels infimes en Cr(III). Une gestion stricte des expositions, en particulier au chrome hexavalent, est donc cruciale (Neggaz,2020) .

### 2.5.6. Fer

Métal résistant, de symbole Fe d'un blanc grisâtre, magnétique, ductile et malléable, très peu utilisé à l'état pur, un élément chimique, de numéro atomique 26. Le noyau de l'atome de fer 56 est l'isotope le plus stable de tous les éléments chimiques, car il possède l'énergie de liaison par nucléon la plus élevée (Sahli,2020).

Le fer est un élément ferromagnétique dont les atomes s'alignent sous l'influence d'un champ magnétique extérieur et conservent cette orientation. En présence d'humidité, le fer se corrode en formant de l'hématite ( $Fe_2O_3$ ), un matériau poreux qui permet la propagation de la réaction d'oxydation jusqu'au cœur du métal (Hamani et Sidi,2016).

### Toxicité

La toxicité du fer varie en fonction des organismes et microorganismes. Sa limite de toxicité est considérablement plus élevée pour ces organismes, atteignant jusqu'à 80 mg/L dans des cas défavorables. . Le fer est un oligo-élément essentiel à la vie, recommandé à ne pas dépasser 0,3 g/L dans l'eau par l'Organisation Mondiale de la Santé en raison de ses effets sur le système digestif. Des concentrations élevées de fer dans l'eau peuvent entraîner des inconvénients tels que des goûts et odeurs désagréables, des dépôts dans les canalisations favorisant la croissance de bactéries, et des risques pour la santé comme la sidérose pulmonaire due à l'inhalation de poussières de fer (Hamani et Sidi,2016).

### 2.5.7. Cobalt

Le cobalt (Co), découvert par Georg Brandt vers 1735, est un métal de transition Ferromagnétique avec le symbole chimique Co et la structure électronique  $[Ar] 4s^2 3d^7$  (Ghattaoui et Krarbi,2021).

De couleur gris bleu brillant, il est dur et ductile. Il ne réagit généralement pas avec l'air mais peut réagir avec des acides dilués (Hakimi,2009).

Le cobalt, élément naturel, partage des propriétés similaires au fer et au nickel, avec un numéro atomique de 27 et un seul isotope stable ayant une masse atomique de 59. Il occupe la première position dans le groupe VIII-B des métaux de transition (Ferhat et Guesmia,2020).

Naturellement présent dans certains minerais et dans notre alimentation, le cobalt est indispensable à la production de la vitamine B12, étant un oligo-élément essentiel avec une consommation quotidienne recommandée variant de 2 à 100 µg. Il est également largement utilisé dans l'industrie pour une multitude d'applications (Med Sci (Paris),2016).

### **Toxicité**

L'exposition aiguë au cobalt par inhalation de fortes doses peut entraîner des symptômes gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhées, douleurs abdominales) et respiratoires (toux, dyspnée, éternuements, conjonctivite). La toxicité chronique du cobalt se caractérise par des symptômes variés tels que la rhinite, l'asthme, la dermatite allergique, l'alvéolite, la fibrose pulmonaire, la cardiomyopathie, la polycythémie, l'hypothyroïdie et, rarement, des troubles neurologiques. Par le passé, l'ajout de chlorure ou de sulfate de cobalt dans la bière a provoqué le syndrome des "cardiomyopathies des buveurs de bière", avec des symptômes tels qu'un épanchement péricardique, une augmentation de l'hémoglobine et une insuffisance cardiaque congestive. La toxicité cardiaque du cobalt est attribuée à son impact sur la consommation d'oxygène dans les mitochondries myocardiques ou sur le transport transmembranaire du calcium intracellulaire.

La toxicité du cobalt est liée à plusieurs facteurs, notamment :

- Ses propriétés chimiques.
- La radiotoxicité de certains de ses isotopes radioactifs
- Des interactions synergiques avec d'autres métaux présents naturellement
- Génotoxicité, Cancérogénicité, Son métabolisme (Benrahmani,2017).

# **Partie expérimentale**

# **Chapitre 3**

## **Matériels et Méthodes**

### 3.1. Cadre D'étude

L'étude a été menée au niveau du site Chaabet Roba dans la Wilaya de Biskra, concernant les paramètres physico-chimiques et métalliques de ce rejet de Décembre 2023 à Mai 2024. Les analyses ont été réalisées au laboratoire (CRSTRA) de Biskra.

Ce rejet a été choisi car il figure parmi les principaux rejets de la ville de Biskra et est également utilisé pour l'irrigation non autorisée.

### 3.2. Présentation de la zone d'étude

#### 3.2.1. La situation géographique et administrative

##### 3.2.1.1. Situation géographique

La wilaya de Biskra est localisée dans le sud-est du pays, plus précisément au sud des Aurès qui délimitent sa frontière naturelle au nord. Elle s'étend vers le sud-est jusqu'à la zone des Chotts (Chott Melghir) et vers le sud-ouest jusqu'au début du grand erg oriental (Fig.01).

Elle joue un rôle de jonction entre le nord et le sud, étant située au sud-est de l'Algérie et considérée comme une porte d'accès au Sahara. Le chef-lieu de la wilaya se trouve à 400 km au sud-est de la capitale, à une altitude moyenne de 120 mètres par rapport au niveau de la mer.

La wilaya est constituée de grands ensembles géographiques :

- Une zone de montagne et de hauts plateaux au Nord.
- Une zone de plaines steppiques sur l'axe El Outaya –Doucen.
- Une zone de Chott à l'Est de la wilaya.
- Une zone de plateaux au Sud de la wilya (Ouled Djellal).

La wilaya de Biskra s'étend sur une superficie de 20 986 km<sup>2</sup>. Et un périmètre de 1132km.

Elle se limite par les coordonnées suivantes :

- 33° 19' 28'' et 35° 17' 41'' de latitude Nord
- 04° 07' 10'' et 06° 48' 30'' de longitude EST (Helal,2016).

L'altitude de la ville de Biskra est de 120 m au-dessus du niveau de la mer. (Haddad,2011).

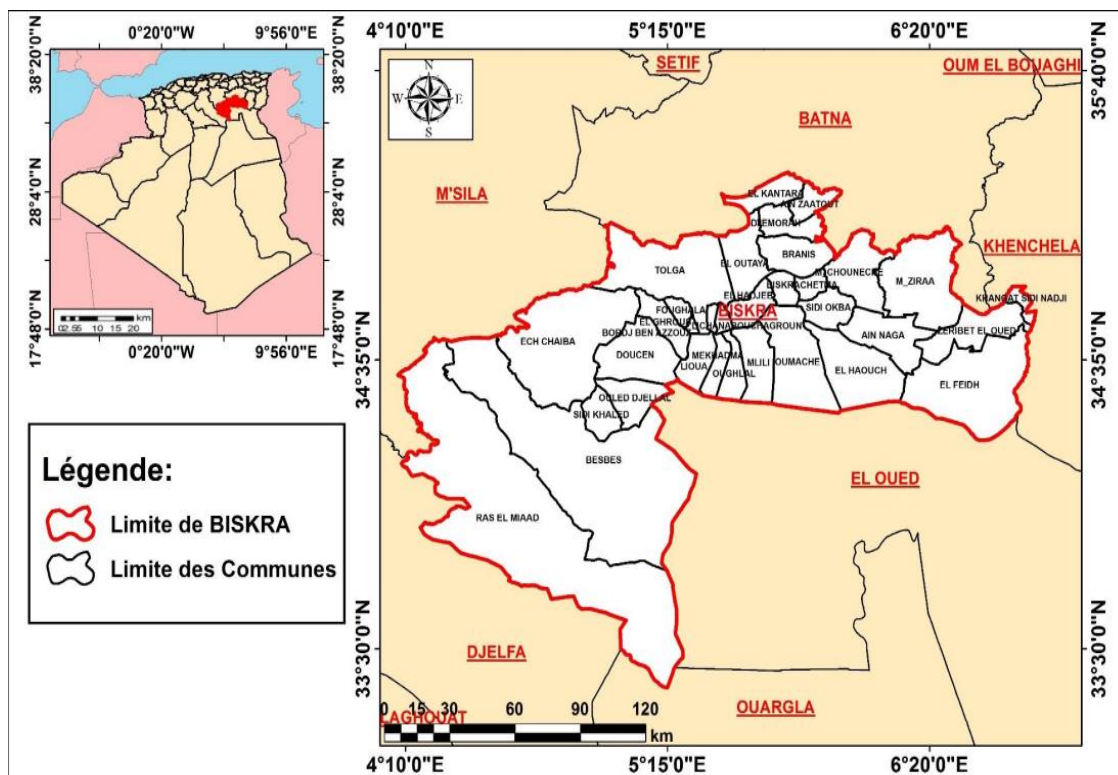


Figure 1. Carte géographique de la wilaya de Biskra (Boutouga,2016)

### 3.2.1.2. Situation administrative

La wilaya de Biskra, issue du découpage administratif de 1974, a subi plusieurs modifications au fil des années. Initialement composée de six dairates et vingt-deux communes, elle s'est scindée en deux parties en 1984, donnant naissance à la wilaya d'El Oued.

En 1991, une réorganisation au niveau des daïras a eu lieu, et en 2015, la création de la circonscription administrative d'Ouled Djellal a été annoncée. Depuis mai 2015, la wilaya de Biskra comprend la circonscription administrative d'Ouled Djellal, trente-trois communes et douze dairates.

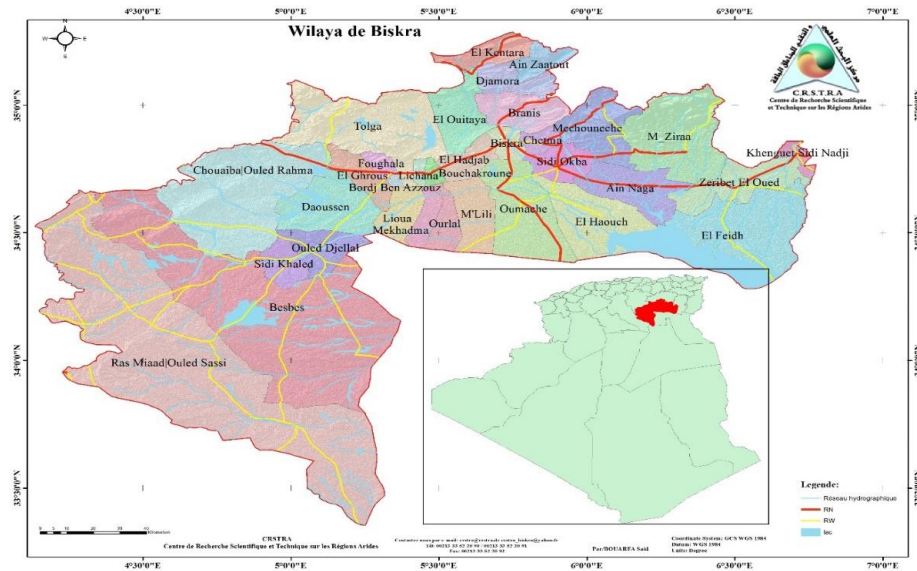
Les chefs-lieux des dairates sont Tolga, Ouled Djellal, Sidi Okba, El Outaya, El Kantara, Ourlal, M'chounèche, Z.El Oued, Sidi Khaled, Foughala, Djemourah et Biskra. (Fig.02).

Ainsi, la wilaya de Biskra couvre désormais 33 communes, réparties en 12 daïras, selon le dernier découpage administratif en 2015 (Helal,2016).

La Wilaya de Biskra est limitée par :

- La Wilaya de Batna au Nord
- La Wilaya de M'sila au Nord-Ouest

- La Wilaya de Djelfa au Sud-Ouest.
- La Wilaya de Ouargla au Sud.
- La Wilaya d'El-oued au Sud-Est.
- La Wilaya de Khenchela au Nord-Est. (Anonyme, 2007) (Haddad,2011)



**Figure 2.** Carte de découpage administratif de la wilaya de Biskra (CRSTRA,2018)

### 3.3. Localisation de site de rejeté

#### 3.3.1. Le Site Chaâbet Roba

Située à l'Est de la ville de Biskra, il reçoit toutes les eaux usées de la zone d'EL Alia. Se caractérise par la présence de conduite dont le diamètre est de  $\Phi=1200\text{mm}$



**Figure 3.** Site de rejeté (Chaâbet Roba) (Benmalek)



### **3.4. Echantillonnage**

Des prélèvements d'eau ont été réalisés sur le terrain (Chaâbet Roba) en utilisant des flacons en verre d'une capacité de 01 litre. Ces flacons ont été soigneusement protégés de la lumière à l'aide de ruban adhésif noir, puis hermétiquement fermés dans des conditions stériles appropriées. Par la suite, ils ont été placés dans une glacière réfrigérée à une température de 4°C en vue de leur envoi au laboratoire. Une note contenant toutes les informations nécessaires accompagne ces échantillons.

#### **3.4.1. Prélèvement**

Pour l'analyse des métaux, nous prélevons des échantillons sur place en utilisant des petits seaux stériles munis de cordes. Lors de la collecte, assurez-vous de placer le seau dans les déchets sans contaminer l'échantillon. Ensuite, retirez le seau rempli d'eau, débranchez la corde et stockez le contenu dans une bouteille en verre teinté d'un litre, puis scellez-la dans les conditions aseptiques requises jusqu'à l'analyse des métaux.

#### **3.4.2. Lieux de réalisation des analyses**

- Les analyses physico-chimiques sont effectuées in situ.
- Les analyses métalliques sont réalisées au niveau de Laboratoire (CRSTRA).

#### **3.4.3. Méthodes d'analyses**

##### **3.4.3.1. Les analyses physicochimiques**

###### **a. Température**

La température influe grandement sur la solubilité des gaz dans l'eau ainsi que sur la Vitesse des réactions chimiques et biochimiques.

Pour mesurer la température, une sonde thermométrique est utilisée et placée avec précaution dans l'échantillon. La lecture est effectuée une fois que le thermomètre est stabilisé (Boufedeché et boufenchouche ,2019).

###### **b. Potentiel d'hydrogène (pH)**

La mesure est faite avec un pH mètre sans unité. Et mesure l'acidité et la basicité d'une solution.



**Figure 4.** Acidification des échantillon (Yasmine,2019)

- **Détermination du pH**

Instrument de mesure : pH-mètre sens ION (Hach) équipé d'une électrode en platine combinée avec une sonde de température.

- ✓ Le pH d'un échantillon doit être mesuré dans les 6 heures suivant le prélèvement.
- ✓ Insérer l'électrode du pH-mètre préalablement rincée à l'eau distillée dans le bécher contenant l'échantillon à analyser.
- ✓ Agiter doucement à l'aide d'une baguette magnétique.
  - ✓ Appuyer sur la touche (Lire/Entrer), la valeur du pH et de la température évolue jusqu'à se stabiliser.
  - ✓ Un signal sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette valeur.
  - ✓ La valeur du pH donnée directement par l'appareil correspond à une température de 25°C.
  - ✓ Après la mesure, rincer l'électrode à l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

### 3.4.3.2. Analyse des paramètres métalliques

#### a. Les métaux recherchés

Les métaux lourds tels que le cadmium, le chrome, le cobalt, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc, qui sont des indicateurs de pollution, ont été analysés au moyen d'un spectromètre

d'absorption atomique à flamme air/acétylène de type Perkin-Elmer, modèle PINAACLE 900T, couplé à un logiciel WinLab-32, au laboratoire (CRSTRA) de Biskra.

- **Matériels utilisés**

### **Spectromètre d'adsorption atomique**

- ✚ La spectrophotométrie d'adsorption atomique (SAA) est une méthode qui a connu un développement considérable ces dernières années, bien que le phénomène de base soit connu depuis longtemps. Les avantages intéressants de cette technique, notamment sa rapidité, ont permis son adaptation pour la quantification de plusieurs éléments présents dans les eaux (Chahid,2016).
- ✚ Les spectrophotomètres à absorption atomique de type PINAACLE 900T sont des instruments de haute performance dotés d'une optique entièrement fermée basée sur la technologie des fibres optiques. Le fonctionnement de la flamme du PINAACLE 900T optimise chaque étape de l'analyse, de l'introduction de l'échantillon à la nébulisation homogène, en passant par l'optimisation et la mémorisation. Grâce au logiciel AAwinlab, l'analyse est simplifiée et l'instrument peut être entièrement contrôlé depuis un PC



**Figure 5.** Spectrophotomètre d'absorption atomique (Perkin Elmer PinAAcle 900T, USA (CRASTRA,2024))

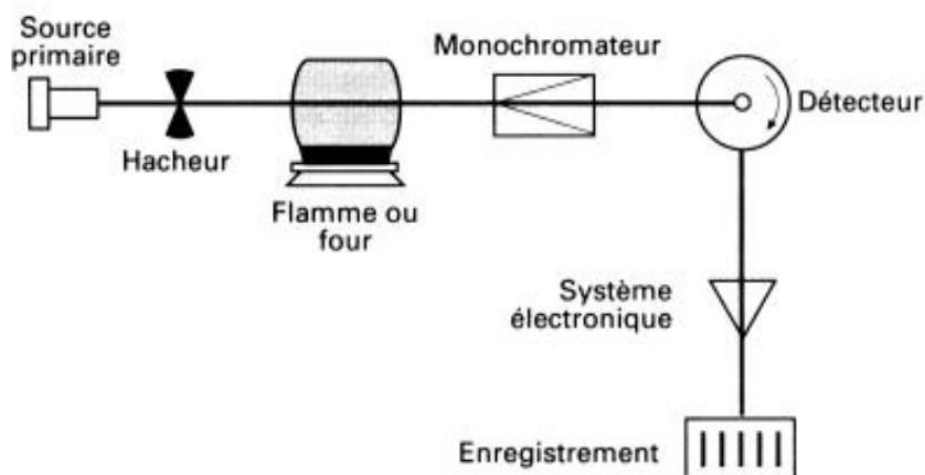
- **Principe**

La détermination spectroscopique des espèces atomiques ne peut être réalisée que sur un échantillon à l'état gazeux, où les atomes individuels tels que l'Ag, Al, Au, Fe et Mg sont clairement séparés les uns des autres.

La chaleur nécessaire pour vaporiser l'échantillon et amener l'élément à doser à un état "fondamental" est générée par une flamme ou un four en graphite. L'analyse par absorption atomique (SAA) en flamme ne peut analyser que les solutions, tandis que la SAA en four de graphite peut analyser les solutions, les suspensions liquides et les échantillons solides (Ouali,2016).

- **Appareillage comprend**

- ❖ Une source d'atomisation permettant la conversion des métaux de leur forme ionique à leur forme atomique, avec l'utilisation de deux types de sources d'atomisation (par flamme ou par four à graphite)
- ❖ Une source de radiation spécifique en fonction des métaux étudiés, utilisant une lampe de type cathode creuse. Cette lampe, composée du métal à analyser, émet le spectre de l'élément sous tension.
  - ❖ Un système de miroirs,
  - ❖ Un brûleur,
  - ❖ Un four à graphite,
  - ❖ Un monochromateur,
  - ❖ Un détecteur connecté à un amplificateur,
  - ❖ Un dispositif d'acquisition.



**Figure 6.** Schéma de base d'un appareil de spectromètre d'absorption atomique (Chahid,2016)

- **Etude statistique des résultats**

Dans notre étude, nous avons effectué une analyse statistique ACP sur l'ensemble des résultats obtenus afin de déterminer la relation entre les paramètres physico-chimiques

(température, pH) et la concentration en métaux, ainsi que pour évaluer plus précisément le degré de contamination de l'eau. De plus, nous avons utilisé l'analyse statistique CAH pour évaluer l'homogénéité entre différents mois d'étude (de décembre à mai). Cette recherche a été réalisée sur le terrain en utilisant les logiciels SPSS 23 et WinLab-32.

Le logiciel SPSS 23 (Statistical Package for the Social Sciences) est un outil utilisé par les chercheurs de diverses disciplines pour l'analyse quantitative et qualitative de données complexes. Il permet la préparation et la gestion des données de base, ainsi que la réalisation de statistiques descriptives et d'analyses statistiques courantes telle que la corrélation, etc

# **Chapitre 4**

## **Résultats et discussion**

## 4. Résultats et discussion

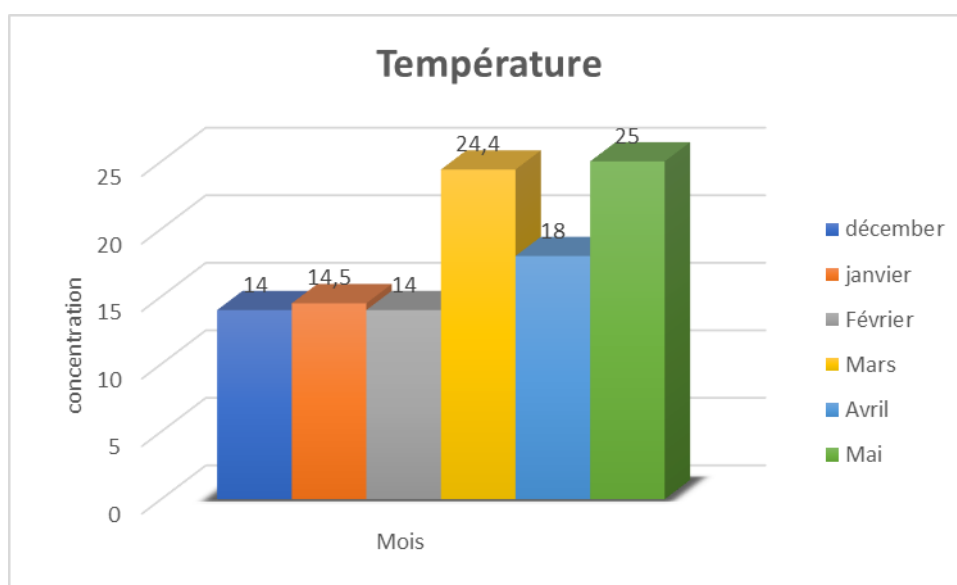
### Analyse descriptive des résultats

Lors de notre discussion, nous avons abordé deux aspects :

- **1er Aspect :** Il s'agit des résultats de l'étude statistique des analyses physicochimiques (température, pH) ainsi que des métaux lourds Cr, Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Co, dans la ville de Chaâbet Roba pour l'année 2024
- **2eme Aspect :** L'objectif de cette étude dans cet aspect est d'expliquer le comportement des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques dans le site de prélèvement, de Décembre à Mai.

### 4.1. Les analyses physico-chimiques du site de rejet de la ville de Biskra

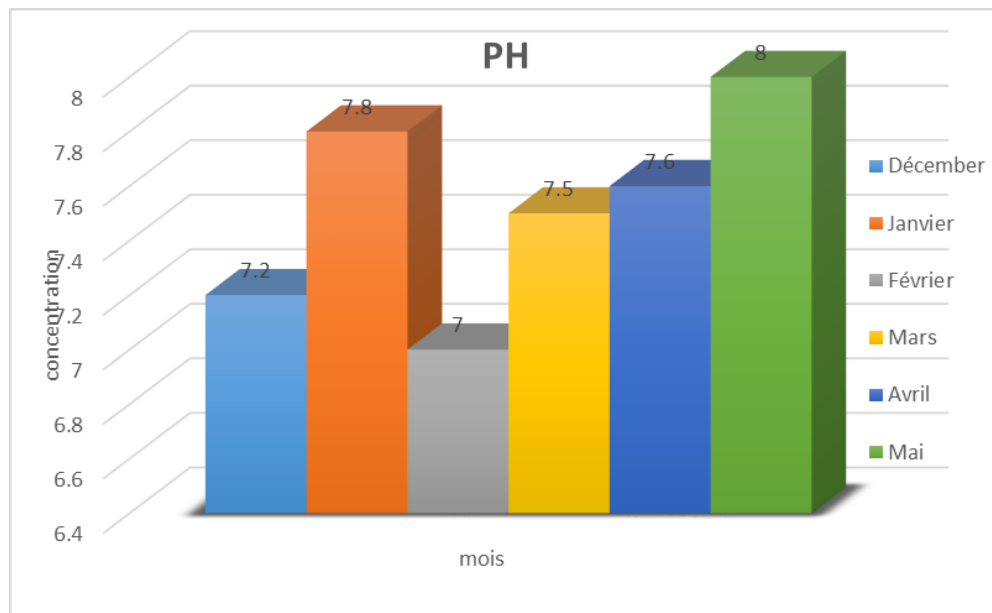
#### 4.1.1. La température



**Figure 7.** Variation des T° enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejeté (Chaâbet Roba).

Les températures des eaux usées à Chaâbet Roba ont été mesurées sur une période de six mois, oscillant entre 14°C (pendant les mois de décembre, janvier et février) et 25°C (en mai) en tant que valeurs minimale et maximale. Aucun dépassement de la limite recommandée de 30°C n'a été observé pour le changement de température. Les températures enregistrées au niveau des effluents des stations d'épuration étaient en dessous de 30°C.

#### 4.1.2. Potentiel Hydrogène (pH)



**Figure 8.** Variation des pH enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet (Chaâbet Roba)

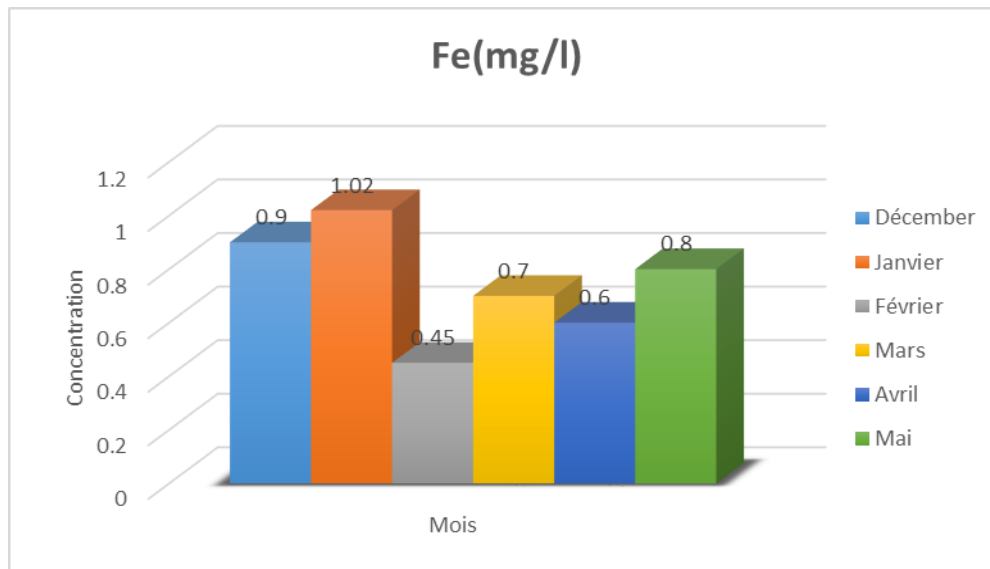
Le pH est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols. La variation de pH (naturelle ou anthropique) semble être le facteur dont l'action sur la mobilité des métaux lourds est la plus déterminante (Benmessaoud,2022)

Selon les données de la figure 8, le pH mesuré sur ce site demeure constant, ne dépassant pas 8 et oscillant entre 7 et 8, ce qui indique un pH légèrement basique. En moyenne, les valeurs se situent généralement entre 6,5 et 8,5, considérées comme des limites acceptables.



## 4.2. Les analyses des paramètres métalliques

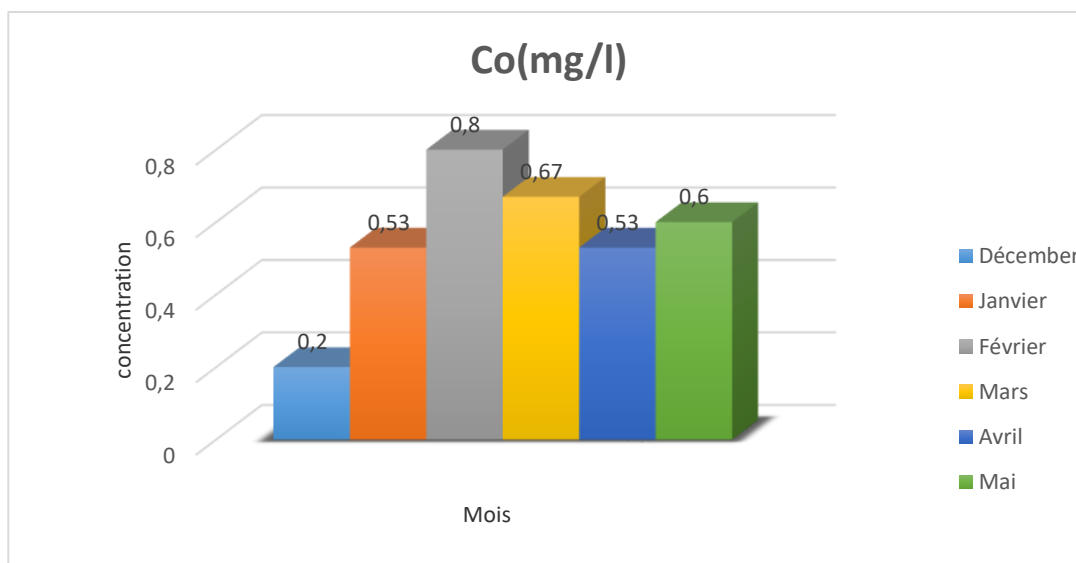
### 4.2.1. Concentration de Fer (Fe).



**Figure 9.** Concentration en fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba)

Selon le graphique obtenu, on a observé une variation significative de la concentration du fer dans les eaux usées de la ville de Biskra, sur la période allant de Décembre 2023 à Mai 2024. La concentration moyenne en fer atteint 0,6 mg/L, avec une concentration maximale en février (1,02 mg/L) et une concentration minimale en mars (0,45 mg/L). De plus, la concentration mesurée du fer n'a pas dépassé le niveau standard fixé à 3 mg/L (Annexe I).

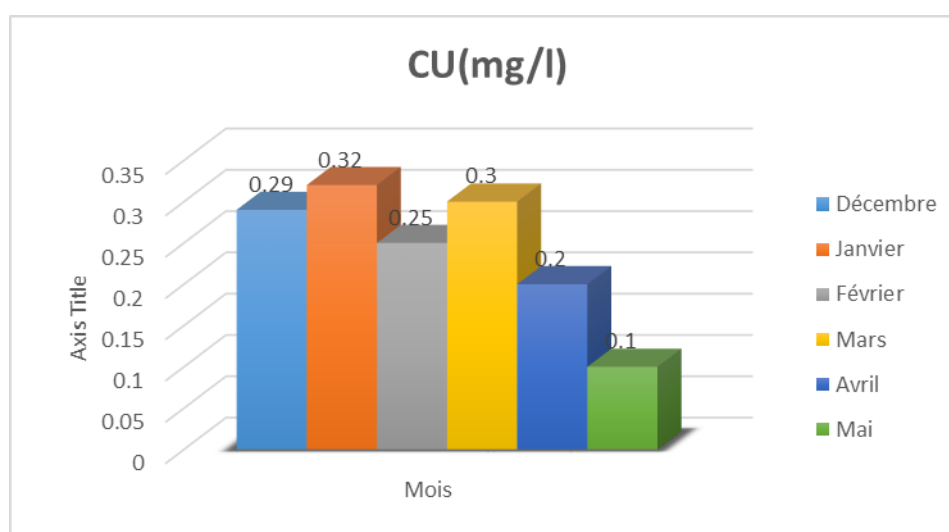
#### 4.2.2. Concentration de Cobalt (Co)



**Figure 10.** Concentration en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après les résultats obtenus, les données montrent que la concentration de cobalt sur le site du rejet (Chaâbet Roba) varie de manière saisonnière. La concentration la plus élevée de cobalt était en décembre, tandis que la concentration la plus faible était en février. Une légère baisse de la concentration de cobalt a été observée de décembre à février, suivie d'une légère augmentation de février à mai. Cela indique qu'il existe une source de cobalt sur le site qui est plus active en hiver. La teneur en cobalt dépassait la norme établie (0,5mg/l) (Annexe I).

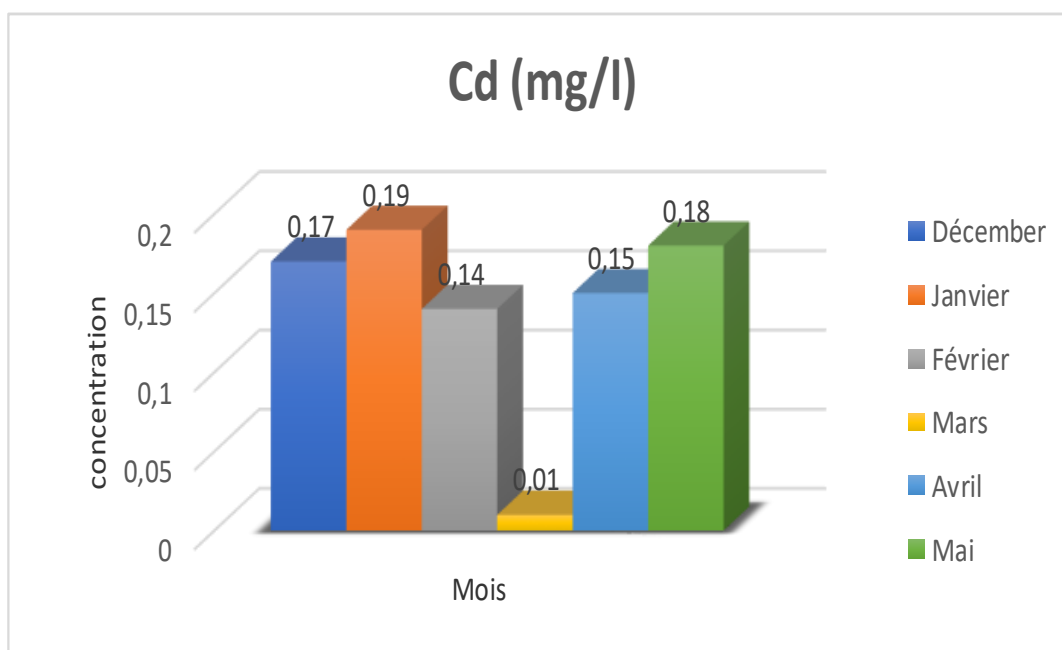
#### 4.2.3. Concentration de Cuivre (Cu)



**Figure 11.** Concentration en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après les résultats obtenus, il a été observé que la concentration de cuivre dans le site de rejeté (Chaâbet Roba) est relativement élevée, avec une valeur maximale en Janvier (0,32 milligramme par litre) et une valeur minimale en Mai (0,1 milligramme par litre). Il y a une variation dans la période allant de décembre à mai, qui diminue généralement Mars à Mai. Cela peut être dû à plusieurs facteurs, tels qu'une augmentation du débit d'eau sur le site ou une diminution des sources de cuivre. Le niveau de cuivre mesuré était inférieur à la norme d'épreuve (0,5 mg/l) (Annexe I).

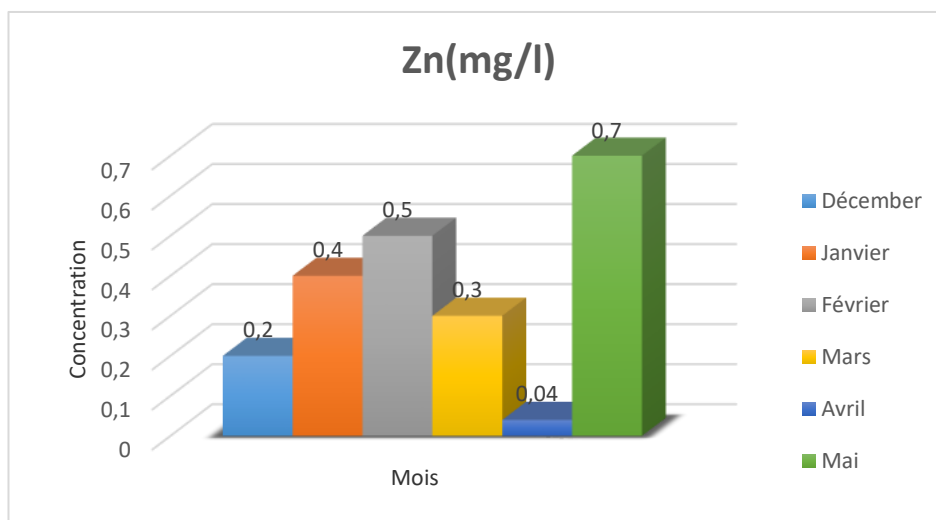
#### 4.2.4. Concentration de Cadmium (Cd).



**Figure 12.** Concentration en Cadmium dans le site rejet (Chaâbet Roba).

Selon les résultats obtenus, la répartition du cadmium est presque identique sur le site de rejet, les concentrations maximales de cadmium étant très proches de 0,19 mg/l et 0,18 mg/l en janvier et en mai respectivement, n'excédant pas les normes requises (0,2 mg/l) (Annexe I).

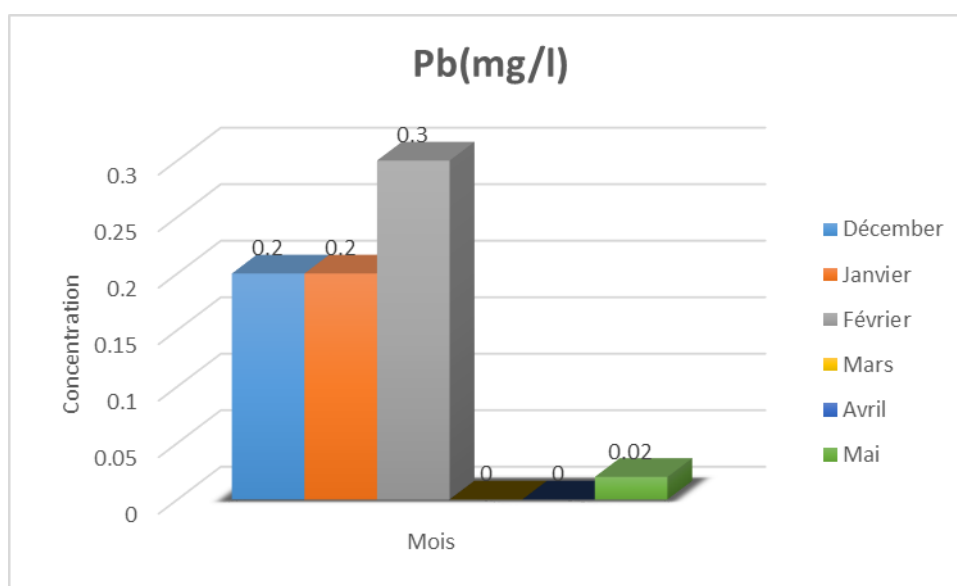
#### 4.2.5. Concentration de Zinc (Zn).



**Figure 13.** Concentration en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Les concentrations de zinc ont été étudiées sur plusieurs mois sur le site de rejeté (Chaâbet Roba). Le plus haut taux a été enregistré en mai à 0,70 mg/l , tandis que le taux le plus bas a été en avril à 0,04 milligrammes par litre. Les valeurs ont varié entre ces deux mois au cours de la période mentionnée. Ces concentrations ne dépassaient pas la limite recommandée de 3 mg/l (Annexe I).

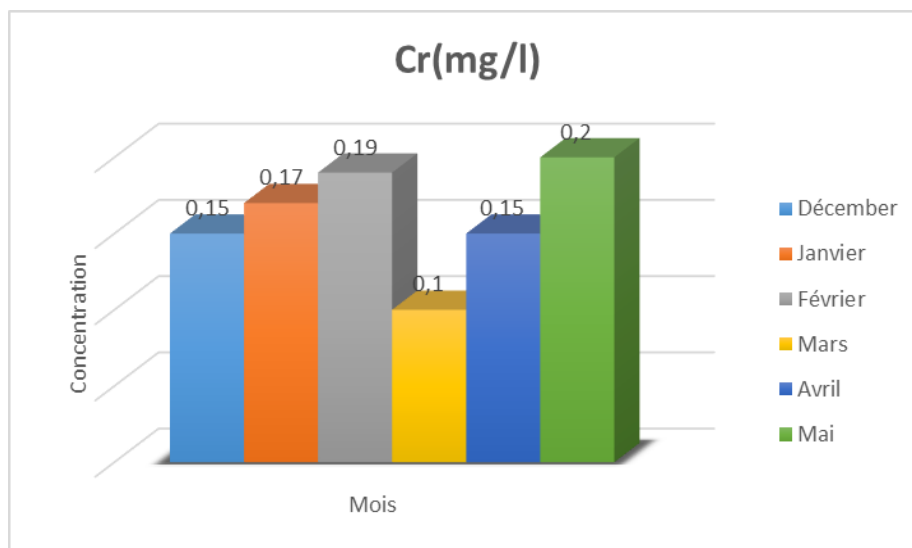
#### 4.2.6. Concentration de Plomb (Pb).



**Figure 14.** Concentration en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

A partir des résultats, les niveaux de concentration en plomb observés sur le site de rejet étaient extrêmement faibles, avec une valeur maximale de 0,3 mg/l en février et une valeur minimale de 0 mg/l en mars et avril. On peut affirmer que la teneur en plomb ne dépasse pas la norme établie de 0,5 mg/l. Les teneurs en plomb ne dépassent pas la norme établie (0,5 mg/l) (Annexe I).

#### 4.2.7. Concentration de Chrome (Cr)



**Figure 15.** Concentration en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Selon les résultats obtenus, il présente les concentrations de chrome (Cr) sur le site de rejeté (Chaâbet Roba). Pendant six mois consécutifs, avec une concentration de chrome variant entre 0,10 et 0,20 mg/l. Il a été observé que la concentration de chrome augmente en hiver (décembre, Janvier, Février), puis diminue au printemps (mars, avril, mai). Le mois de juin a enregistré la concentration la plus élevée en chrome, atteignant 0,20 mg/l, tandis que le mois de mars a enregistré la concentration la plus basse (0,10 mg/l). Ces concentrations ne franchissaient pas les limites établies (0,5 mg/l) selon les normes en vigueur (Annexe I).

### 4.3. Discussion des résultats

Il existe une relation étroite et complexe entre le destin et les propriétés physico-chimiques des métaux lourds, où la température, le pH et affectent tous le destin de ces métaux. (Zhao *et al.*,2023)

Les résultats de notre étude concordent avec de nombreuses recherches antérieures sur l'impact de la chaleur et de l'acidité sur la concentration des métaux lourds dans les eaux usées, comme l'illustre une étude menée par des chercheurs précédents

Les températures des eaux usées à Chaâbet Roba ont montré une variation saisonnière attendue, oscillant entre 12 °C en hiver et 24 °C en mai. Ces valeurs restent en dessous de la limite recommandée de 30 °C, ce qui est conforme aux résultats d'autres études similaires. Par exemple. En comparaison, l'étude de (Li *et al.*,2013) a rapporté une plage de températures de 15°C à 35°C. Nos résultats indiquent que des températures similaires produisent des effets comparables sur la migration des métaux lourds tels que le Zn, Cu, Pb et Cr. Cependant, aucune concentration excédant les limites autorisées n'a été observée dans notre étude, suggérant une différence dans les sources de pollution ou les mesures de contrôle environnemental entre notre région et celle étudiée par (Li *et al.*,2013). Et dans une autre étude menée dans une région similaire a révélé que les températures des eaux usées variaient entre 10 et 25 °C, ce qui renforce la validité de nos résultats et suggère un schéma naturel dans les régions tempérées (Smith *et al.*, 2020).

Lorsque la température augmente de 15 à 35°C, les métaux comme le zinc, le cuivre, le plomb, le chrome et le cadmium présents dans les sédiments sont plus facilement libérés dans l'eau sus-jacente. Cette libération accrue est due à l'accélération des réactions chimiques provoquée par la hausse de température, qui augmente la concentration en oxygène dissous dans l'eau et favorise la dissolution des carbonates et des hydroxydes. Bien que les métaux soient généralement stables dans leur forme résiduelle dans les sédiments, leurs formes solubles sont alors plus facilement relarguées dans l'eau environnante

On se qui concerne Le pH mesuré, il est stable et varie entre de 7 et 8, indiquant un milieu légèrement basique, typique des eaux usées domestiques et industrielles (Benmessaoud, 2022). Cette stabilité du pH aux valeurs basiques est bénéfique, car elle réduit la mobilité des métaux lourds, diminuant leur impact environnemental négatif. Cependant, l'étude de (Li *et al.*,2013) a montré que les concentrations de métaux lourds variaient significativement entre un pH de 10 et un pH de 6. À pH 8, peu ou pas de libération de métaux comme le cuivre, le plomb et le chrome n'a été observée, avec des concentrations

similaires à celles à pH 7. Un taux de libération plus élevé de cadmium a été constaté à faible pH comparé à pH élevé. Ces observations soulignent l'importance du pH et mettent en évidence une relation inverse où la libération des métaux lourds dans l'environnement est plus élevée dans les milieux à faible pH.

La diminution du pH entraîne une augmentation de la mobilité et de la réactivité des métaux lourds avec la matière organique (Yoo, 2002). À pH bas, les hydroxydes et carbonates se dissolvent, libérant les métaux lourds qui y étaient liés. Les changements redox associés à l'eutrophisation réduisent l'oxygène dissous, contribuant au relargage de métaux comme le fer et le manganèse (Benfarhi, 2023). Une relation directe entre la baisse du pH et la libération des métaux lourds en solution a été observée, le zinc étant l'élément le plus relargué. Les concentrations de plomb et cuivre sont restées stables, sauf pour le cuivre à pH 3,3. Une diminution des concentrations de fer en solution suggère une possible précipitation sous forme d'hydroxydes de fer. L'évaluation du comportement des métaux lourds vis-à-vis des variations de pH peut se faire en se basant sur leurs relations avec les composants solides des sédiments (Borma *et al.*, 2003).

Pour les concentrations moyennes de fer dans les eaux usées étaient de 0,6 mg/L, avec des variations saisonnières allant de 1,02 mg/L en février à 0,45 mg/L en mars. Ces niveaux sont inférieurs à la limite autorisée de 3 mg/L et correspondent aux résultats d'autres études sur les eaux usées, qui montrent des concentrations de fer variant entre 0,5 mg/L et 2 mg/L (Johnson *et al.*, 2019).

Les concentrations de cobalt ont montré des variations saisonnières significatives, atteignant des valeurs maximales en décembre et minimales en février, dépassant parfois la limite autorisée de 0,5 mg/L. Ce schéma est similaire à celui observé dans d'autres études, où les concentrations élevées de cobalt en hiver sont attribuées à des sources industrielles spécifiques plus actives durant cette période (Kumar *et al.*, 2018).

Les concentrations maximales de cuivre observées étaient de 0,32 mg/L en février, tandis que les valeurs minimales étaient de 0,1 mg/L en juin. Ces niveaux sont inférieurs à la limite autorisée de 0,5 mg/L et sont conformes aux études montrant des variations similaires en fonction des activités industrielles et du débit des eaux (Wang *et al.*, 2021).

Pour le cadmium, les concentrations maximales étaient d'environ 0,19 mg/L en janvier et 0,18 mg/L en mai, sans dépasser la limite autorisée de 0,2 mg/L. Ces résultats correspondent aux tendances observées dans des études similaires, où les concentrations de cadmium dans les eaux usées se situent généralement autour de ces niveaux (Cheng *et al.*, 2020).

Les concentrations de zinc variaient entre 0,04 mg/L en avril et 0,70 mg/L en juin, restant en dessous de la limite recommandée de 3 mg/L. Ces valeurs correspondent aux résultats d'autres études montrant des concentrations de zinc dans les eaux usées variant entre 0,1 mg/L et 1 mg/L, en fonction des sources industrielles et domestiques (Li *et al.*, 2019).

Les concentrations de plomb étaient très faibles, n'excédant pas 0,3 mg/L en février et atteignant 0 mg/L en mars et avril. Ces valeurs sont inférieures à la limite autorisée de 0,5 mg/L et sont similaires à celles trouvées dans d'autres régions avec des sources limitées de plomb (Rodriguez *et al.*, 2017).

Enfin, les concentrations de chrome variaient entre 0,10 mg/L en mars et 0,20 mg/L en juin, restant en dessous de la limite autorisée de 0,5 mg/L. Ces résultats sont conformes aux études montrant des variations saisonnières similaires, souvent dues aux rejets industriels (Zhou *et al.*, 2019).

#### 4.4. Analyse statistique des résultats

L'analyse en composantes principales (ACP) est une technique descriptive utilisée pour étudier les relations entre les variables, sans présupposer de structure particulière. Le but de l'ACP est de déceler la structure de dépendance entre des observation multivariées afin d'obtenir une description ou une représentation compacte de celles-ci. Traditionnellement, l'ACP a été utilisé pour projeter les données sur différentes axes factoriels et pour calculer les distances par rapport a ces axes comme outil de détection des valeurs aberrantes. Cependant, cette utilisation de l'ACP n'est pas très pratique, car elle nécessite que l'opérateur visualise les projections pour décide de la présence de valeurs aberrantes (Harkat, 2003) .

Au cours de notre recherche, nous avons appliqué les Analyse ACP et l'Analyse CAH sur 09 variables, qui correspondent aux concentrations de métaux lourds (Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Fe et Zn) dans les eaux usées du site de rejet (Chaâbet Roba) de la ville de Biskra, ainsi qu'aux paramètres physico-chimiques (température de l'eau, pH). Les valeurs propres de la matrice de corrélation mesurent la quantité de variance expliquée par chaque composante principale, permettant de sélectionner les composantes les plus pertinentes et d'évaluer la qualité de la représentation des données par ces composantes. Présentation graphique de l'Analyse ACP et de l'Arbre hiérarchique des regroupements mensuels, basée sur les éléments analysés dans les eaux usées de Chaâbet Roba.



**Tableau 1.** Matrice de corrélation pour les paramètres physico-chimiques déterminés et les taux en métaux lourds dans l'eau usées dans le site de rejeté (chaâbet Roba)

	Concentration Fe	Concentration Cu	Concentration Pb	Concentration Co	Concentration Cd	Concentration Zn	Concentration Cr	T°	PH
Fe	<b>1.000</b>	0.262	-0.010	-0.811	0.365	0.053	-0.035	-0.057	0.513
Cu	0.262	<b>1.000</b>	0.447	-0.329	-0.305	-0.439	-0.558	-0.529	-0.462
Pb	-0.010	0.447	<b>1.000</b>	-0.113	0.391	0.181	0.423	-0.832	-0.632
Co	-0.811	-0.329	-0.113	<b>1.000</b>	-0.473	0.390	0.102	0.401	-0.134
Cd	0.365	-0.305	0.391	-0.473	<b>1.000</b>	0.200	0.801	-0.494	0.219
Zn	0.053	-0.439	0.181	0.390	0.200	<b>1.000</b>	0.642	0.324	0.299
Cr	-0.035	-0.558	0.423	0.102	0.801	0.642	<b>1.000</b>	-0.237	0.151
T°	-0.057	-0.529	-0.832	0.401	-0.494	0.324	-0.237	<b>1.000</b>	0.586
PH	0.513	-0.462	-0.632	-0.134	0.219	0.299	0.151	0.586	<b>1.000</b>

**Tableau 2.** Variance Totale expliquée

Composante	Total	% De la variance	% cumulé	Total	% De la variance	% cumulé
1	3.032	33.691	33.691	3.032	33.691	33.691
2	2.711	30.118	63.809	2.711	30.118	63.809
3	2.200	24.439	88.248			
4	0.839	9.321	97.569			
5	0.219	2.431	100.000			
6	4.684E-16	5.204E-15	100.000			
7	-2.030E-17	-2.256E-16	100.000			
8	-2.472E-17	-2.746E-16	100.000			
9	-2.639E-16	-5.154E-15	100.000			

## 4.5. Interprétations des résultats d'analyse statistique

### 4.5.1. Évaluation des principales composantes de l'eau usée de la ville de Biskra (Chaâbet Roba).

En analysant (Tableau 1), on peut observer les différentes corrélations existantes entre les éléments analysés dans les eaux usées. Une corrélation proche de  $\pm 1$  indique une forte relation entre deux paramètres, tandis qu'une corrélation de -1 est négative fort. Ainsi, on peut constater une relation très bonne positive entre :

- ✚ La corrélation entre Cr /Cd (0,801) est positive, La relation est donc en augmentation.
- ✚ La corrélation entre Zn /Cr (0.642) et Fe / PH (0.513) et PH / T° (0.586) et Cu / T° (0.529) est positive, La relation est donc en augmentation.
- ✚ La corrélation entre Pb / Cr (0.423) et Co / T° (0.401) et Cu/ Pb (0.447) est positive, La relation est donc en augmentation.

Il y a une faible corrélation positive modérées entre deux paramètres lorsque le coefficient se situe entre (0-0.3). Cela indique l'existence d'une relation modérées positive mais faible entre :

- ✚ La corrélation entre Fe/Cu (0.262) et Zn /Cd (0.200) et Zn / PH (0.299) et Cd /PH (0.219) est faible positive modérées La relation est donc en croissantes.
- ✚ La corrélation entre et Cr /Co (0.102) et Cr /PH (0.151) et Pb/ Zn (0.181) est faible positive modérées, La relation est donc en croissantes.
- ✚ La corrélation entre Zn /Co (0.390) et Fe/Cd (0.365) et Zn/ T° (0.324) et Pb / Cd (0.319) est faible positive modérées ,La relation est donc en croissantes

Il existe une corrélation négative forte entre deux paramètres mesurés lorsque le coefficient est inférieur à -1, indiquant ainsi une bonne corrélation négative.

- ✚ La corrélation entre T°/ Pb (-0,832) et entre Co /Fe (-0,811), sont négatives, Par conséquent, les relations diminuent respectivement.
- ✚ La corrélation entre Pb/ PH (-0.632) et Cu/ T° ( -0.558) et Cu/ T° (-0.529) et Cd/T° (-0.494) et Co/ Cd (-0.473) et Cu/PH (-0.462) et Cu/ Zn (-0.439) et Co/ Cu (-0.329) et Cu /Cd (-0.305) et Cr/ T° (-0.237), sont négatives, Par conséquent, les relations diminuent respectivement.

- ✚ La corrélation entre Co/ PH (-0.134) et Pb/ Co (-0.113) et Fe/ T° (60.057) et Fe/ Cr (-0.035) et Fe/ Pb (-0.010), sont négatives, Par conséquent, les relations diminuent respectivement.

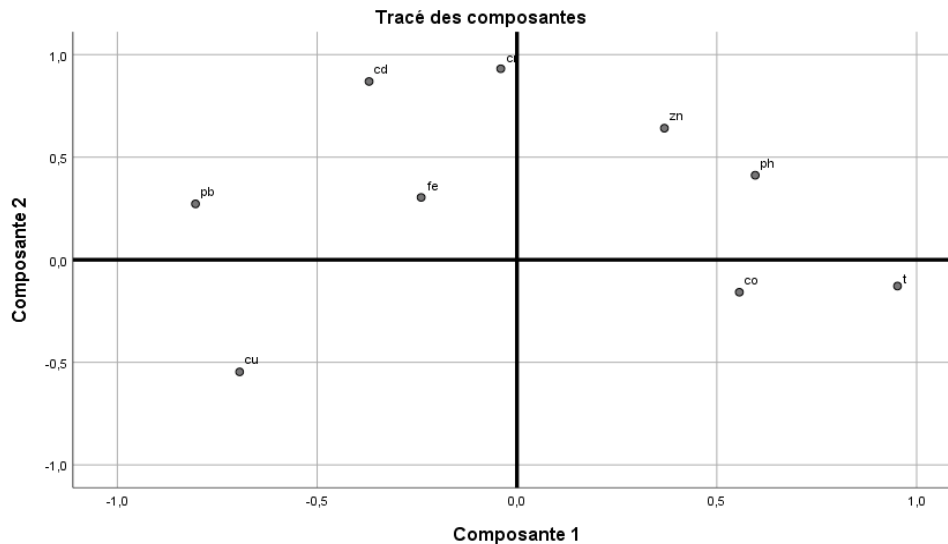
Les corrélations positives élevées et modérées entre Cr /Cd, Pb / Cr, Cu/ Pb, Zn /Cr, Fe/Cu, Fe/Cd, Zn /Co, Pb / Cd, Cr /Co, Pb/ Zn, Zn /Cd suggèrent des sources communes potentielles provenant des activités industrielles et/ou urbaines ainsi que des comportements similaires dans le sédiment. De plus, en conditions oxydiques, les hydroxydes de Fe et sont présents sous une forme oxydée qui influence de manière significative le comportement de certains métaux dans les écosystèmes aquatiques (Diop *et al.*, 2012) .

Les corrélations négatives observées entre le Fe et le Cr, Co et Pb indiquent que ces hydroxydes ont précipité ces éléments dans le sédiment. De plus, la faible teneur en carbone organique de nos sédiments peut expliquer que les hydroxydes de Fe sont les principales phases de fixation des métaux, surtout dans les sédiments de surface où les sulfures sont oxydés et ne peuvent pas piéger les métaux (Diop *et al.*, 2012).

Lors de l'analyse de la variance des caractéristiques représentatives des éléments présents dans les eaux usées de Chaâbet Roba, il est préférable que leur qualité se rapproche de 1. En effet, cette qualité est évaluée sur une échelle allant de 0 à 1. Les éléments ayant une qualité maximale sont classés dans l'ordre suivant après avoir été analysés successivement :

$$\text{Cd} < \text{Cr} < \text{Pb} < \text{Cu} < \text{Co} < \text{Zn} < \text{Fe}$$

Le tableau 2 présente les 9 facteurs avec leurs valeurs respectives, ainsi que les pourcentages exprimés. Il est à noter que ces neuf facteurs représentent à eux seuls 100% de l'information, dont 33,691% pour l'axe factoriel 1, et 30,118% pour l'axe factoriel 2. Le couple F1-F2 quant à lui exprime 63,809% de l'information. En se basant sur ces proportions, les mécanismes régissant l'évolution chimique des eaux de la région Chaâbet Roba (Biskra) sont principalement liés à ces trois facteurs. Par conséquent, l'analyse en composantes principales se focalisera sur les deux facteurs (F1-F2) pour permettre l'utilisation de représentations graphiques en 2D.



**Figure 17.** Représentation graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) des éléments analysés dans L'eau usée de Chaâbet Roba.

Sur cette figure 17, il explique deux axes respectivement 33,691% et 63,809% d'inertie , Les facteurs qui favorisent le plus la construction de l'axe F1 (33,691%) sont Pb et Cd et Fe et Cr qu'est clairement établi une corrélation hautement significative. Lorsque le PH est bas, la disponibilité, le mouvement et la redistribution de ces minéraux augmentent ; et lorsque les (**Placeholder1**) métaux lourds sont oxydes, le PH diminue, ce qui signifie que la relation est une relation inverse non direct. Pour le Zn elle présente mauvaise corrélation les ETM (Pb, Cd, Cr, Fe).

#### 4.5.2. L'analyse de Classification Ascendante Hiérarchique (Cluster Analyses)

Le dendrogramme permet de visualiser les regroupements (clusters) hiérarchiques des individus en fonction de leur similarité sur la base des variables considérées.

Plus la distance d'agrégation entre deux observations est faible, plus elles sont similaires. Inversement, une grande distance indique une forte dissimilarité.

On peut observer dans la Figure 18 les résultats de la classification hiérarchique ascendante par Dendrogramme. Dans l'étude du graphique, trois grandes catégories statistiques distinctes se démarquent.

1er cluster (Janvier-Décembre):

Basses températures réduisant la solubilité des métaux lourds pH probablement acide favorisant la solubilisation des métaux

2ème cluster (Février-Mars):

Transition avec hausses de températures commençant à réduire la solubilité

PH intermédiaire influençant l'état des métaux lourds

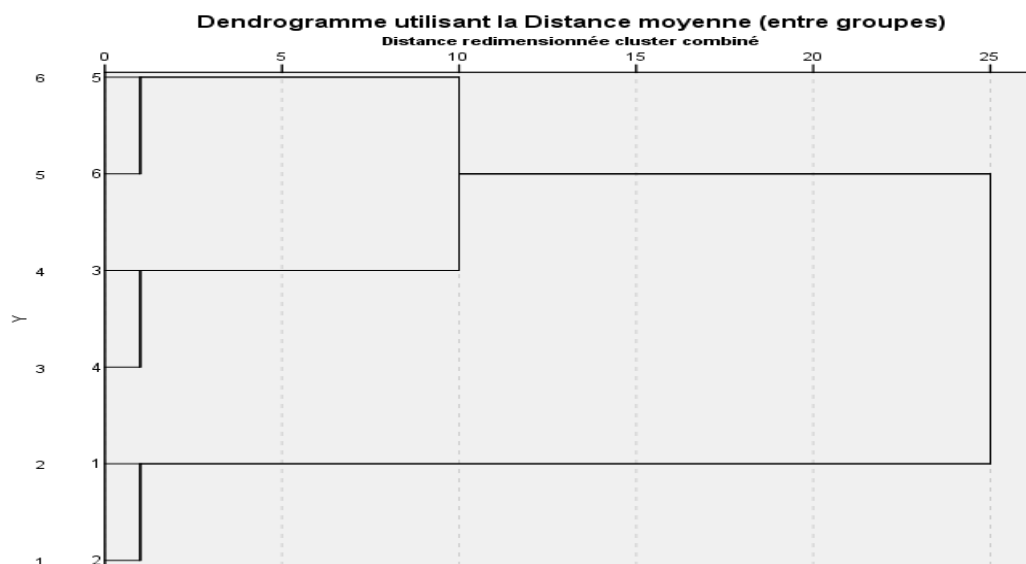
3ème cluster (Avril-Mai):

Températures plus élevées réduisant davantage la solubilité des métaux

PH possiblement influencé par l'activité biologique printanière affectant les métaux

**Tableau 3.** L'abréviation des représentations graphiques d'arbre hiérarchique

N°	1	2	3	4	5	6
Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai



**Figure 18.** Représentation graphique d'arbre hiérarchique des regroupements mois selon des éléments analysés dans l'eau usée de Chaâbet Roba.

# **Conclusion**

## Conclusion

La contamination des eaux de surface par les métaux lourds est un grave problème environnemental causé par les activités humaines, Ces métaux s'accumulent dans les écosystèmes aquatiques, atteignant des niveaux toxiques et pouvant être absorbés par les poissons, se concentrant dans les sédiments. Comme il constitue une menace pour l'environnement et la santé humaine, pour faire face à ce problème, il est essentiel de traiter les eaux usées avant de les rejeter et de mettre en œuvre des programmes de surveillance et d'épuration des sites pollués, en soulignant la nécessité de réduire l'introduction de métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques

Les composants étudiés dans l'eau usée sont analysés à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme afin d'interpréter les données analytiques et d'obtenir des informations sur la pollution de l'oued Chaâbet Roba conformément aux normes algériennes. Pour ce faire, nous avons opté pour une méthode d'analyse statistique multidimensionnelle, à savoir l'analyse en composantes principales normée (ACP).

Selon cette étude, il a été observé que les éléments analysés se divisent en trois groupes distincts. Le premier groupe est composé de cadmium (Cd) qui est étroitement lié au chrome (Cr). Le deuxième groupe est représenté par le zinc (Zn) qui est corrélé au chrome (Cr). Le troisième groupe est formé par le pH qui est corrélé à la température.

Nous pouvons conclure que les analyses réalisées sur les eaux usées de la ville de Biskra indiquent une faible concentration en métaux lourds. Néanmoins, l'accumulation de ces éléments traces peut entraîner des problèmes à long terme. Par conséquent, la biofixation à l'aide de micro-organismes se présente comme une solution intéressante et efficace pour éliminer de manière sûre et respectueuse de l'environnement les métaux lourds présents dans les eaux usées

# **Bibliographie**



## Références bibliographiques

Aabderrahmane, M. R., Salhi, A., & Mebarki, F. (2021). Toxicité des métaux et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement (pp. 1–36).

Aranguren, M. M. S. (2008). Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).

Atef, Charif. (2014). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des trois principaux sites de rejets de la ville de Biskra (Chaabat Roba, Oued Zmor, Oued Biskra)

Atinkpahoun, N. C. H. (2018).

Bakiri, Z. (2018). Analyse et optimisation des eaux usées urbaines par boues activées : application au décanteur secondaire (Doctoral dissertation). Baumont, S., Camard, J. P., Lefranc, A., Franconi, A., Observatoire régional de santé (Ile-de-France), & Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France (1976-2019). (2014). Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. ORS Ile-de-France.

Belabed, B. (2010). La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba "Sources de contamination des écosystèmes aquatiques", pp. 1–199.

Benabdallah, I., & Kouadra, H. (2014). Impact du plomb ou du cadmium sur la Croissance et sur quelques systèmes de détoxification d'une souche d'Aspergillus sp. Mémoire de Master Microbiologie Générale, pp. 1–79. Université Constantine 1 - Constantine -.

Benfarhi, F. (2023). Etude de la Pollution Organique et par Métaux Lourds du Complexe Eau-Sol-Plante de la Plaine d'El Madher, Réceptacle des Rejets Usés de la Ville de Batna (Nord-Est Algérien) (Doctoral dissertation). Université de Batna. p. 30.

Borma, L. D. S., Ehrlich, M., & Barbosa, M. C. (2003). Acidification and release of heavy metals in dredged sediments. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(6), 1154-1163.

Boukhari, H. (2020). Etude physico-chimique des eaux usées traitées de la STEP de Draa El Mizan pour des fins de valorisation agricole (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Boufedech, F., & Boufenchouche, S. (2019). Contribution à la caractérisation physico-chimique des eaux de la STEP de la ville de Jijel. Mémoire de master

Boukhnef, Y., & Madaoui, N. E. (2019). Application de la spectroscopie d'absorption atomique à la recherche des éléments métalliques dans les eaux de surface de la région de Guelma. Mémoire de master, Université de Guelma

Braiech, I., & Bousnina, M (2019). Elimination des métaux lourds, des effluents industriels, par des zéolites de types FAU Mémoire de Master en Sciences et technologies, pp. 1-90. Université Kasdi Merbah – Ouargla.

Bumales, W. (2020). Etudes des possibilités de valorisation agricole dessous-produits d'épuration et l'amélioration de la gestion des processus épuratoires d'une station d'épuration (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Polytechnique).

Chahid, A. (2016). Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires, pp. 1–191.

Chaouche, K. (2020). Etude saisonnière de la variation du niveau de contamination des sols dans les régions Sahariennes Algériennes (31-33° N ; 4-9° E) par les polluants chimiques et microbiologiques. « Géo-référencement des teneurs en polluants », pp. 1–240.

Chouti, W., Mama, D., & Alapini, F. (2010). Etude des variations spatio-temporelles de la pollution des eaux de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4), 1019-1020.

Denideni, Y., & Maghnef, H. (2017). Etude de l'adsorption des ions manganèse et chrome Sur la biomasse "Pleurotus mutilus". Thèse pour diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Chimique, pp. 1–89. Ecole Nationale Polytechnique d'Alger.

Desbordes A. (2000). Pollutions des eaux souterraines en Picardie. Mémoire. Maîtrise BG, Fac. Sciences, Amiens, 50 p.

Didier G, 1995. La Pollution des Milieux Aquatiques : aide-mémoire, 2ème édition, 220p

Fares, R., & Sédairia, L. (2021). Stress abiotique sur *Atriplex halimus*L : Effet des métaux lourds et caractérisation des biomarqueurs. Mémoire de Master en Science biologique, Ecophysiologie Végétale, pp. 1–119. Université Larbi Tébessi - Tébessa -.

Farhan, S. N., et Khadom, A. A. (2015). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by *Saccharomyces Cerevisiae*. *International journal of industrial chemistry*, p121, 119-130.

Ferhat, I., & Guesmia, S. (2020). L'influence de la température sur les propriétés des couches minces du ZnO élaborées par spray. Mémoire de Master en Science de matière, pp. 1-95. Université Mohamed Khider – Biskra -.

Gattaoui, M., & Krarbi, M. (2021). Elaboration et caractérisation d'oxyde de cobalt par la méthode spray pyrolyses. Mémoire du master En Sciences de la matière, pp. 1–82. Université Kaddi Merbah – Ouargla -.

Gbombélé, S., Tanina, D.S. N'guessan, M., Oï Adjiri, A. & Nagnin, S. (2019). Application Des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631(Priant),1874p

Gharbi Inas, G. N. (2019). Etude physico-chimique par boue activée et par électrocoagulation-Application aux eaux usées de Guelma.

Guefassa, Y. (2024). Contribution à l'étude de l'effet de de l'irrigation par les eaux usées épurées et les mécanismes de détoxification chez le radis (*Raphanus sativus* L) : analyse agronomique et éco toxicologique, Doctoral dissertation, Université de Souk Ahras-Mohamed Chérif Mesaadia.

- Haddad, A. (2011). Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée de la région de Biskra. Thèse de Magistère en Sciences Agronomiques, pp. 1–177. Université Mohmaed khider – Biskra -.
- Hafdallah, B., Necib, A., & Abaidia, K. (2022). Etude de la toxicité des métaux lourds sur les êtres vivants. Mémoire du Master En Sciences biologiques, pp. 1–59. Université de Larbi Tebessi - Tebessa -.
- Hakimi. N., Mertani, E. (2009). Matériau délectrode composite ITO/poly [acide 4-(pyrrol-1-yl : Synthèse, caractérisation et 0 méthyl) benzoïque] -cobalt propriétés magnétiques. Doctorat En Science, pp. 1-96. Université Ferhat Abbas – Setifi -.
- Hamani, M. ilias. (2021). Approche géostatique pour la cartographie des nitrates (cas de Mitidja Est). Mémoire du Master En Ressources Hydrauliques, pp. 1–75. Université Saad Dahleb Blida 1 - Blida -.
- Harkat, M. F. (2003). Détection et localisation de défauts par analyse en composantes principales (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL).
- Hasbaia, O. (2014). Contribution à l'étude de l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences Biologiques).
- Helal, F. (2016). Qualité, gestion intégrée et cartographie des ressources en eau de la wilaya de Biskra. Mémoire de Master en Hydrogéologie et Géothermie, pp. 1–108. Université 8 Mai 1945 - Guelma -.
- Houari, M., & Zahri, S. (2020). Contribution à l'étude de la qualité hygiénique et évaluation des métaux lourds des eaux de la STEP de Baraki avant et après traitement, Mémoire de master, p 51
- Huynh, T. M. D. (2009). Impacts des Métaux Lourds sur L'interaction Plante/ Ver de Terre / Microflore Tellurique. Thèse du Doctorat En Ecologie Microbienne, pp. 1–169. Université Paris EST - Paris -.
- Iqbal, H. H., Siddique, A., Qadir, A., Ahmad, S. R., Liess, M., & Shahid, N. (2024). Human health and ecology at risk: a case study of metal pollution in Lahore, Pakistan. *Environmental Sciences Europe*, p 7/11
- Jean, S. (2006). Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS). THÈSE de docteur, École Doctorale de Science Physique et de L'ingénieur, 293
- Jiang, Y., Ling, TC, Mo, KH et Shi, C. (2019). Un examen critique des déchets de poudre de verre – Rôles multiples d'utilisation dans les matériaux à base de ciment et les produits de construction. *Journal de gestion environnementale*, 242 : pp. 440-449.
- Kadouche, S. (2013). Utilisation des Biomateriaux dans le traitement des eaux. Thèse de Doctorat En Chimie appliquée, pp. 1–176. Université Mouloud Mammeri – Tizi Ouzou -.
- Khadraoui, A., & Taleb, S. (2012). *Qualité des eaux dans le sud Algérien : potabilité-pollution et impact sur le milieu*. Office des publications universitaires.

Labbaci, T. H., & Boumenkar, H. (2019). Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la Wilaya de Skikda. Mémoire de master, Université Badji Mokhtar Annaba.p7

Li, H., Shi, A., Li, M., & Zhang, X. (2013). Effect of pH, temperature, dissolved oxygen, and flow rate of overlying water on heavy metals release from storm sewer sediments. *Journal of Chemistry*, p. 5.

Mehler, WT, Gagliardi, B., Keough, MJ et Pettigrove, V. (2019). Évaluation de la toxicité des sédiments miniers d'eau douce en Tasmanie : obtenir de multiples sources de données solides. *Science de l'environnement total*, 651 : pp. 1243-1252.

Meng, Z., Chandrasena, G., Henry, R., Deletic, A., Kolotelo, P. et McCarthy, D. (2018). Zones humides créées par les eaux pluviales : une source ou un puits de *Campylobacter* spp. *Recherche sur l'eau*, 131 : pp. 218-227.

Milhaud, G. E., Vassal, L., Federspiel, B., Delacroix-Buchet, A., Mehennaoui, S., Charles, É., Kolf-Clauw, M. (1998). Devenir du cadmium du lait de brebis dans la crème et les caillés présure ou lactique. pp. 1–10.

Nedjar, R. (2016). Dosage des métaux lourds Cd, Cr, Pb dans les rejets liquides de trois industries de la wilaya de Constantine. Mémoire du Master en Sciences de la Nature et de la Vie, pp. 1–62. Université des Frères Mentouri - Constantine -.

Neggaz, F. (2020). Adsorption du chrome par une hydroxyapatite à base de test d'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816). Mémoire en Master En hydrobiologie marine et continentale, pp. 1–99. Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem -.

Nguefack, C. V. S., Ndjouenkeu, R., & Ngassoum, M. B. (2018). Qualité de l'eau de la localité de Dschang et impact sur la santé des consommateurs. *Afrique Science*, 14(3), 96-107.

Omar, Y. (2015). Bioaccumulation de quelques métaux lourds (Pb, Zn et Cu) d'origine Routière au moyen d'une mousse (*Bryum argenteum* Hedw) dans la ville de Tiaret (Algérie) : classes de pollution et cartographie. Thèse de Doctorat en science de L'environnement, pp. 1–168. Université Djillali Liabes De Sidi Bel Abbas.

Omira, H. (2014). Contribution à l'étude de l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture : effets sur le sol, sa microflore et les produits agricoles. Mémoire de magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.p9

Otmani, H. (2018). Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates. Thèse du Doctorat en Sciences biologiques Toxicologie, pp. 1–159. Université Badji Mokhtar - Annaba -.

Ouali k. Teneurs en Éléments Traces Métalliques des sols agricoles de la Wilaya de Tizi Ouzou, Mémoire de master, p 51

Oumar, B., Ekengale, N. L., & Balla, O. A. D. (2014). Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science : Revue Internationale Des Sciences Et Technologie*, 10(2).

- Pasquini, L. (2013). *Micropolluants issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines et leur devenir en station d'épuration* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Pazou, E. Y. A., Pazou, J. A., & Adamou, M. R. (2020). Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *p1895*, 1893-1901.
- Pollution des eaux usées urbaines et les contextes géographiques, socio-économiques et culturels au Bénin et en France (Doctoral dissertation, Université de Lorraine ; Université d'Abomey-Calavi (Bénin)).
- Rahman, A. (2024). Promising and Environmentally Friendly Removal of Copper, Zinc, Cadmium, and Lead from Wastewater Using Modified Shrimp-Based Chitosan. *Water*, *16*(1), 184.
- Rayms-Keller A, Olson E, McGaw M, Oray C, Carlson O a Beaty B. 1998. Effects of heavy metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, *39* : 41-47
- Saadi, M. E., & Lahmar, F. A. (2018). Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de Guelma (N-EST ALGERIE). Mémoire de master, Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Sahli, S. (2020). Influence de la température et le pH sur la répartition des métaux lourds dans les eaux usées de la ville de Biskra "Chaâbet Roba". Mémoire du Master en Sciences Biologiques "Microbiologie appliquée", pp. 1–46. Université Mohamed Khider - Biskra -.
- Saïd, M. M. M. (2012). Elimination simultanée de la pollution Azotée et Phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. *Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèses de Doctorat, option : Génie des procédés. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*
- Scal'Air, (2013). Mesure des métaux lourds dans l'air ambiant à Nouméa ,2013-2016
- Simpson, S. L., Angel, B. M., & Jolley, D. F. (2004). Équilibrage des métaux et biodisponibilité dans les sédiments contaminés en laboratoire (dopés) utilisés pour le développement de tests de toxicité des sédiments complets (p. 12). Université de Wollongong.
- Sirven, J.-B. (2006). Détection de Métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS). Thèse du Doctorat Science Physique et de de l'ingénieur, pp. 1–253. L'Université Bordeaux.
- Tabet, M. (2014). *Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration* (Doctoral dissertation, Guelma).
- Tahar, K. (2012). Étude de contamination, d'accumulation et de mobilité de quelques métaux lourds dans des légumes, des fruits et des sols agricoles situés près d'une décharge industrielle de l'usine al zinc de la ville de Ghazaouet. (pp. 1–282).
- Taoui, S., & Kerd el ouad, N. E. H. (2022). Détection des métaux lourds dans le site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba). Mémoire du Master en Biochimie Appliquée, pp. 1–71. Université Mohamed Khider - Biskra -.
- Tchin, A., Blanc, D., Sanon, J., Cheron, C., Geye, S., Huth, R., ... Le Plomb, E. (2015). Mesure des métaux lourds dans l'air ambiant à Nouméa 2012-2013 (pp. 1–96).

- Tian, H., Wang, X., Shu, G., Wu, M., Yan, N. et Ma, X. (2017). Un système d'évaluation quantitative des risques (QR-AS) évaluant la sécurité de fonctionnement du cycle organique de Rankine utilisant un fluide de travail à mélange inflammable. *Journal des matières dangereuses*, 338 : pp. 394-409.
- Viala A, Grimaldi F. 2005. Ecotoxicologie. In *Eléments de Toxicologie* (2è Edn) Viala A, Botta A (eds). Tec & Doc Lavoisier : Paris ; 245-251.
- Virginie Mistretta, W. K. (2016). Les prothèses de hanche au cobalt sont-elles dangereuses ? . *medecine/Science*, 32:732-8.
- Von Sperling, M. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. IWA publishing.
- Wani, A. L., Parveen, N., Ansari, M. owais, Fahim Ahmed, Md., Jameel, S., Shadab, G. G.H. A. (2017). Zinc An élément of extensive médical importance. *ELSEVIER*, 1–10.
- Xu, P., Chen, Z., Chen, Y., Feng, L., Wu, L., Xu, D., ... et Lou, J. (2019). Charges corporelles de métaux lourds associées à des dommages épigénétiques chez les enfants vivant à proximité d'un incinérateur de déchets municipaux. *Chemosphère*, 229 :160-168.
- Yoo, M. S., & James, B. R. (2002). Zinc extractability as a function of pH in organic waste-amended soils. *Soil Science*, 167(4), 246-259.
- Yoo, M. S., & James, B. R. (2002). Zinc extractability as a function of pH in organic waste-amended soils. *Soil Science*, 167(4), 246-259. p. 253.
- Zerari, N. (2020). Synthèse bibliographique des métaux lourds et leur piégeage par Adsorption sur des argiles. Mémoire de Master en Hydraulique, pp. 1–66. Université Mohamed Khider -Biskra -.
- Zhao, Y., Zhao, S., Shi, X., Lu, J., Cui, Z., Yu, H., ... & Li, X. (2024). Influence of environmental factors on changes in the speciation of Pb and Cr in sediments of Wuliangshuai Lake, during the ice-covered period. *Environmental Geochemistry and Health*, 46(4), 116.
- Zin, MMT, Tiwari, D. et Kim, DJ (2021). Récupération de l'ammonium et du phosphate sous forme de struvite par hydrolyse intégrée et incinération des boues d'épuration. *Journal of Water Process Engineering*, 39 : pp. 101697.

# **Annexes**

# Annexe I

**Tableaux 1.** Norme Algérienne de rejet des métaux lourds (Journal officiel de la république algérienne n° 26, 2006)

<b>Les métaux</b>	<b>Chrome</b>	<b>Cuivre</b>	<b>Cadmium</b>	<b>Zinc</b>	<b>Fer</b>	<b>Plomb</b>	<b>Cobalt</b>
<b>Les normes</b>	0.5mg/l	0.5mg/l	0.2mg/l	3mg/l	3mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l

**Tableaux 2.** Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Journal officiel de la république algérienne n° 26, 2006)

<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs limites</b>
T°	C°	30
PH	mg/l	6.5 à 8.5
Matières en suspension (MES)	mg/l	35
Demande biologique en oxygène après 5 jours (DBO5)	mg/l	35
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l	125
Cadmium	mg/l	0.2
Cuivre	mg/l	0.5
Plomb	mg/l	0.5
Chrome	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3.0
Fer	mg/l	3.0



## ملخص

يشكل وجود مستويات عالية من المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي بسكرة المصدر الرئيسي لتلوث البيئة المائية التي تستقبل كل المياه من منطقة العلية. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير درجة الحرارة ودرجة الحموضة على الانتشار. المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي من قسم الربا. ولهذا السبب قمنا بأخذ عينات لتحديد المعالم المعدنية المختلفة للموقع وبعد الدراسات Cr /Cd وPb / Cr وZn /Co وPb/ Zn وFe / PH وجود ارتباطات إيجابية عالية ومتوسطة بين PCA التحليلية. أظهر تحليل CAH والحديد/ الكروم. تظهر تحليلات T° /الزنك والنحاس وCu/ Zn وCu/ T° وFe/ Cr وCo /Fe وT° / Pb وغيرها، كما أن هناك ارتباط سلبي قوي بين الاختلافات بين هذه المجموعات الثلاث (ديسمبر إلى يناير) و(فبراير إلى مارس)، (أبريل إلى مايو) فيما يتعلق بسلوك وتأثير المعادن والمعلمت الفيزيائية والكيميائية على مياه الصرف الصحي. لتجنب مشاكل تلوث مياه الصرف الصحي والحد منها، يمكن استخدام التثبيت الحيوي باستخدام الكائنات الحية الدقيقة: استخدام البكتيريا أو الفطريات أو الطحالب القادرة على امتصاص واستقلاب المعادن الثقيلة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الصرف الصحي، المعادن الثقيلة، تحليل المكونات الرئيسية ، شعبة روبا(CAH) والتصنيف الهرمي التصاعدي (PCA). المعلمت الفيزيائية والكيميائية

## Résumés

La présence de niveaux élevés de métaux lourds dans les eaux usées de Biskra constitue la principale source de pollution du milieu aquatique qui reçoit toutes les eaux de la région d'Alalia. Le but de cette étude est de déterminer l'effet de la température et du pH sur l'épandage. De métaux lourds dans les eaux usées du département de Roba. Pour cette raison, nous avons effectué des prélèvements pour déterminer différents paramètres minéraux du site et après études analytiques. L'analyse l'ACP a montré des corrélations positives élevées et modérées entre Cr /Cd et Pb / Cr et Zn /Co et Pb/ Zn et Fe / PH et autre, et il existe une forte corrélation négative entre T°/ Pb et Co /Fe et Cu/ Zn et Cu/ T° et Fe/ Cr. L'analyses CAH montre les différences entre ces trois groupes (décembre à janvier) et (février à mars), (avril à mai) en ce qui concerne le comportement et l'effet des métaux et des paramètres physiques et chimiques sur les eaux usées. Pour éviter et réduire les problèmes de pollution des eaux usées, la bio stabilisation peut être utilisée à l'aide de micro-organismes : utilisation de bactéries, de champignons ou d'algues capables d'absorber et de métaboliser les métaux lourds présents dans l'eau.

**Mots clés :** Eaux Usées, Métaux lourds, Analyse en Composantes Principales (ACP) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), paramètres physico-chimiques, Chaâbet Roba

## Abstract

The presence of high levels of heavy metals in Biskra wastewater constitutes the main source of pollution of the aquatic environment which receives all water from the Alalia region. The aim of this study is to determine the effect of temperature and pH on spreading. Heavy metals in wastewater from the Roba department. For this reason, we took samples to determine different mineral parameters of the site and after analytical studies. PCA analysis showed high and moderate positive correlations between Cr /Cd and Pb / Cr and Zn /Co and Pb/ Zn and Fe / PH and others, and there is a strong negative correlation between T°/ Pb and Co /Fe and Cu/ Zn and Cu/ T° and Fe/ Cr. CAH analyses show the differences between these three groups (December to January) and (February to March), (April to May) regarding the behavior and effect of metals and physical and chemical parameters on wastewater. To avoid and reduce wastewater pollution problems, bio stabilization can be used using microorganisms: use of bacteria, fungi or algae capable of absorbing and metabolizing heavy metals present in the wastewater.

**Keywords:** Wastewater, Heavy metals, Principal Component Analysis (PCA) and Ascending Hierarchical Classification (CAH), physicochemical parameters, Chaâbet Roba