



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
Biochimie

Référence/ 2022

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :
TAOUAI Soumia

KERD EL OUAD Nour El Houda

Le :Mardi 12/juillet/2022.

Détection des métaux lourds dans le site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba).

Jury:

M.	GUEMMAZ Fateh	MAA	Université Biskra	Rapporteur
M.	BELOUCIF Nasser	MAA	Université Biskra	Président
M.	MOUSSI Abd El Hamide	Pr	Université Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu Tout-Puissant, qui m'a accordé la grâce de la patience, du désir et de la force pour mener à bien ce travail. J'adresse mes sincères remerciements à ma famille, en particulier à mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience envers moi moralement et matériellement.

Aussi, par loyauté, appréciation et reconnaissance de ma gratitude, j'adresse mes sincères remerciements à ces personnes sincères qui ont fait un effort pour nous aider dans le domaine de la recherche scientifique, et je mentionne particulièrement l'honorable Professeur : Gummaz Fateh pour cette étude et celui qui est crédité de l'avoir guidé et aidé à rassembler le matériel de recherche, que Dieu le récompense de tout le meilleur.

Je n'oublie pas d'adresser mes sincères remerciements à M. Adel Chellah pour ses efforts et ses confrontations, ainsi qu'à Mme Ruby Afaf, qui sont deux professeurs dans le domaine des statistiques.

Je tiens à remercier Mme Boukhrouba, qui nous a guidés tout au long de ces années, elle est professeur dans responsable de la matière de la méthodologie de la recherche scientifique

Je tiens à remercier les membres du jury estimé pour avoir examiné cette note et évalué son contenu.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser au mieux cette étude.

DEDICACE

*A qui je le préfère à moi-même et pourquoi pas, car elle
s'est sacrifiée pour moi, et pour me rendre toujours
heureuse.*

(Ma mère bien-aimée).

*Au propriétaire d'un visage gentil et de bonnes
actions, il n'a pas été avare avec moi toute sa vie*

(Mon cher père).

*A' mes sœurs et amis et à tous ceux qui m'ont soutenu
et m'ont aidé.*

Je vous présent ma thèse.

Soumia et Nour El Houda

Table des matières

Remerciements	I
Dedicace	
Table des matières	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations :	III
Introduction	1

Partie bibliographique

Chapitre 01 : Généralité sur les Eaux usées

1.1	Définition des eaux usées	3
1.2.	Sources et Caractéristiques des eaux usées.....	3
1.2.1.	Les sources des eaux usées	3
1.2.1.1.	Les eaux usées domestiques	3
1.2.1.2.	Les eaux usées pluviales.....	3
1.2.1.3.	Les eaux usées industrielles	3
1.2.1.4.	Les eaux usées d'origine agricole	3
1.3.	Paramètres spécifiques des eaux usées	4
1.3.1.	Paramètres physico-chimiques des eaux usées	4
1.3.1.1.	Température (T°).....	4
1.3.1.2.	Matières en suspension (MES)	4
1.3.1.3.	potentiel d'hydrogène (pH).....	4
1.3.1.4.	Conductivité électrique.....	4
1.3.1.5.	Oxygène dissous	5
1.3.1.6.	demande chimique en oxygène (DCO)	5
1.3.1.7.	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	5

1.3.2.	Paramètres organoleptiques	5
1.3.2.1.	Turbidité	5
1.3.2.2.	La couleur	5
1.3.2.3.	Odeur	5
Chapitre 2 : Généralités sur les métaux lourds		
2.1.	Principaux polluants métalliques	6
2.1.1.	Définition des métaux lourds	6
2.1.2.	Les types des métaux lourds	6
a-	Les sources naturelles	6
b-	Les sources anthropiques.	6
2.1.4.	Toxicités des métaux lourds	6
2.2.	Impact sur l'environnement	7
a.	Contamination des sols	7
b.	Contamination de l'air	7
c.	Contamination de l'eau.....	7
2.4.	Impact des métaux lourds sur la faune et la flore du sol	8
2.5.	Omniprésence de quelque métal lourd	8
2.5.1.	Fer (Fe)	8
2.5.2.	Cobalt (Co)	9
2.5.3.	Cuivre (Cu)	9
2.5.4.	Chrome (Cr).....	9
2.5.5.	Cadmium (Cd).....	10
2.5.6.	Plomb (Pb).....	10
2.5.7.	Zinc (Zn).....	10
Chapitre 3 : Matériel et Méthodes.		
3.1.	Présentation de la zone d'étude.....	11
3.1.1	La situation géographique et administrative	11
3.1.2.	Climatologie.....	12
3.1.2.1.	Température (T°).....	12
3.1.2.2.	Précipitations	12
3.1.2.3.	Humidité relative.....	13

3.1.3.	Population et Activité	13
3.1.4.	Principales industries.....	14
3.1.4.1.	Les tissus industriels.....	15
3.2.	Localisation du site de rejet de la ville de Biskra.....	17
3.2.1.	Le Site Chaâbet Roba	17
3.3.	Période de travail.....	18
3.4.	L'échantillonnage.....	18
3.4.1.	Prélèvement	18
3.4.2.	Transport.....	18
3.4.3.	Lieux de réalisation des analyses	18
3.4.4.	Méthodes d'analyses	18
3.4.4.1.	Analyse des paramètres physico-chimiques	18
a.	Température(T°)	18
b.	potentiel d'hydrogène (pH)	19
3.4.4.2.	Analyse des paramètres métalliques	20
a.	Les métaux recherchés	20
3.4.5.	Matériels utilisés	20
3.4.5.1.	Spectromètre d'adsorption atomique à flamme (FAAS).....	20
a.	Principe de la méthode de spectrométrie d'absorption atomique à flamme	21
b.	Appareillage	21
c-	Réactif	22
3.4.6.	Etude statistique des résultats	22

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.	Analyse descriptive des résultats.....	23
4.1.	Les analyses physico-chimiques du site de rejet de la ville de Biskra	23
4.1.1.	La température(T°).....	23
4.1.2.	potentiel Hydrogène (pH).....	24
4.2.	Les analyses des paramètres métalliques.....	24
4.2.1.	Teneur en Fer (Fe).....	25
4.2.2.	Teneur en Cobalt (Co).....	26
4.2.3.	Teneur en Cuivre (Cu).....	27

4.2.4.	Teneur en Chrome (Cr)	28
4.2.5.	Teneur en Cadmium (Cd)	29
4.2.6.	Teneur en Plomb (Pb).....	30
4.2.7.	Teneur de Zinc (Zn) :	31
4.3.	Analyse statistique des résultats.....	33
4.4.	Interprétations des résultats d'analyse statistique	36
4.4.1.	Analyse en Composantes Principales de l'eau usées de la ville de Biskra (ChaâbetRoba).....	36
4.4.2.	L'analyse de c Classification Ascendante Hiérarchique (Cluster Analysis)	39
Conclusion	41
Références bibliographiques	42

Liste des tableaux

Tableau 1. Biskra –Température moyennes (2006-2016) (Abdenmour, 2021).....	12
Tableau 2. Biskra – Précipitation moyennes (2005-2016) (Abdenmour, 2021)	13
Tableau 3. Biskra – Humidité relative moyennes (2005_2016) (Abdenmour, 2021).....	13
Tableau 4. Répartition de la population occupée (ANDI, 2015)	14
Tableau 5. Evolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011) ..	16
Tableau 6. Représentation du réseau d'assainissement de la ville de Biskra (DRH de Biskra, 2015).....	16
Tableau 7. Matrice de corrélation pour les paramètres physico-chimiques déterminés et les teneurs en métaux lourds dans l'eau usée dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	34
Tableau 8. Qualité de représentation des éléments analysés dans l'eau usée de Chaabet Roba...	34
Tableau 9. Coefficients de corrélation entre les variables et les 2 premières composantes.....	35
Tableau 10. Variance totale expliquée.	35
Tableau 11. l'abréviation des Représentation graphique d'arbre hiérarchique.	40

Liste des figures

Figure 1. Localisation de la région de Biskra « zone d'étude » dans le nord-est Algérien (Guemmaz et al., 2019).	11
Figure 2. Localisation des différentes industries de la ville de Biskra (Bouchham, 2008).	14
Figure 3. Localisation du site de rejet d'eaux usées de (Chaâbet Roba) (Benmalek).	17
Figure 4. pH mètre de mesure (Chibane et Djennad, 2019).	19
Figure 5. Spectromètre d'absorption atomique à flamme modèle PinAAcle 900T (FAAS)(Davidowski, 2011).	20
Figure 6. Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique (Kemmouche, 2018).	21
Figure 7. Variation des températures enregistrées des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.	23
Figure 8. Variation des pH enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.	24
Figure 9. Teneur en Fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	25
Figure 10. Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	26
Figure 11. Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	27
Figure 12. Teneur en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	28
Figure 13. Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	29
Figure 14. Teneur en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	30
Figure 15. Teneur en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).	31
Figure 16. Représentation graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) des éléments analysés dans L'eau usée de Chaabet Roba.	39
Figure 17. Représentation graphique d'arbre hiérarchique des regroupements mois selon des éléments analyses dans l'eau usée de chaabet Roba.	40

Liste des abréviations :

A.N.D.I. :	Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
ACP :	Analyses Composantes Principales.
ASTM:	American Society for Testing Materil.
CAH:	Classification Ascendante Hiérarchique.
CRSTRA :	Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides.
DHB :	Direction d'Hydraulique Biskra.
ECATEK :	Entreprise Communale de l'Artisanat Traditionnel d'El Kantara.
ENICAB :	Entreprise Nationale des Industries des Câbles Biskra.
ETM :	Element Traces Métalliques.
FTU :	Formazine Turbidity Unit.
hab :	Habitants.
JTU :	Jackson Turbidity Unit.
MMS:	Matière Minérales.
MVS :	Matière Volatiles En Suspension.
NTU:	Nephelometric Turbidity Unit.
TIFIB :	Tissage Finissage Biskra.
UCMG :	Unité Communale de Menuiserie Générale de Biskra.

Introduction

Générale

Introduction

La pollution de l'eau est un problème environnemental très grave ont provoquant la modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants. Dans les pays développés et en voie de développement, la qualité de cet élément vital est en détérioration à cause des déchets industriels chimiques déversés dans la nature. L'eau est un vecteur transportant les métaux lourds de leurs sources jusqu'à notre corps humain en passant par les chaînes alimentaire (fruits, légumes, algues, poissons, viande animale et l'eau potable) (Kadouche, 2016).

En Algérie, les eaux usées représenteront près de 2 milliards de m³, et constituées d'environ 99 % d'eau et de 1 % de solides en suspension, colloïdaux et dissous. À Biskra, les eaux usées sont souvent collectées et rejetées dans la nature sans traitement préalable. Ces eaux présentent un certain risque pour la santé publique et contribuent également à la pollution des aquifères de surface qui obstruent les zones basses de l'oasis. L'oued Chaâbet Roba est situé à l'est de la ville de Biskra et reçoit toutes les eaux usées de la zone EL Alia, caractérisée par les eaux domestiques. Les agriculteurs de la région ont manifesté leur intérêt pour la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation (Sahli, 2020).

D'où l'importance d'exposer, la situation des eaux usées et leurs impacts dans la ville de Biskra se regroupé dans le site de rejet (Chaâbet Roba) sachant que le volume d'eaux usées produit dans la ville est estimés à 3200 m³/jour, elle représente un taux de 44.73hm³/an, dont la Ville seule évacue 12.44hm³/an effluents (Bensalem, 2018).

Les éléments traces métalliques désignent un groupe de métaux ou métalloïdes toxiques. Parce qu'ils ne sont pas biodégradables, ils peuvent s'accumuler dans l'environnement, notamment dans les milieux aquatiques naturels. Comme les micropolluants, la présence de ces composés dans notre environnement est considérée comme une préoccupation écologique majeure. Il existe deux sources de pollution ETM : le premier est naturel (changements géologiques et événements naturels) et l'autre est liée aux activités humaines. En effet, une grande partie de l'ETM provient principalement de l'activité industrielle croissante dans divers domaines, de la métallurgie à l'électronique, en passant par les peintures, la chimie ou les mines (Poujol, 2016).

L'exposition aux métaux lourds prend en effet deux formes : l'inhalation de particules, et l'ingestion, directe (de poussières) ou par l'intermédiaire d'aliments contaminés.

Dans notre travail nous avons réalisé deux parties

La partie bibliographique est répartie en deux chapitres

- **Chapitre 1** : Intéressé par l'étude des eaux polluées, des paramètres physico-chimiques des eaux usées traitées.

- **Chapitre 2** : Intéressé par l'étude des divers contaminants métalliques et de leurs propriétés, ce qui nous permettra d'évaluer leur toxicité pour la santé et l'environnement.

La partie expérimentale est divisée en deux chapitres

- **Chapitre 3** : La deuxième partie est la recherche expérimentale. Le premier chapitre est consacré à la mise en évidence des caractéristiques climatiques de Biskra, notre zone d'étude, ainsi qu'à l'aménagement des sites d'élimination, des méthodes de collecte des échantillons et des équipements nécessaires à la conduite de l'analyse.

- **Chapitre 4** : En fin, le dernier chapitre présente les résultats obtenus après analyse des éléments traces des eaux usées du principal site de rejet de la ville de Biskra (Chaâbet Roba) et interpréter les résultats obtenus et identifier les différentes interactions entre les différentes variables étudiées. Nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

L'objectif :

Notre travail a eu donc pour but, en premier temps, d'étudier la contamination par des métaux lourds (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb et Zn) des eaux usées de site de rejet Chaâbet Roba de la ville de Biskra, afin d'identifier les éléments présentant des risques sanitaires. En deuxième temps, l'étude de corrélation entre les paramètres physicochimique (la Température et pH) et les métaux lourds par le traitement statistique des résultats obtenus par la méthode ACP et CAH.

Partie bibliographique

Chapitre 01 :
Généralité sur les
Eaux usées

1.1 Définition des eaux usées

Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. En Algérie, les réseaux d'assainissement couvrent environ 17000 km (11500 km en milieu urbain et 5500 km rural) (Hannachi *et al.*, 2014).

Elles toute eau soumit à une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologique (Metahri, 2012).

1.2. Sources et Caractéristiques des eaux usées

1.2.1. Les sources des eaux usées

1.2.1.1. Les eaux usées domestiques

Elles comprennent les eaux ménagères (eaux de toilettes, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales) dans le système dit « tout à l'égout ». Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques (Daffri, 2017).

1.2.1.2. Les eaux usées pluviales

Elles sont synonymes des eaux claires collectées dans les réseaux d'assainissement. Les eaux pluviales sont chargées d'impuretés et au cours de leur trajet, elles transportent des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (Auguste, 2018).

1.2.1.3. Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles proviennent essentiellement des activités industrielles. Elles sont contiennent divers métaux lourds qui sont nocifs à l'environnement. Elles contiennent également des matières organiques azotées ou phosphorées. En effet, des composés organiques synthétiques ou non difficilement biodégradables et des graisses y sont, aussi, présents, souvent en grande quantité (Auguste, 2018).

1.2.1.4. Les eaux usées d'origine agricole

Ces effluents proviennent des terres cultivées après lessivages et ruissellement. Ces eaux sont riches en éléments fertilisants (azote et phosphore) et en polluants organiques (pesticides) (Metahri, 2012).

1.3. Paramètres spécifiques des eaux usées

1.3.1. Paramètres physico-chimiques des eaux usées

1.3.1.1. Température (T°)

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique par ce qu'elle dirige les réactions physicochimiques et biologiques (Ababsa, 2016). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous (Laabassi, 2016), donc le pH et la conductivité sont également dépendants de la température de même que les processus de biodégradation carbonée (Auguste, 2018). Dans les normes, la température des effluents rejetés doit être inférieure à 30 C° (Rodier *et al.*, 2005).

1.3.1.2. Matières en suspension (MES)

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau (Gomella et Guerrée, 1978). Les MES sont responsable d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton, les MES s'expriment par la relation suivante: $MES = 30 \% MMS + 70 \% MVS$ (Laabassi, 2016).

1.3.1.3. potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est la mesure du caractère acide ($1 < pH < 7$) ou basique ($7 < pH < 14$) des eaux usées, l'activité biologique se situe entre 6,5 et 8,5 unités de pH (Laabassi, 2016). Il joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien, la nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (Metahri, 2012).

1.3.1.4. Conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (Salghi, 2011). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm². L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m). $1 \text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ mS/m}$. (Abibsi, 2011).

1.3.1.5. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂ l⁻¹ (Rejsek, 2002).

1.3.1.6. demande chimique en oxygène (DCO)

Il s'agit de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau par voie chimique (Roubaud, 2019). La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, à travers la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Djaani et Amer, 2020).

1.3.1.7. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Il s'agit de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques biodégradables par voie biologique (grâce aux bactéries) en 5 jours à 20°C et à l'obscurité (Roubaud, 2019).

1.3.2. Paramètres organoleptiques

1.3.2.1. Turbidité

La turbidité indique l'opacité d'un milieu trouble. Cela est dû à la présence de substances non dissoutes, ce qui réduit la clarté du liquide. Elle est causée par de fines MES dans l'eau telles que l'argile, le limon, les particules de silice et les micro-organismes. Une faible fraction de turbidité peut également être due à la présence de colloïdes solides d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité sont issues de la normalisation ASTM qui considère comme comparables les trois unités suivantes : Unités JTU= unités FTU = unités NTU (Daffri, 2017).

1.3.2.2. La couleur

La couleur des eaux usées est grisâtre qui devient noirâtre avec le temps (Daffri, 2017).

1.3.2.3. Odeur

Désagréable, nauséabonde (H₂S), ces deux caractéristiques peuvent être changées par l'apport de rejets industriels.

Chapitre 2 : Généralités sur les métaux lourds

2.1. Principaux polluants métalliques

2.1.1. Définition des métaux lourds

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm^3 . D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques (Omar, 2015).

2.1.2. Les types des métaux lourds

a. Les métaux essentiels

Sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas Cuivre(Cu), Zinc(Zn), Fer (Fe)(Huynh, 2009).

b. Les métaux toxiques

Métaux toxique qui n'ont aucune fonction métabolique, ils sont toxiques pour les êtres vivants même à faible concentration et induisent des déficiences en éléments essentiels lorsqu'ils entrent en compétition dans les sites actifs des molécules importantes en physiologie des organismes. C'est le cas Plomb(Pb), Cadmium(Cd), Mercure (Hg)(Bradl, 2005).

2.1.3. Origine de métaux lourds

a- Les sources naturelles : Les métaux lourds sont présents de façon naturelle, ils sont libérés lors des précipitations géochimiques des roches et de l'eau de source, l'activité volcanique et bactérienne, l'altération des continents et les incendies de forêts (Benariba *et al.*, 2016).

b- Les sources anthropiques : La source majeure de contamination est d'origine anthropique, et sont la pollution atmosphérique, la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (Otmani, 2018).

2.1.4. Toxicités des métaux lourds

Suivant la nature du métal, la dose et la durée de l'exposition, les métaux peuvent avoir des effets toxiques. La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à : Leur non-dégradabilité,

leur toxicité à faible concentration. Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des Chaines trophiques (Bensaha, 2010). La toxicité des métaux lourds n'est plus à démontrer. La plupart du temps, leurs effets toxiques concernent le système nerveux, le sang ou la moelle osseuse. Ils sont généralement cancérigènes (Annexe I) (Omar ,2015).

2.2. Impact sur l'environnement

a. Contamination des sols

Les métaux peuvent être, soit fixés dans les roches et les sédiments, soit mobiles. Dans le premier cas, les quantités disponibles sont infimes, elles n'ont aucune influence sur l'environnement. Mais lorsque les conditions changent de telle manière que les métaux redeviennent solubles, l'augmentation de la concentration devient alors une menace directe sur l'environnement. En outre, depuis quelques années, les pluies acides augmentent la mobilité des métaux dans le sol et causent donc une augmentation de leur concentration dans les produits agricoles (Omar, 2015).

b. Contamination de l'air

Les principales sources de métaux lourds dans l'air sont des sources fixes. De nombreux éléments se trouvent à l'état de traces dans des particules atmosphériques provenant de combustions à haute température, de fusions métallurgiques, des incinérateurs municipaux, des véhicules... etc. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules sont en fonction de leur taille, de leur concentration et de leur composition, le paramètre le plus effectif sur l'environnement étant la taille de ces particules. Dans l'air ambiant, on trouve de nombreux éléments, comme le Plomb, le Cadmium, le Zinc, le Chrome ... etc. (Omar, 2015).

c. Contamination de l'eau

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux lourds dans l'environnement car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction...etc.). Cette évolution dépend fortement du milieu. Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes: les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation (Omar, 2015)

2.3. Impact des éléments traces métalliques sur la santé humaine

Les organes cibles des métaux lourds sont multiples: les ions métalliques se fixent sur les globules rouges (Pb, Cd, CH₃Hg). Les métaux s'accumulent dans le foie et les reins (organes très vascularisés), les dents et les os accumulent le plomb. Le danger est encore plus grand pour les enfants car chez eux la barrière hémato-encéphalique n'est pas entièrement développée. Par diffusion passive et grâce à leur solubilité dans les lipides, le Cadmium, le Plomb, le méthylmercure (CH₃Hg), traversent le placenta et peuvent s'y concentrer (Omar, 2015). Les ETM provoquent un stress oxydatif par la formation de radicaux libre (Mudipali, 2008).

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

Dans les cas extrêmes, des fonctions biologiques du sol peuvent être altérées et des effets phyto-toxiques peuvent être observés, avec des conséquences sur le fonctionnement des cycles biogéochimiques. Au plan quantitatif, les effets toxiques d'une concentration excessive d'éléments traces se manifestent par une chute plus au moins importante de l'abondance des microorganismes ou du niveau de la biomasse microbienne, et une altération de la structure de cette communauté. Au plan qualitatif, les modifications de la faune et la flore du sol sous l'influence des éléments traces résultent principalement de la sensibilité différentielle des différents genres et espèces. Au de là d'un certain seuil, seuls les microorganismes les plus résistants peuvent survivre, d'où une diminution de la diversité (Girard, 2005).

2.5. Omniprésence de quelque métal lourd

2.5.1. Fer (Fe)

Le fer est un élément chimique blanc argenté, de symbole Fe. C'est un élément sa transition et 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 (Mahan, 1987).

Il se trouve généralement à l'état divalent dans les eaux qui ne se trouve pas en contact avec l'air par contre dans les eaux superficielles exposés à l'air, le fer est à l'état ferrique (Belabed, 2010).

2.5.2. Cobalt (Co)

Élément métallique de numéro atomique $Z=27$, de masse atomique 58,399 g/mol. IL est un métal gris, brillant et ferromagnétique, et ne réagit ni avec l'eau, ni avec l'air à température ambiante. Le cobalt stable (^{59}Co) est présent dans l'environnement à une concentration moyenne de + 23 ppm dans l'écorce terrestre (Chambrette, 2001).

Les intoxications aiguës ne sont pas décrites chez l'homme et notamment par inhalation (ATSDR, 2001). Des niveaux faibles d'exposition au cobalt ($< 50 \mu\text{g}$ de cobalt/ m^3) sont associés à un plus fort risque d'asthme, bien que la détérioration de la fonction ventilatoire semble en rapport avec la durée d'exposition (INERIS, 2006).

2.5.3. Cuivre (Cu)

Élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29 et masse atomique 63,5g/l. Il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent (Hurlbut et Klein, 1982 ; Mahan, 1987).

IL peut être présent dans l'eau à partir du contact avec des minéraux porteurs de cuivre ou des déchets minéraux des industries. Parfois le cuivre est ajouté volontairement sous forme de sulfate de cuivre pour maîtriser le développement des algues, mais quand il est présent avec une concentration relativement élevée l'ingestion de cette eau peut provoquer des vomissements immédiats ; même sa présence dans les réserves industrielles peut être gênante (Frank, 1984).

2.5.4. Chrome (Cr)

Métal blanc, brillant, dur et cassant, de numéro atomique $Z= 24$, de masse atomique 51,996 g/mol, il est naturellement présent dans la croûte terrestre et principalement sous forme de chromite (FeCr_2O_4) (Lachambre et Fission, 2007).

L'exposition par voie dermique peut causer des eczémas, des ulcérations, des diarrhées, des douleurs abdominales et des vomissements ont été décrits lors de l'absorption d'eau contaminée par 20 mg/l de Cr (VI) (Lachambre et Fission, 2007).

2.5.5. Cadmium (Cd)

Élément chimique de symbole Cd et de numéro atomique 48 et masse atomique 112,4g/l. Anciennement appelé Carbonate de Zinc, le cadmium est un métal blanc argenté ayant des propriétés physiques proches de celle du zinc. Il fond à 320,9 °C et bout à 767 °C. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes toxiques (Sinicropi *et al.*, 2010).

Il est ductile (capacité à l'étirement), malléable (capacité à la mise en forme) et résiste à la corrosion atmosphérique, ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux. Environ 10 à 15% de la production mondiale du cadmium se fait à partir de matériaux recyclés, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (Casass, 2005).

2.5.6. Plomb (Pb)

Élément chimique gris bleuâtre, brillant, mou et ductile de la famille des cristallogènes, et de symbole Pb et de numéro atomique 82 et masse atomique 207,2g/l. IL un produit naturel de la désintégration de l'uranium (Mahan, 1987).

La stabilité de ces minéraux est régie par les conditions environnementales. La présence du plomb dans l'eau signale généralement une contamination qui provient de déchets métallurgiques ou de poisons industriels renferment du plomb. Dans les eaux résiduaires où le plomb peut être combiné avec une substance organique il peut être solubilisé ; il est nécessaire d'oxyder la matière organique pour éliminer totalement le plomb (Frank, 1984).

2.5.7. Zinc (Zn)

Élément chimique de couleur bleu gris, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Sa densité 7,14, sa masse atomique 62,409g/l. C'est un élément de transition, et n'existe pas à l'état métallique dans la nature, il n'est présent qu'à l'état divalent (Zn II) (Ait Ziane et Bouyahia, 2013) et participe aux échanges oxygène-gaz carbonique par les globules rouges. Il est essentiel pour de nombreux métallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires (Nriagu, 1996).

Partie Expérimentale

Chapitre 3 :

Matériel et Méthodes.

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1. La situation géographique et administrative

La province « Wilaya » de Biskra couvre une superficie de 21.671 km². Située au nord-est de l'Algérie, elle est délimitée par les wilayas suivantes : Batna au nord, M'sila au nord-ouest, Djelfa au sud-ouest, El-Oued au sud, et El-Oued et Khenchela au nord-est (Figure 1) (Guemmaz *et al.*, 2019).

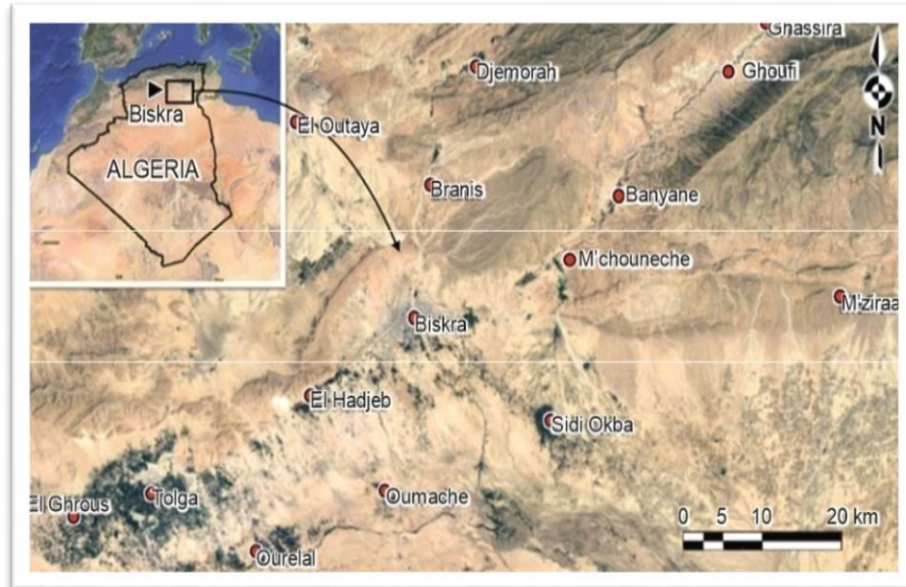


Figure 1. Localisation de la région de Biskra « zone d'étude » dans le nord-est Algérien (Guemmaz *et al.*, 2019).

Actuellement, la province compte 12 régions et 33 municipalités. Biskra en forme de cuvette, délimitée au nord par l'Atlas et plus précisément par les Djebels Boughezal, Mellaga et Djebel, Delouet au sud, elle est traversée à l'est de la ville par deux rivières asséchées, respectivement l'oued Biskra et l'oued Châabet Roba. Le relief diminue du nord au sud et le centre-ville est à 111 m d'altitude (Boufedda *et al.*, 2010).

Limites administratives

- Au nord se trouvent les villes d'El-Outaya et de Branis.
- A l'est se trouvent les villes de Chetma et Sidi Okba.
- A l'ouest se trouve la ville d'El-Hadjeb.
- Dans la ville d'Oumache au sud.

3.1.2. Climatologie

Le climat de Biskra est un climat saharien, sec en été et très agréable en hiver, pour prouver l'exactitude des mots que nous avons exploité les résultats climatiques de la station météorologique Aéroport de Biskra portées sur une période 2006 à 2016.

3.1.2.1. Température

Le régime thermique de la région de Biskra est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant le mois de juillet, où elles atteignent un maximum de 41°C, ce qui correspond à une forte évaporation. Les basses températures se manifestent au mois de janvier avec une température moyenne de 12 °C et une minimale moyenne de 6.68 °C (Tableau 1) (Abdenmour, 2021).

Tableau 1. Biskra –Température moyennes (2006-2016) (Abdenmour, 2021).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T°min (°C)	6.68	7.79	11.14	15.26	19.75	24.46	27.71	27.95	23.38	18.26	11.98	7.70
T°max (°C)	17.72	18.9	23.02	27.99	32.75	37.78	41.0	40.55	35.0	29.66	22.87	18.26
T°moy (°C)	12.0	13.8	17.13	21.84	26.54	31.51	34.71	34.36	29.25	23.87	17.07	12.61

3.1.2.2. Précipitations

Le mois le plus pluvieux est d'octobre (27.9 mm). La période estivale s'étalant entre juin et août est la moins pluvieuse de l'année. La faible pluviosité est enregistrée durant le mois de juillet avec une pluviométrie égale à 0.8 mm. La moyenne mensuelle n'a pas dépassé 11,7 mm, alors que la moyenne annuelle était seulement de 140,5 mm (Tableau 2) (Abdenmour, 2021).

Tableau 2. Biskra – Précipitation moyennes (2005-2016) (Abdenour, 2021).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
P (mm)	15.4	8.0	15.5	13.4	9.5	6.1	0.8	1.8	19.8	27.9	14.3	7.5	140.5

3.1.2.3. Humidité relative

La wilaya de Biskra est caractérisée par un climat sec. Les données enregistrées durant la période allant de 2006 à 2016 montrent une variation du taux d'humidité en fonction des mois. la moyenne annuelle est de 41,48 %. Le mois le plus humide est celui de décembre (57,85 %), alors que juillet est le mois le plus sec (25,73 %) (Tableau 3)(Abdenour, 2021).

Tableau 3. Biskra – Humidité relative moyennes (2005_2016) (Abdenour, 2021).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
H (%)	55.71	49.6	43.3	38.8	32.6	27.3	25.7	29	39.8	45.2	52.6	57.8	41.48

3.1.3. Population et Activité

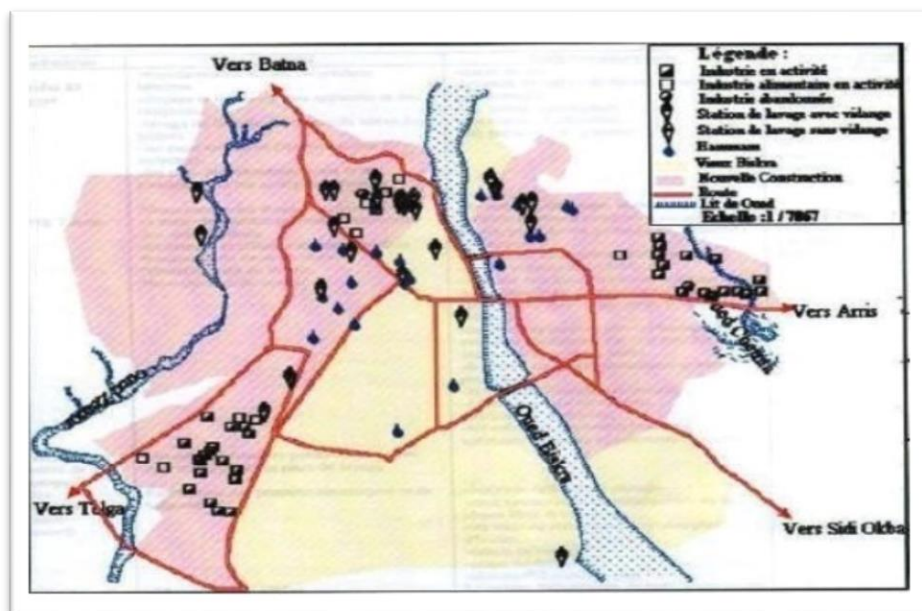
Selon (ANDI, 2015), la population totale de la wilaya est estimée à 775 797 hab. en 2010, soit une densité moyenne de 36 hab. par Km². La population active est estimée à 277 976 hab., dont presque la moitié occupe le secteur agricole (Tableau 4) ce qui illustre la vocation agricole de la région de Biskra.

Tableau 4. Répartition de la population occupée (ANDI, 2015).

Secteur	Nombre D'emplois	Taux%
Agriculture	113 120	40.69
Bâtiments et Travaux publics	31 544	11.34
Industrie	11 573	4.16
Administrative	37 169	13.37
Servic	51 730	18.6
Autres service	32 840	11.81

3.1.4. Principales industries

La Wilaya a une structure industrielle diversifiée avec 7 établissements publics et 60 établissements privés et 26 mines d'occasion. La production dans le secteur industriel comprend les matériaux de construction, la meunerie, l'agro-industrie, la broderie, le tissage, l'artisanat, le bois, le papier et l'imprimerie (Figure 2).

**Figure 2.** Localisation des différentes industries de la ville de Biskra (Bouchham, 2008).

3.1.4.1. Les tissus industriels

La structure industrielle de la ville de Biskra est principalement composée de deux grands complexes industriels (ENICAB et TIFIB ex : ELATEX), respectivement entreprise nationale d'industrie de câbles et complexe des textiles, ainsi que les unités suivantes :

- Unité locale (UCMG, EAGB, UAG et ECATEK).
- Unité liée au secteur de l'énergie (NFTAL et SONELGAZ).
- Moulins des Ziban.
- Petites unités de production.
- Station de lavage et de dégraissage de véhicules.
- Bains et douche (Hammam Salhine).
- ENASEL (El Outaya).
- Unité de plâtre d'Ouled et Djellal .
- Abattoirs (générateurs de pollution organique).

Ces industries et d'autres unités de moyenne et petite taille rejettent une pollution essentiellement chargée en polluants et déversent leurs influents dans les oueds de la région. L'Oued principale qui sert comme lieu de rejet de ces influents est Oued Z'mour qui reçoit un volume très important des déchets liquides pollués.

Les données recueillies auprès de l'inspection de l'environnement de Biskra ont permis d'évaluer approximativement les débits moyens des eaux usées des principales unités industrielles, dont les rejets de la TIFIB représentent environ 92% des rejets totaux soit 3850 m³/jour, et l'UNICAB avec environ 4% soit 170 m³/jour /jour, ainsi que les mêmes débits de 4% pour les autres unités implantées dans la zone industrielle (Khadraoui, 2012).

Le volume total de rejets de toutes les unités de la ville de Biskra évalué à environ 5 h/m³/an à raison de 8 heures d'utilisation des eaux par jour (Bouchham, 2008). Le volume des eaux usées domestiques rejetés est important enregistré au niveau de Direction d'Hydraulique de Wilaya avec une valeur de 18703490 m³/j à partir de plus de 33 points de rejets (Khadraoui,

2012) , (Tableau 5) présente l'évolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra au cours de la période (1986-2025).

Tableau 5. Evolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

Année	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Besoins Industrie (hm³/an)	0.90	0.96	1.14	1.23	1.31	1.40	1.50	1.56	1.66

3.1.1. Caractéristiques du réseau d'assainissement

Tableau 6. Représentation du réseau d'assainissement de la ville de Biskra (DHB, 2015).

Réseau	Caractéristiques
Centre-ville	Le damier est assaini par le système du collecteur ovoïde, repris-en buse au niveau de l'arrêt de bus de Sidi Okba (Hai El Oued) et collecté vers le rejet principal d'Oued Biskra à El Mesdour en passant par Hai M'cid (front d'Oued).
Zone Sud	Est drainé par des collecteurs vers le rejet principal d'Oued Biskra à El Mesdour en passant par Hai Lebchéch.
Zone Ouest	Drainée par un collecteur principal d'assainissement vers la station de relevage située à Sidi Ghazel puis vers le rejet principal d'Oued Biskra à El Mesdour.
Zone Industrielle	Les eaux pluviales sont collectées dans les canaux ouverts. Les eaux usées sont drainées dans des conduits et le rejet s'effectue dans le collecteur principal de zone Ouest qui passe à côté de la zone industrielle
Zone Est et El Alia	Sont dotées de collecteurs, le rejet des eaux usées est collecté vers la station de relevage N°2 Oued Biskra pour être évacué vers le rejet principal Oued Biskra à El Mesdour.
Zone des parcs	Les eaux usées de cette zone rejetées dans Oued Chaâbet Roba, une étude est en cours pour les collecter vers le réseau d'assainissement de la commune de Chetma.
Feliache	Assainie par un collecteur principal ver le collecteur d'El Alia avant de traversée Oued Biskra.

3.2. Localisation du site de rejet de la ville de Biskra

Le débit d'eau usée moyen est de 200 /hab. /J tous secteurs d'activité compris. Sans stations d'épuration municipales, la majeure partie de l'agglomération est déversée dans la vallée fluviale (DHB, 2015). Au niveau communal de Biskra, il existe 04 émissaires qui déversent les eaux usées dans la vallée fluviale :

- 2 émissaires, de la partie centrale de la ville les drainant vers Oued Biskra près de l'aéroport.
- 1 émissaire, de la zone Ouest (à partir de Hammam Salhine) et de la zone industrielle vers Oued Z'mour.
- 1 émissaire, de la zone Est vers Chaâbet Roba (A.N.A.T., 2003).

3.2.1. 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. Localisation du site de rejet d'eaux usées de (Chaâbet Roba) (Benmalek).

3.3. Période de travail

Durant notre cycle d'étude, nos mesures in situ et nos prélèvements ont été effectués mensuellement durant la période allant du mois de Décembre jusqu'en Mai dans l'année 2016.

3.4. L'échantillonnage

Des échantillons d'eau ont été prélevés sur place (**Chaâbet Roba**) dans des flacons en verre de 01 litre, protégés de la lumière avec du Chatterton noir, puis scellés dans les conditions stériles requises et réfrigérés (4°C) dans une glacière pour expédition au laboratoire, avec une note avec toutes les informations nécessaires.

3.4.1. Prélèvement

Nous prélevons des échantillons pour l'analyse des métaux sur place. Nous utilisons de petits seaux stériles avec des cordes. Lors de l'échantillonnage, placez le fût dans les déchets en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite, retirez le seau rempli d'eau. Débrancher le cordon et stocker le contenu dans une bouteille en verre teinté de 01 litre, puis sceller dans les conditions aseptiques requises jusqu'à l'analyse des métaux.

3.4.2. Transport

Après le prélèvement, les flacons doivent être clairement étiquetés et envoyés immédiatement au laboratoire avec une note contenant toutes les informations nécessaires.

3.4.3. Lieux de réalisation des analyses

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

3.4.4. Méthodes d'analyses

3.4.4.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

a. **Température(T°)** : Ont été réalisées à l'aide d'un thermomètre, l'unité est le degré de Celsius.

- **Réactifs:** Solution tampon, eau distillée, eau a analysé.
- **Matériels :** Pissette, bécher, appareil de mesure.

➤ **Mode opératoire**

1. Brancher l'appareil, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil. Étalonner l'appareil avec la solution tampon et par la suite rincer l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser.
2. Remplir le bécher avec l'eau à analyser.
3. Émerger l'électrode dans l'échantillon, appuyer sur la touche « READ », attendre le signal sonore, puis noter la valeur de température affichée (Chibane et Djennad, 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.

➤ **Mode opératoire**

1. Étalonner l'électrode dans une solution tampon pH=4, pH=7, pH=10.
2. Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon à analyser.
3. Introduire l'électrode dans l'eau à analyser.
4. Appuyer sur la touche « READ », attendre le signal sonore afin de lire la valeur indiquée (Chibane et Djennad, 2019).



Figure 4. pH mètre de mesure (Chibane et Djennad, 2019).

3.4.4.2. Analyse des paramètres métalliques

a. Les métaux recherchés

Les métaux lourds (Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb et Zn) ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique à flamme Air/Acétylène de type Perkin-Elmer, modèle PinAAcle 900T avec logiciel WinLab-32, qualité laboratoire (CRSTRA) / Biskra.

3.4.5. Matériels utilisés

3.4.5.1. Spectromètre d'adsorption atomique à flamme (FAAS)

La SAAF est actuellement la plus utilisée parmi les techniques de spectroscopie atomique, grâce à sa simplicité, de son efficacité et de son coût relativement peu élevé. Le recours à cette technique a commencé au début des années 1950 et s'est ensuite développé (Figure 5) (Kemmouche, 2018).

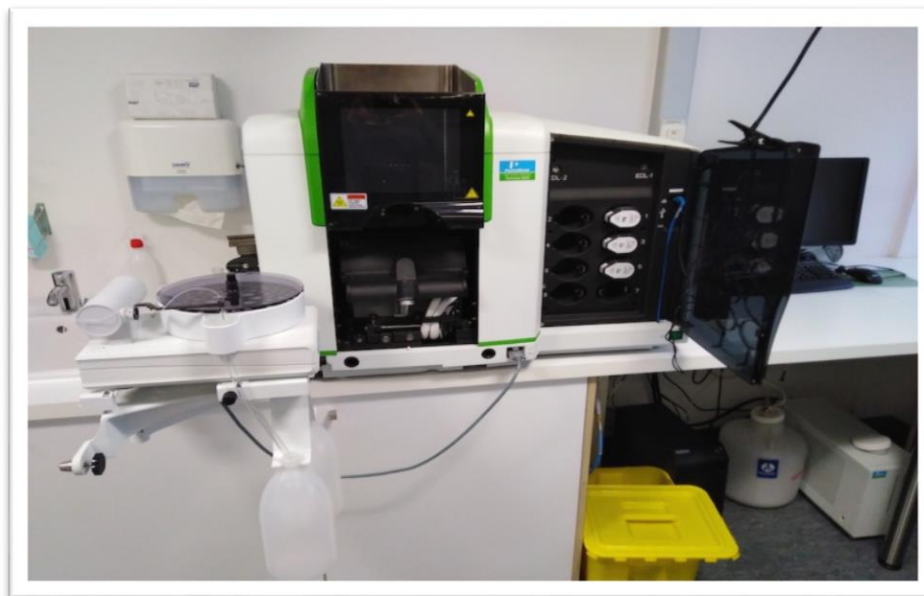


Figure 5. Spectromètre d'absorption atomique à flamme modèle PinAAcle 900T (FAAS) (Davidowski, 2011).

a. Principe de la méthode de spectrométrie d'absorption atomique à flamme

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique (Bendada et Boulakradeche, 2011).

b. Appareillage

Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique comportent quatre parties principales: (Bendada et Boulakradeche, 2011).

- ❖ Le faisceau lumineux issu de la source.
- ❖ La chambre d'absorption (flamme ou four) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique.
- ❖ Monochromateur qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde.
- ❖ Détecteur.

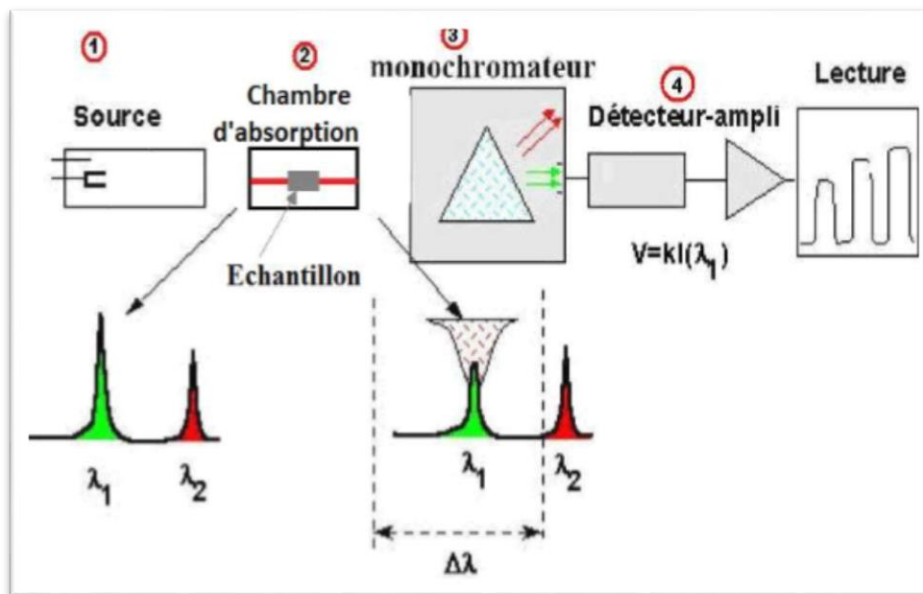


Figure 6. Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique (Kemouche, 2018).

c- Réactif

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique reconnue. Lors de l'analyse et de la préparation des réactifs, n'utiliser que de l'eau bi distillée ou de l'eau de pureté équivalente.

L'étalon utilisé était une solution de marque MERCK (étalon) à une concentration de 1000 ppm plus ou moins 0,002 ppm (Bensalem, 2018).

3.4.6. Etude statistique des résultats

Dans notre travail, nous avons utilisé un traitement statistique ACP sur tous les résultats trouvés pour trouver la relation entre les paramètres physico-chimiques (T°, pH) et la concentration en métaux et pour mieux évaluer le degré de qualité de la contamination de l'eau. Nous avons également utilisé le traitement statistique CAH pour déterminer l'homogénéité qui existait entre les mois d'étude (de décembre à mai). Cette étude a été menée sur le terrain à l'aide du logiciel SPSS 23, et WinLab-32.

SPSS 23 (Statistical Package for the Social Sciences) : est un logiciel utilisé par les chercheurs de diverses disciplines pour l'analyse quantitative et qualitative de données complexes. La préparation et la gestion des données de base, les statistiques descriptives et l'analyse statistique commune (test T, ANOVA, corrélation, régression,...). Grace aux conseils et aux explications détaillées du professeur Chala, des analyses statistiques ont été effectuées dans Oued Chaabet Roba .Une activité pratique avec des exemples de données pour apprendre les bases de SPSS dans son groupe de leçons (Chala, 2022).

Chapitre 4 :

Résultats et discussion

Résultats et discussion

4. Analyse descriptive des résultats

Dans notre discussion deux aspects ont été ciblés :

1^{er} Aspect : Contient les résultats de l'étude statistique des analyses physicochimiques (T° , pH) et des métaux lourds Cr, Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Co, de la ville Chaâbet Roba pour l'année 2016.

2^{em} Aspect : Le but étude dans cette aspect est expliquer le comportement des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques dans le site de prélèvement à partir le mois de décembre jusqu'au Mai, nous avons utilisé l'analyse des données recueillies en ACP et CAH.

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

4.1.1. La température

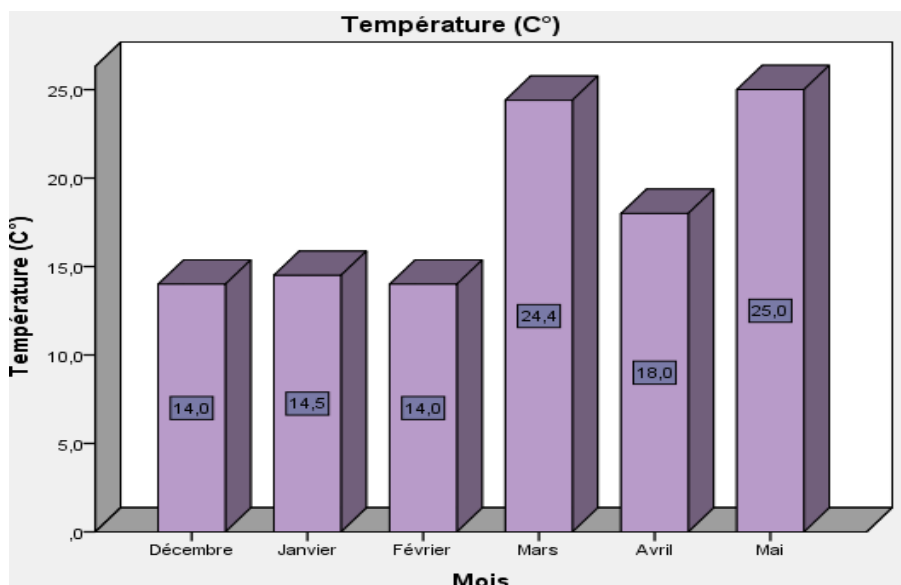


Figure 7. Variation des T° enregistrées des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.

Les températures des eaux usées ont été enregistrées à Chaâbet Roba pendant six mois, entre 14°C (au cours de chaque mois (décembre, janvier, février) et 25°C (au cours du mois de Mai) comme extrêmes minimum et maximum.

Le changement de température ne dépasse pas le norme recommandée de 30°C . les température enregistrées à des niveaux d'effluents de station d'épuration inférieurs à 30°C (Annexe II).

4.1.2. potentiel Hydrogène (pH)

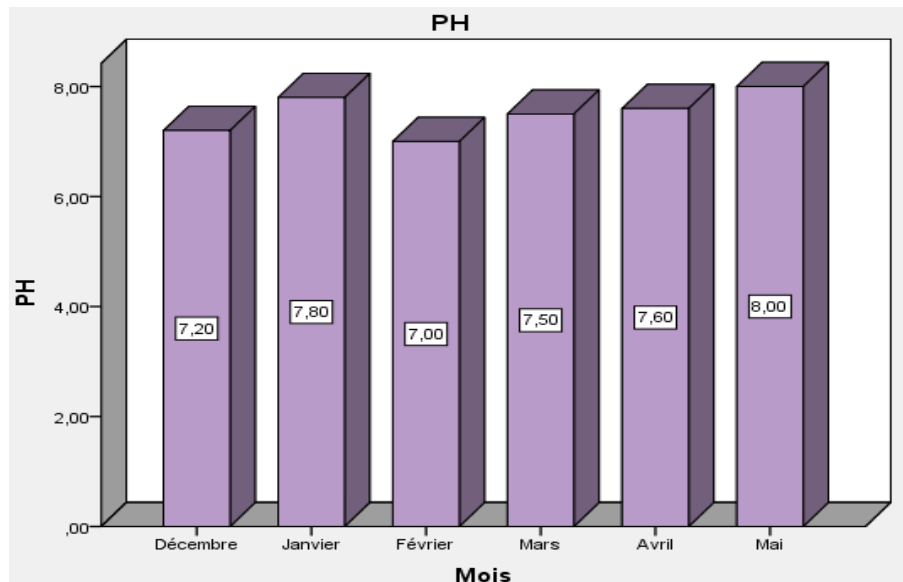


Figure 8. Variation des pH enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.

Le pH a été enregistré pour varier entre 7 et 8 .Ainsi, un pH alcalin est plus ou moins alcalin, c'est-à-dire qu'il ne dépasse pas la valeur de 8. Il n'a pas de signification hygiénique, mais il représente la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (Ibrahima, 2017).Selon le (Annexe II), la moyenne est généralement maintenue entre les seuils de 6.5 à 8.5.

4.2. Les analyses des paramètres métalliques

Les analyses effectuées sur les eaux usées de la ville de Biskra montrent que ces eaux ont une charge en métaux lourds très faible. Les résultats de la variation des teneurs en métaux étudiés sont présentés pour chaque mois. Nous avons porté les concentrations moyennes enregistrées relatives' à chaque métal analysé dans l'eau.

4.2.1. Teneur en Fer (Fe)

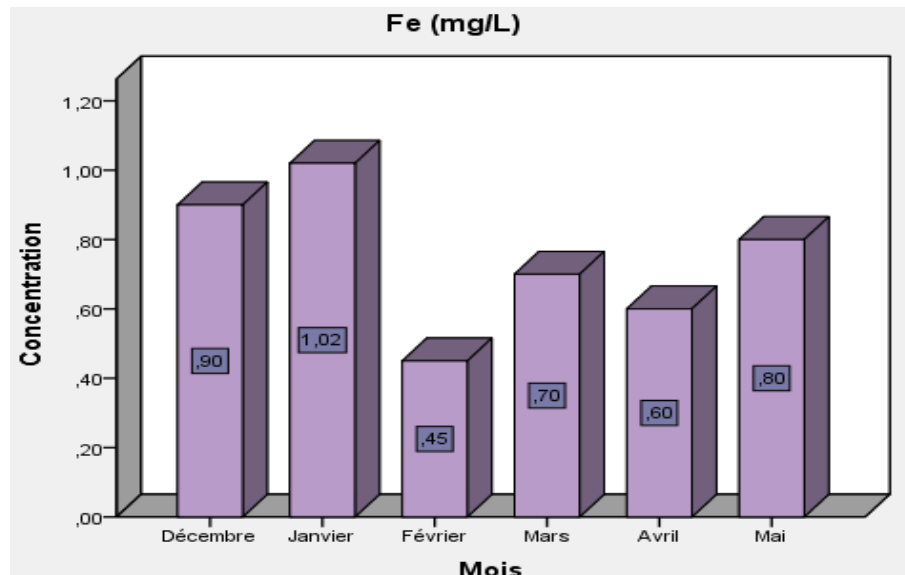


Figure 9. Teneur en Fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après l'histogramme obtenu, à partir des résultats des concentrations eaux usées rejetés dans la ville de Biskra (Chaâbet Roba), il a été constaté que la concentration en Fe mesurée ne dépassait pas la norme fixée à 3 mg/l (Annexe II). Des niveaux élevés de ce métal ont été enregistrés en mois de janvier (1,02 mg/l). Selon Debieche (2002), la présence de fer dans l'eau peut avoir plusieurs origines : fer naturel lixivié de l'argile ou industriel (métallurgique). Les résultats obtenus (1,02 mg/l) étaient supérieurs à ceux rapportés par Fouad *et al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cet écart peut s'expliquer par l'importance de la charge en Fe dans les eaux de l'Oued causée principalement par les activités industrielles de Biskra. Ce métal est connu pour être un oligo-élément essentiel à la vie, cependant ses fortes concentrations présentent divers inconvénients. Toutefois, l'OMS recommande de ne pas dépasser 0.3 g/l, parce que ce n'est pas bon pour les systèmes digestifs (Hurlbut et Klein, 1982).

Le fer est un élément essentiel pour la survie des êtres humains, il est présent en faible quantité dans notre organisme (0.005% de poids corporel) et joue chez l'homme un rôle essentiel dans nombreuses fonctions biologiques. IL intervient dans la constitution de l'hémoglobine, cependant la surcharge en fer cause certaines maladies héréditaires génétiquement déterminée, comme «hémochromatosis génétique» (Benmessoud, 2007).

Une surdose accidentelle de fer peut provoquer chez les sujets des dommages comme des lésions du foie, du cœur et des articulations. Mais aussi on peut constater un œdème cérébral, une hypovolémie, une hypotension et parfois même un avortement spontané ou un accouchement prématuré (Hlavackova, 2005).

4.2.2. Teneur en Cobalt (Co)

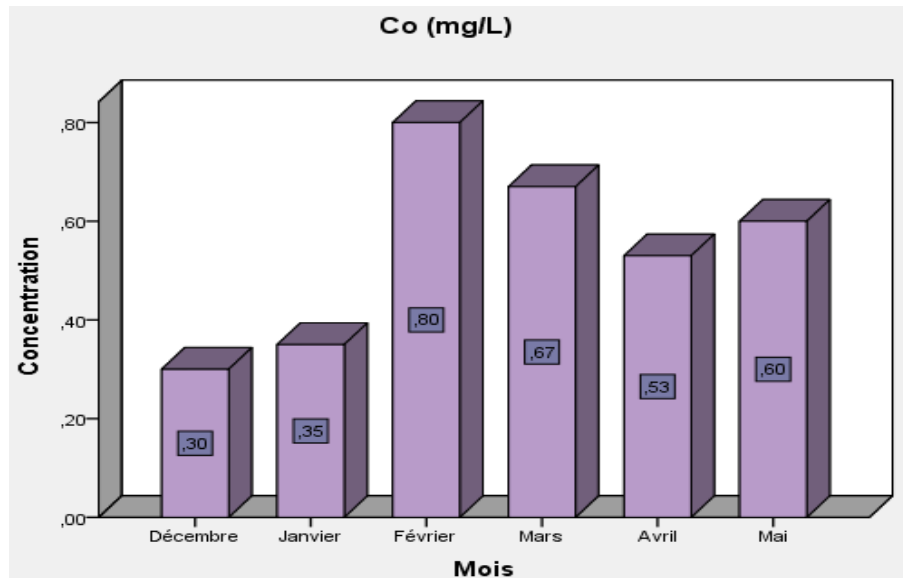


Figure 10. Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Selon les résultats obtenus, la concentration en cobalt en février était élevée (0,8mg/l) et en Mars (0,67mg/l), la teneur en cobalt dépassait la norme établie (0,5mg/l) (Annexe II). Selon Pichard (2006), le Co provient principalement des activités industrielles, notamment de la métallurgie. Les résultats obtenus sont inférieurs aux valeurs enregistrées par Ahoussi *et al.* (2012). La raison en est l'importance du niveau de contamination en cobalt des eaux usées du village d'Abia Koumassi, par rapport à la province de Biskra, provenant principalement des activités industrielles.

Le cobalt est considéré comme un élément essentiel au développement normal de la faune et de la flore aquatique (Chiffolleau, 2001). Il est un cofacteur de la cyanocobalamine (vitamine B₁₂) qui intervient comme coenzyme de nombreuses réactions enzymatiques. Mais le cobalt peut remplacer le magnésium et le calcium (inhibition compétitive) et influencer de plusieurs voies enzymatiques (Pichard, 2006).

Sa toxicité peut être double et cela est due à ses propriétés chimiques et/ou radiotoxiques de ses isotopes radioactifs (Fairbothor *et al.*, 2007). L'exposition orale de Co se caractérise par des effets respiratoires, cardiovasculaires, gastro-intestinaux, musculo-squelettiques, hépatiques, rénaux et oculaires.

4.2.3. Teneur en Cuivre (Cu)

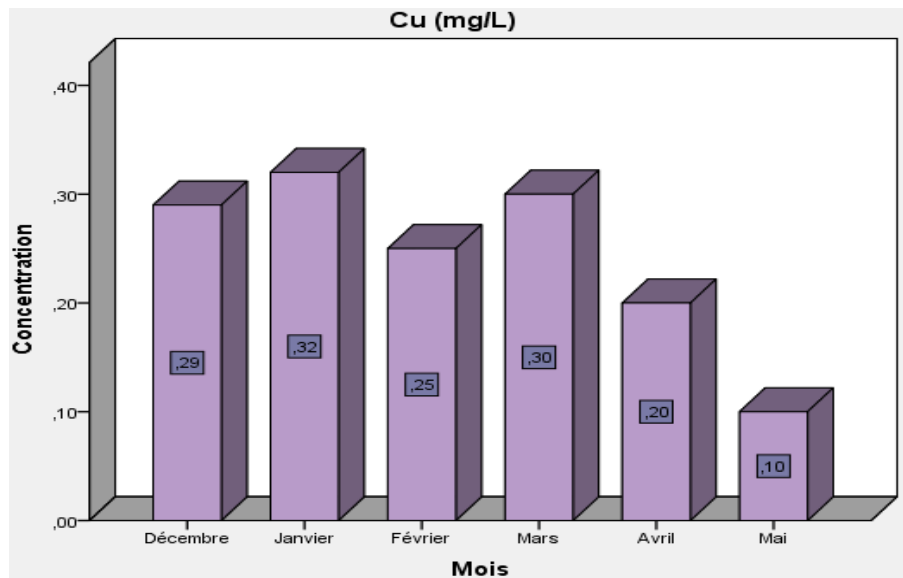


Figure 11. Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après les résultats obtenus, nous avons trouvé une distribution différente des concentrations de cuivre au point de rejet (Chaâbet Roba), où la concentration de cuivre mesurée ne dépassait pas la norme d'épreuve (0,5 mg/l) (Annexe II) .La forte teneur en ce métal enregistrée au niveau du mois janvier (0.32mg/l) et concentration très proches au niveau mars (0,30mg/l) décembre (0,29mg/l). Selon Ghizlane *et al.*(2010), Ces niveaux peuvent s'expliquer par des contributions anthropiques liées à l'activité industrielle urbaine ainsi qu'aux eaux usées domestiques (Riether, 2001) .Les résultats obtenus (0,32 mg/l) étaient supérieurs à ceux trouvés par Fouad *et al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cette différence est liée à l'importance du volume contenant du cuivre dans les eaux usées industrielles (ENICAB) et domestiques, principal point de rejet se jetant à Biskra.

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et sa conductibilité électrique et thermique. Il est impliqué dans de nombreuses voies métaboliques (Belabed, 2010). Le cuivre intervient dans la fonction immunitaire et contre le stress oxydant,

son manque cause le syndrome de Menkes. Il est aussi, à dose plus élevée et sous ses formes oxydées, un puissant poison pour l'Homme, causant la maladie de Wilson (Plumlee et Ziegler, 2003). Le Cuivre est plus toxique sous forme ionique que lorsqu'il est complexé avec la matière organique ou qu'il précipite sous forme de carbonate (Casass, 2005). Il peut se concentrer dans les eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1mg/l et ses principales sources anthropiques sont les industries, les traitements agricoles et la corrosion des tuyauteries (Rodier *et al.*, 2005).

4.2.4. Teneur en Chrome (Cr)

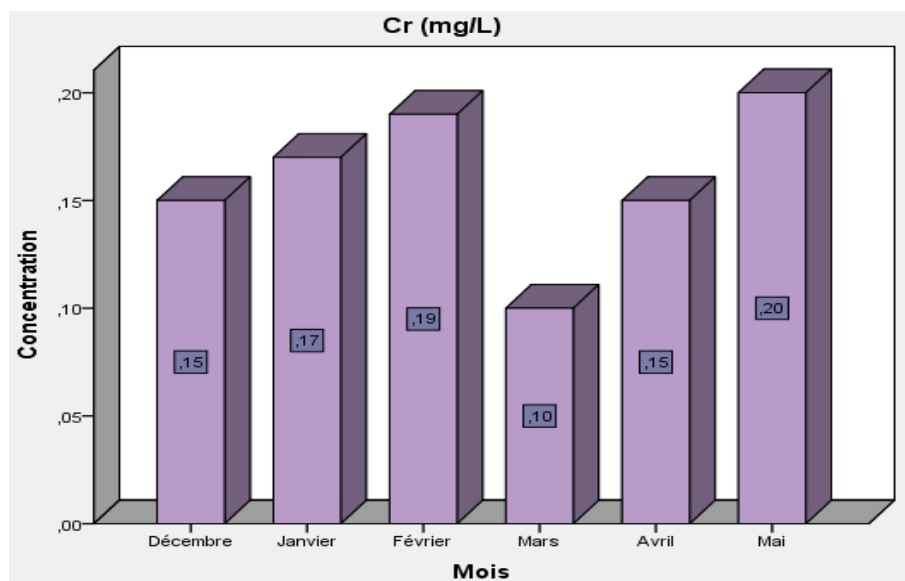


Figure 12. Teneur en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après la Figure ci-dessus, la teneur en chrome est différente dans le lieu du rejet (Chaâbet Roba), il s'avère que le mois de mai est le plus chargé en chrome. Qui atteint une valeur maximale de 0,2 mg/l. Ces concentrations ne dépassaient pas les normes en cause (0,5 mg/l) (Annexe II).

Ces niveaux restent au niveau recommandé (0,5 mg/l) et selon Ghizlane *et al.* (2010) sont causés par les rejets industriels, en plus des eaux usées domestiques (Riether, 2001). Les résultats obtenus (0,2 mg/l) sont bien meilleurs que les résultats trouvés par Fouad *et al.* (2014), à Oued Hassar (Maroc). Cette différence était liée à l'importance de la quantité d'eaux usées industrielles et domestiques chargées en Cr, rejetées au point de rejet principal de la ville de Biskra.

Le chrome trivalent est un oligo-élément essentiel pour le métabolisme du sucre chez l'être humain (Boufedda, 2010), et il provient surtout de l'industrie de textile (Zerki, 2013), Inhalé, le Cr (III) peut provoquer des cancers des voies respiratoires ; trouble du métabolisme du glucose; atteintes rénales, il est utilisé contre le diabète mais son usage est controversé (Frederic, 2011). Les principaux cancers attribués au Chrome et à des dérivés proviennent d'une exposition par inhalation (Lachambre et Fission, 2007). En effet, le chrome diminue l'activité enzymatique et la croissance des plantes (Oghenerober *et al.*, 2014).L'ingestion des sels de Chrome entraine des lésions caustiques du tube digestif accompagnées dans les intoxications graves de nécroses hépatiques et rénales (Catilina, 2009.). Parmi ces manifestations, une diminution des fonctions pulmonaires et des bronchites (Pichard, 2005).

4.2.5. Teneur en Cadmium (Cd)

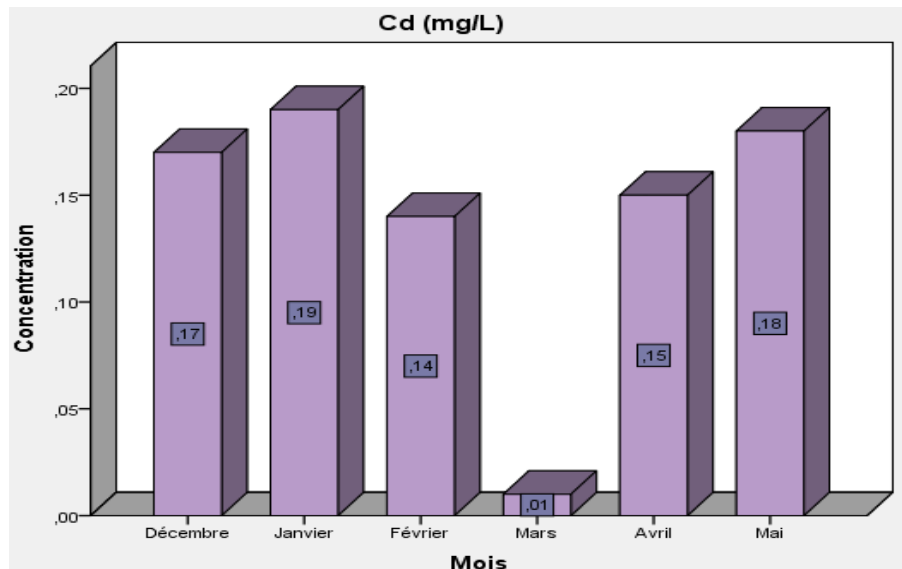


Figure 13. Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après la Figure ci-dessus, la répartition de la teneur en cadmium est presque similaire sur le lieu de rejet. Les concentrations maximales de cadmium sont très proches de 0,19 mg/l et 0,18 mg/l en janvier et mai, respectivement, n'ont pas dépassé les normes requises (0,2 mg/l) (Annexe II), et résultent d'activités industrielles (combustion de produits pétroliers et métallurgie) et de rejets industriels (Bensaha, 2010) .Les résultats obtenus (0,19 mg/l) sont meilleurs que les résultats enregistrés par Fouad *et al.* (2014), à Oued Hassar (Maroc). Cette situation est principalement due à la quantité importante d'eaux usées industrielles chargées en cadmium et rejetées au site de rejet. Les lésions rénales et le cancer du poumon figurant parmi les plus graves

effets du cadmium sur la santé. Une étude récente menée en 2003 par Johnson et ses collègues de l'université Georgetown a montré que le cadmium pourrait exercer un puissant effet oestrogénique (Johnson *et al.*, 2003) . A l'intérieur de la cellule, du fait de sa forte affinité pour les groupements thiols, il inhibe les enzymes contenant du zinc et perturbe la fonction respiratoire, le cadmium inhibe l'ARN polymérase et perturbe la synthèse protéique (Guy et Elisabeth).

Les rayonnements ionisants (IR) et du cadmium conduit à la formation de dégâts à l'ADN augmentés par rapport aux effets des facteurs de stress uniques, donc la présence du cadmium module l'efficacité des systèmes de réparation de l'ADN provoquant ainsi l'augmentation de formation de lésion radio-induits à l'ADN et une diminution de la survie cellulaire (Dmytro *et al.*, 2008).

4.2.6. Teneur en Plomb (Pb)

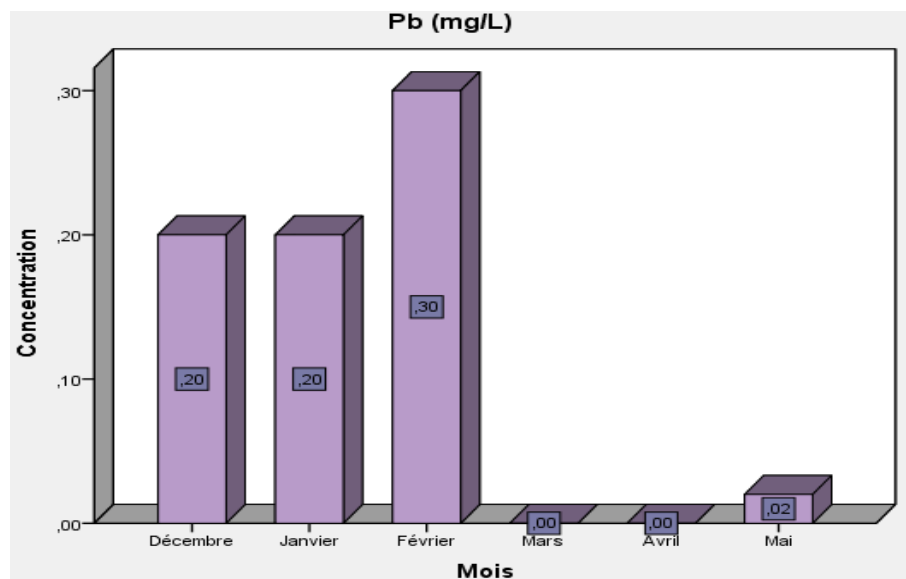


Figure 14. Teneur en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Les concentrations en plomb observées au site de rejet (Chaâbet Roba) étaient très faibles avec une valeur maximale de 0,3 mg/l par mois (février) et une valeur minimale de 0 mg/l sur deux mois (mars et avril). On peut dire que les teneurs en plomb ne dépassent pas la norme établie (0,5mg/l), et les résultats obtenus (0,3 mg/l) sont supérieurs à ceux rapportés par Fouad *et al.* (2014), à Oued Hassar (Maroc) Cette différence s'explique par la grande quantité d'eaux usées industrielles et domestiques chargées en Pb à Biskra.

Le Plomb n'est pas essentiel pour les organismes et sa présence à des taux élevés est toxique (Zerki, 2013). L'anémie est un signe caractéristique d'une intoxication par le Plomb. L'empoisonnement par le Plomb varie avec la durée et l'intensité de l'exposition (Losi *et al.*, 1994). Les effets pathologiques d'une intoxication au Pb sont nombreux et peuvent être séparés en deux catégories : effets physiologiques et neurologiques (Fergusson, 1990 ; Plumlee et Ziegler, 2003). Les premiers produisent une augmentation de la tension artérielle et l'apparition de dommages vasculaires et intestinaux, ainsi que des troubles au niveau des reins (néphropathie saturnine).

Le Pb entraîne une inhibition enzymatique de la biosynthèse de l'hème (hème synthétase), de plus il diminue la durée de vie des hématies, modifier le métabolisme de fer par diminution de sa fixation (Anne, 2003).

4.2.7. Teneur de Zinc (Zn)

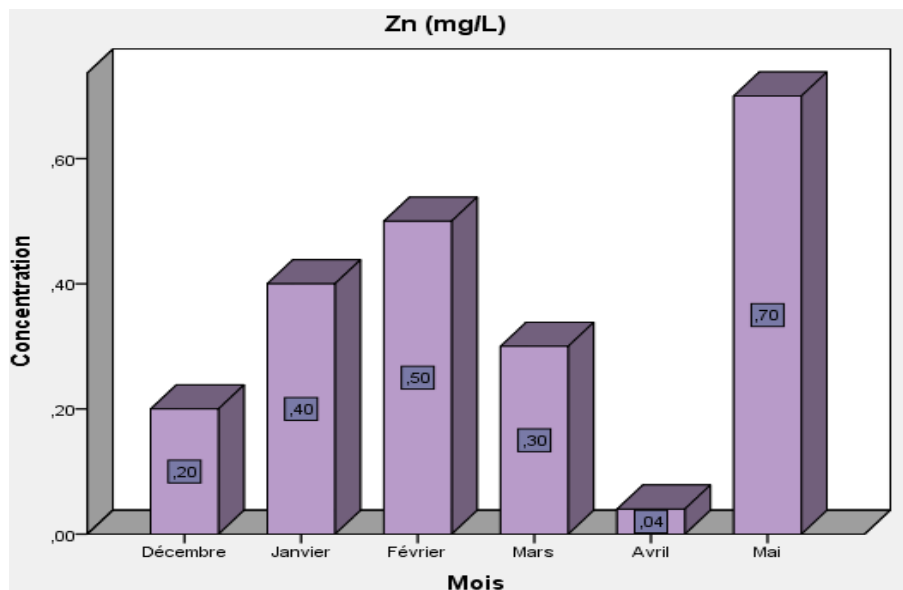


Figure 15. Teneur en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

La répartition des teneurs en Zn sur le site (Oued Chaâbet Roba) est relativement différente, les concentrations en zinc au site de rejet (Chaâbet Roba) sont beaucoup plus élevées en mai que les mois restants qui sont très faibles. En mai, la valeur maximale est de 0,7 mg/l et en avril de 0,04 mg/l. Ces concentrations ne dépassaient pas la limite recommandée de 3 mg/l (Annexe II). Selon Belabed (2010), la source de contamination est l'exploitation minière industrielle (traitement du minerai) et les activités municipales. Les résultats obtenus (0,7 mg/l) sont

meilleurs que les résultats trouvés par Fouad et *al.*(2014) à Oued Hassar (Maroc). Cette différence liée à la quantité élevée d'éjection de Zn sont due aux activités industrielles et urbaines dans la région de Biskra.

Le zinc est un oligo-élément essentiel nécessaire à la vie d'un grand nombre d'organismes, en quantité généralement faible, qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (200 enzymes) (Palai, 2006), et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. La carence en zinc peut entraîner un retard de croissance, des anomalies de la maturation sexuelle, des troubles du goût, des problèmes immunitaires, des problèmes de peau et cicatrisation (Chappuis, 1991).

L'apport de cet oligo-élément diminue significativement la survenue de certaines infections (essentiellement pneumonie et diarrhée) chez les enfants des pays en voie de développement (Black , 2003), le zinc peut causer une carence en cuivre, de la diarrhée, une irritation gastro-intestinal, la nécrose de tube rénal et la néphrite interstitielle. Un excès de zinc peut aussi endommager le système nerveux central et provoquer un déséquilibre des fonctions immunitaires (Miller, 2009).

4.3. Analyse statistique des résultats

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) : est une méthode d'analyse multi-variée permettant l'étude simultanée d'un grand nombre de variables dont l'information totale ne peut pas être visualisée à cause d'un espace à plus de deux dimensions. Cette méthode permettrait de préciser les relations entre les variables et les phénomènes à l'origine de ces relations. L'objectif est d'avoir une information concentrée sur un minimum d'axe (Plan factoriel : (F_1, F_2)) (Mouissi et Alayat, 2016).

Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) : un ensemble de techniques statistiques utilisées pour identifier des groupes de la similarité ou des modèles statistiques naturels dans les données. L'application de cette méthode en géologie est relativement récente. Par conséquent, cette méthode est souvent utilisée pour analyser les données sur la chimie de l'eau et compléter l'ACP. Compte tenu de la complexité du système de chimie de l'eau et des difficultés rencontrées dans son interprétation, c'est un outil puissant pour l'analyse des données de chimie de l'eau (Gbombélé *et al.*, 2019).

Dans notre recherche, des l'Analyse ACP et l'Analyse CAH ont été appliquées sur 09 variables représentant des paramètres physicochimiques (pH et T°), et des concentrations de métaux lourds (Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb et Zn) dans les eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba). La matrice de corrélation donne une première idée des corrélations deux à deux entre les différentes variables. Ces paramètres sont relativement corrélés entre eux (Tableau 7). Les valeurs propres de la matrice de corrélation permettent de mesurer la qualité de représentation et le pourcentage de variance indiqué par chaque facteur (Tableau 8 et Tableau 9). Représentation graphique de l'Analyse ACP (Figure 16) et l'Arbre hiérarchique des regroupements mois selon des éléments analyses dans l'eau usée de Chaâbet Roba (Figure 17).

Tableau 7. Matrice de corrélation pour les paramètres physico-chimiques déterminés et les teneurs en métaux lourds dans l'eau usée dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

		Concentration Fe	Concentration Co	Concentration Cu	Concentration Cd	Concentration Pb	Concentration Zn	Concentration Cr	PH	T°
Corrélation	[Fe]	1,000	-,850	,262	,365	-,010	,053	-,035	,513	-,057
	[Co]	-,850	1,000	-,317	-,495	-,065	,376	,088	-,244	,372
	[Cu]	,262	-,317	1,000	-,305	,447	-,439	-,558	-,462	-,529
	[Cd]	,365	-,495	-,305	1,000	,391	,200	,801	,219	-,494
	[Pb]	-,010	-,065	,447	,391	1,000	,181	,423	-,632	-,832
	[Zn]	,053	,376	-,439	,200	,181	1,000	,642	,299	,324
	[Cr]	-,035	,088	-,558	,801	,423	,642	1,000	,151	-,237
	PH	,513	-,244	-,462	,219	-,632	,299	,151	1,000	,586
	T°	-,057	,372	-,529	-,494	-,832	,324	-,237	,586	1,000

Tableau 8. Qualité de représentation des éléments analysés dans l'eau usée de Chaâbet Roba.

	Concentration Fe	Concentration Co	Concentration Cu	Concentration Cd	Concentration Pb	Concentration Zn	Concentration Cr	PH	T°
Initial	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Extraction	,190	,315	,770	,907	,711	,510	,814	,565	,928

Tableau 9 : Coefficients de corrélation entre les variables et les 2 premières composantes.

	Composante 1	Composante 2
Concentration Fe	-,245	,361
Concentration Co	,510	-,235
Concentration Cu	-,680	-,555
Concentration Cd	-,400	,864
Concentration Pb	-,817	,207
Concentration Zn	,344	,626
Concentration Cr	-,077	,899
PH	,577	,482
T°	,960	-,082

Tableau 10. Variance totale expliquée.

		Composante								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valeurs propres initiales	Total	2,988	2,724	2,281	,837	,170	2,525E-016	9,532E-017	-7,532E-017	-2,475E-016
	% de la variance	33,195	30,268	25,345	9,300	1,892	2,806E-015	1,059E-015	-8,369E-016	-2,750E-015
	% cumulés	33,195	63,464	88,809	98,108	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

4.4. Interprétations des résultats d'analyse statistique

4.4.1. Analyse en Composantes Principales de l'eau usée de la ville de Biskra (Chaâbet Roba)

Lors de l'analyse de (Tableau 7), il donne les différentes corrélations qui existent entre les éléments analysés dans les eaux usées. La corrélation entre deux paramètres est très bonne si elle est proche de ± 1 , on voit qu'il y a une très bonne relation entre :

- La corrélation entre T° / Pb (-0,832) et entre Co /Fe (-0,850), sont négatives, donc les relations sont décroissantes respectivement.
- La corrélation entre Cr /Cd (0,801) est positive, donc la relation est croissante.

La corrélation entre deux paramètres mesurés est bonne si elle est égale ou supérieure à $\pm 0,60$ et on voit qu'il y a une bonne corrélation entre :

- La corrélation entre pH /Pb (-0,632) est négative, donc la relation décroissante.
- La corrélation entre Cr /Zn (0,642) est positive, donc la relation croissante.

La corrélation entre deux paramètres est moyenne si elle se comprit entre ($\pm 0,4$; $\pm 0,55$) on voit qu'il existe une corrélation moyenne entre :

- Corrélation entre les Cu / Zn (-0,439), Cu / pH (-0,462), et Cu / T° (-0,529), le Cu / Cr (-0,558) et sont négatives, donc les relations décroissantes. Mais Cu/ Pb (0,447), elle est positive, donc la relation croissante.
- La corrélation entre T° /pH (0,586) et pH /Fe (0,53) sont positives, donc les relations croissantes.
- La corrélation entre Cd /Co (-0,495) est négative, donc la relation décroissante.

Une corrélation positive très fiable significative existe entre les éléments métalliques (Cd (0.219), Zn (0.299), Cr (0.151)) avec pH, donc relation croissante.

En effet pour la matrice de corrélation, analyser les coefficients de corrélation pour les éléments analysés dans les eaux usées. Des corrélations positives élevées et moyennes sont observées entre Cr/Zn, Cu/Fe et Pb/Cd indiquant leurs sources communes potentielles, pour les

activités urbaines et/ou industrielles où la structure industrielle de la ville de Biskra, se compose principalement de deux grands complexes industriels (ENICAB et TIFIB pour exemple : ELATEX). De plus, dans des conditions oxydantes, les hydroxydes, par exemple le fer, sont sous forme oxydée, ce qui influence fortement le comportement de certains minéraux dans les écosystèmes aquatiques (Diop *et al.*, 2012), et nous notons également qu'il existe une très bonne relation entre Cr / Cd, et la raison de sa présence dans cette eau est son utilisation dans le soudage et le revêtement des bouteilles de gaz, qui sont représentées dans station de lavage et de dégazage de voitures et les unités liées au secteur de l'énergie (NFTAL et SONELGAZ).

Les fortes corrélations négatives observées avec Fe versus Co et Pb, montrent que ces hydroxydes ont précipité ces éléments dans les sédiments. De plus, les niveaux plus faibles de carbone organique dans nos sédiments peuvent expliquer que les hydroxydes de fer seraient les principales phases fixatrices des métaux d'autant plus qu'il s'agit de sédiment de surface donc les sulfures seront sous forme oxydée ne pouvant pas ainsi piéger les métaux (Diop *et al.*, 2012).

La corrélation pH/Fe positive peut s'expliquer par nos travaux sur la caractérisation physique et chimique des eaux usées brutes de la ville de Biskra, et expliqué que les effluents locaux des Bains et douche et des abattoirs sont généralement riches en ammonium provenant des selles, urine et effluents industriels caractérisés par une forte salinité et un pH élevé.

En étudiant la variance des caractéristiques représentatives des éléments analysés dans les eaux usées de Chaâbet Roba dans le (Tableau 8), cette qualité des éléments est meilleure s'ils sont proches de 1. Ces derniers sont confinés entre ($0 \leq \text{Qualité} \leq 1$), le classement de qualité maximale est présenté pour les éléments qui ont été analysés successivement, dans l'ordre suivant :

Température >Cd >Cr> Cu > Pb >Zn >Co > Fe.

On conclut, la meilleure qualité de représentation des métaux lourds pour tous les mois est la Cd (0.907) et Cr (0.814), respectivement et Cu (0.770) et Pb(0.711) le même influence sur les mois.

Après étude du (Tableau 9), les valeurs des cordonnées liant les deux variables aux deux composantes ont été obtenues. Nous avons grisé les associations les plus importantes, c'est-à-dire

celles parmi les variables les mieux expliquées pour chacune de ces composantes. A travers cette étude, nous apprenons la toxicité de certains métaux non essentiels, même à de très faibles concentrations (Pb, Cd,...), alors que les métaux essentiels peuvent également devenir dangereux à de fortes concentrations (Zn, Cu, Fe,). La combinaison qui se manifeste entre les éléments non essentiels et ceux qui sont essentiels s'introduit par des interactions possédant une forte incidence sur la toxicité des métaux (Soumaoro, 2015).

Le Tableau 10, représente les neuf facteurs avec leurs valeurs respectives, et les différents pourcentages exprimés. On peut voir que les neuf facteurs expriment à eux seuls 100% de l'information, dont 33,195% pour l'axe factoriel 1, et 30,268% pour l'axe factoriel 2 et 25,345% pour l'axe factoriel 3. Le couple F₁-F₂ exprime à lui seul 63,464% de l'information. A la lumière de ces proportions exprimées, les mécanismes qui contrôlent l'évolution chimique des eaux de la région Chaâbet Roba (Biskra) sont fortement impliqués dans ces trois facteurs. Par conséquent, l'analyse ACP se concentrera sur les deux facteurs (F₁-F₂), afin que nous puissions utiliser des représentations graphiques 2D (Figure 16).

L'Analyse ACP à partir des données acquises permet de mieux comprendre le mécanisme d'enrichissement en ETM dans l'Oued Chaâbet Roba. Cette dernière est réalisée sur une matrice de données composée de 09 variables représentant des paramètres physico-chimiques (pH et T°) et des concentrations en métaux lourds (Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb et Zn). L'analyse a montré que les éléments traces métalliques les plus liés à l'axe principal F₂ (niveau) représentaient 30.268 % de la variance, et les contributions significatives à sa formation étaient : Cr (cordonnées : 0.899) ; Zn (cordonnées : 0.626) ; Cd (cordonnées: 0.864); Fe (cordonnées:0.361) ; (Figure 16) voir aussi (Tableau 9). Ces derniers évoluent dans le même sens positif, ce qui peut traduire leur origine commune.

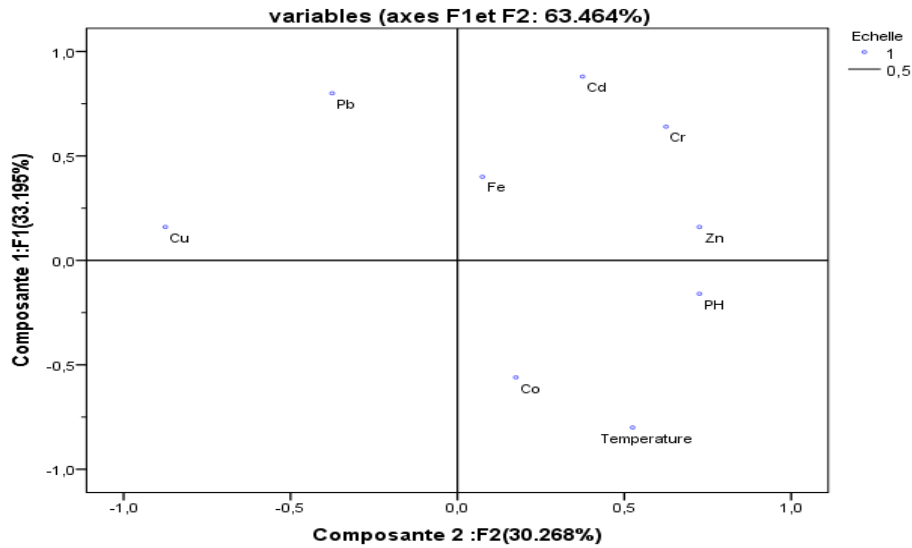


Figure 16. Représentation graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) des éléments analysés dans L'eau usée de Chaâbet Roba.

Par ailleurs, les paramètres qui contribuent le plus à l'édification de l'axe F_1 (33,195% de la variance) sont Cu et Pb, qui montrent une corrélation très hautement significative. La Cu et Pb est inversement proportionnelle au pH, en effet, l'oxydation des métaux lourds mène vers une diminution du pH. Tous les ETM (Cd, Cr, Zn, Fe) présentent une mauvaise corrélation avec les ETM (Cu, Pb).

Le pH est négativement corrélé aux éléments Cd, Cr, Zn, Fe ; ce qui confirme le rôle très important que joue ce dernier dans l'augmentation des teneurs en ETM .Cette ETM (Cd, Cr, Zn, Fe) présente une assez bonne corrélation avec la température et Co.

4.4.2. L'analyse de Classification Ascendante Hiérarchique (Cluster Analysis)

Les résultats de la classification hiérarchique ascendante par Dendrogramme sont présentés dans la Figure 17. Dans l'analyse du graphique, deux grandes catégories statistiques distinctes peuvent être distinguées.

La première catégorie, qui peut être divisée en deux sous-catégories à partir de cette analyse statistique : La première branche comprend les mois de décembre, février et janvier, respectivement, au cours desquels le comportement et l'effet des éléments analysés (température, Cd, Cr, Cu) dans les eaux usées sont absolument meilleurs par rapport aux autres mois. Cette dernière s'apparente à la seconde branche en présence d'un accord relatif entre les mois d'avril et

février, quant à la seconde catégorie, elle est déterminée par les mois de mai et mars. Dans cette catégorie, on note que les éléments étudiés sont proches quant à leur comportement et leur impact sur les eaux usées au cours des mois, mais ils sont loin de la première catégorie.

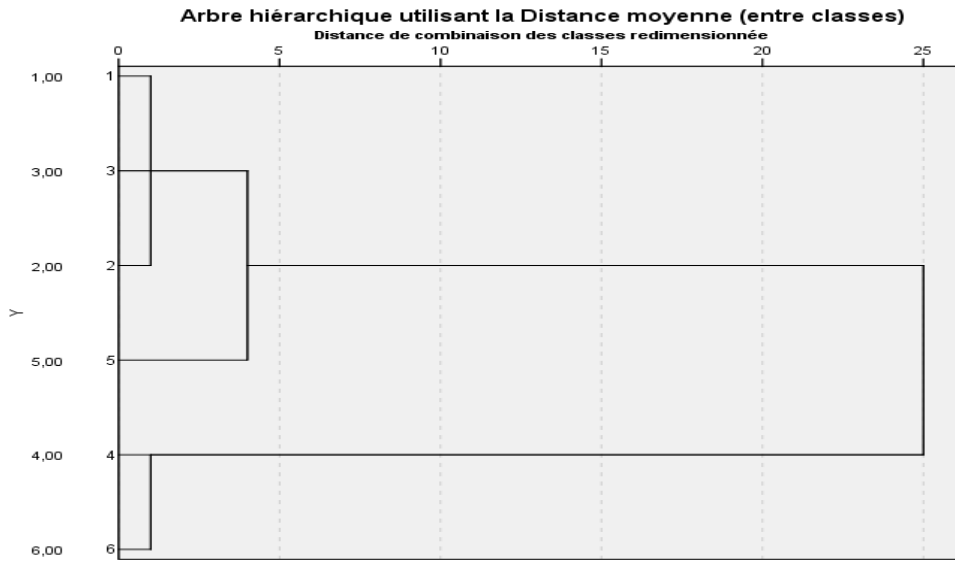


Figure 17. Représentation graphique d’arbre hiérarchique des regroupements mois selon des éléments analyses dans l’eau usée de Chaâbet Roba.

Tableau 11. L’abréviation des Représentation graphique d’arbre hiérarchique.

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

Conclusion

Conclusion

Les eaux usées urbaines sont l'une des voies principales des écosystèmes minéraux. Il s'agit des eaux issues des déchets industriels, domestiques et autres déversés dans les vallées avec des effets particulièrement néfastes sur les terroirs, les champs et les nappes phréatiques de la ville de Biskra dans le site de Chaâbet Roba.

Les différents paramètres physiques, chimiques et minéraux des eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba) ont été traités à l'aide de techniques d'analyses statistiques multi-variées, où nous avons utilisé l'analyse descriptive pour comparer nos résultats avec les taux de rejets globaux connus pour la source de pollution.

Grâce à l'analyse descriptive, nous avons pu déterminer les faibles concentrations de tous les éléments (Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb, Zn), à l'exception du cobalt qui dépassait la limite d'acceptation (0.5mg/l) sur le site de Chaâbet Roba, la pollution au cobalt est déjà perceptible. L'ACP et le CAH nous permettent d'éclairer les corrélations actuelles entre les paramètres physiques, chimiques et minéraux, ainsi nous avons trouvé des corrélations élevées entre Cr/Cd, Co/Fe, PH/Pb, Cr/Zn qui sont des minéraux issus de résidus agricoles et industriels, qui à leur tour sont responsables de la détérioration de la qualité de l'eau et de l'environnement.

Nous en concluons qu'il n'y a pas de pollution considérable, mais que les corrélations de toxicité entre les paramètres physiques, chimiques et minéraux sont élevées dans les eaux usées et constituent une menace pour l'environnement et la santé publique. Pour cette raison, la Direction des Ressources en Eau a mis en place une station d'épuration dans la région du Zab occidental, dans la Wilayat de Biskra.

Perspectives

Ce problème de contaminations doit être traité par :

- Le strict contrôle de la qualité de l'eau destiné à l'irrigation.
- Suivre l'évolution de pollution sur l'environnement.
- La sensibilisation sur les conséquences de l'utilisation des eaux usées sur la santé de l'homme.
- Améliorer le niveau de vie en épurant l'eau usées et en les réutilisant dans l'irrigation agricole.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A.N.A.T. (2003). *Schéma Directeur des Ressources en Eau (Wilaya de Biskra), Dossier pollution des eaux*. Agence Nationale d'Aménagement du Territoire Algérie.

Ababsa , N. (2016). *Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité faunique et la macro- bioporosité dans le contexte des prairies naturelles irriguées à l'eau usée , Influence sur le fonctionnement hydrique du sol*. Thèse de Doctorat d'état, université Ferhat Abbas , Sétif 1, p.48 .

Abdenmour, M.A. (2021). *Variabilité spatio-temporelle de la salinisation des sols du périmètre irrigué du Ziban (Biskra) – Apport de la géostatistique et de la télédétection*. These de Doctorat en Sciences Agronomiques, université Mohamed Khi-der- Biskra . pp.25-26-27-28.

Abibsi, N. (2011). *Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra*. Thèse de magister, hydraulique urbaine et ouvrages hydrotechniques, université Mohamed Khider-Biskra, p.114.

Afnor. (1988). *Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols*. Paris-La Défense.

Ahoussi, k.E., Koffi, Y.B., Loko, S., Kouasi, A.M., Soro, G., Biemi, J. (2012). *Caractérisation des éléments traces métalliques dans les eaux superficielles de la commune de la Marcory Abidjan côte d'Ivoire, cas de village d'Abia Koumassi*. Géo-Eco-Trop 36 : 15.

Ait Ziane ,K et Bouyahia, N. (2013). *Cycle biogéochimique de quelques métaux lourds dans les eaux Côtières du golfe Bejaia .Mémoire de Master en environnement et santé publique, Université Abderrahmane Mira de Bejaia ,p.9.*

ANDI. (2015). *Agence Nationale de Développement de l'Investissement. Article Wilaya de Biskra*.

Anne ,M. (2003). *Risques spécifiques et prévention liés à l'exposition au plomb .CorpuMédicinal,Rapport, p .5.*

Aoun,M. (2009). *Action du Cadmium sur les plants de moutarde indienne (Brassica juncea (L.) néoformés à partir des couches cellulaires minces et l'issus de semis , Analyses physiologiques et rôle des polyamines*. Thèse de doctorat d'état , université de Bretagne occidentale,p.18.

ATSDR. (2001). *Toxicological,GA : U.S department of Health and Human Services , Public Health Services . .*

- Auguste, A.F.T. (2018). *Contribution à l'étude de la dégradation de trois produits pharmaceutiques (l'amoxicilline, le ceftriaxone et le télébrix) par les méthodes chimique et électrochimique d'oxydation avancée : Application au traitement des eaux usées du CHU de Treichville*. Thèse de Doctorat d'état, université Felixhouphouet Boigny, pp.9-15.
- Belabed , B.E. (2010). *La pollution par les métaux dans la région d'Annaba sources de contamination des écosystèmes aquatiques* . Thèse de Doctorat, Option : Biologie et physiologie des organismes marins, p.9.
- Benariba , R., Mokhtari, R., Bouhrara ,N. (2016). *la toxicité du cadmium et ses risques sur la santé humaine*. Mémoire de Master en Biologie Animale, université des Frères Mentouri Constantine , p.6.
- Bendada , K., Boulakradeche, M.W. (2011). *Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds*. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene.
- Benmalek,A. *Attaché de recherche – crstra - État actuel des eaux usées dans les zones arides: Cas de la région de Biskra* . Dirigé par: Dr. Chaib Warda Chef de division gestion des ressources hydriques – crstra.
- Benmessoud, F. (2007). *Qualité physico-chimique, métallique et bactériophie de Venerupis decussata (LINNE 1758) et Cardium edule (LINNE 1767)*. Thèse de doctorat d'état , université Mohamad V-Agdal, Rabat, pp. 62-63.
- Bensaha , S. (2010). *La décontamination des eaux usées sur un support naturel*. Thèse de magistère en chimie, université Abou Bekr Blkaid, Tlemcen, p.17.
- Bensalem, A. (2018). *Détection des métaux lourds dans le site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra (Chaâbet Roba)*. Mémoire de fin d'étude de Master , université Mohamed Khider de Biskra .pp. 22-24.
- Black, B.E. (2010). *Zinc deficiency, infectious disease and mortality in the developing world*. *Journal of Nutrition* , p.9.
- Bouchham, N. (2008). *Évolution de sites potentiels de pollution des eaux souterraines par les eaux usées, Cas de la ville de Biskra*. Thèse d'ingénieur en écologie végétal et environnement, université Mohammed Khi-der- Biskra.
- Boufedda, F.G.N. Ghecham, N., Sabah, F. (2010). *Analyse des paramètres physico-chimique et bactériologique des trois principaux sites de rejets de la ville de Biskra (Chaâbet Roba, Oued Biskra et Oued Z'mour)*. Mémoire d'Ingénieur d'état en Ecologie végétale et Environnement, université Mohammed Khi-der- Biskra, pp. 3-62. .

- Bradl, H.B. (2005). *Heavy metals in the environment :origin,interaction and remediation*. Academic Press, London.p.269.
- Casass, S. (2005). *Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg,Cd,Pb,Cu et Zn) chez la moule Mytillusgalloprovincidis en milieu méditerranéen*. Thèse de doctorat d'état ,université sud Toulon ,314 p.
- Catilina , P. (2009). *Médecine et risque au travail : guide du médecin en milieu de travail*. 2ème édition,Elsevier Masson,pp.499-442-454.
- Chala, A. (2022). *cours Boistat*. Master I,université Mohammed Khi-der- Biskra.
- Chambrette, V. (2001). *Fiche Radionucléide Cobalt 60. DPHD*. 1e Edition,p1.
- Chappuis, P. (1991). *Les oligo-éléments en médecine et biologie, lavoisier*.
- Chibane, K., Djennad, L. (2019). *Caractérisation physico-chimique et dosage de quelques métaux lourds de certaines sources d'eau de la région de M'Chedallah wilaya de Bouira*. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira,pp.32-33.
- Chiffolleau , J.C. (2001). *La contamination métallique, région haute Normandie*. (Programme Scientifique Seine-Aval) IFREMER 8 : 39p.
- CRSTRA. (2008). *Facteurs de pollution de la nappe phréatique, au niveau de la ville de Biskra, Division Gestion de la source en eau et en sol dans les régions arides. Rapport 2007*. Centre De Recherche Scientifique Et Technique Des Région Aride.
- Daffri, A. (2017). *Etude de la biodégradation de l'ortho-nitrophénol et du paranitrophénol par le microbiote des eaux usées et mise en évidence des bactéries dominantes impliquées dans ce processus*. Thèse de Doctorat d'état,université des Frères Mentouri Constantine,pp.3-10.
- Davidowski ,L. (2011). *Determination Of Aluminum in Serum in Customer-Validated Applications using THGA and Longitudinal Zeeman Atomic Absorption*. Shelton,CT 06484 UAS: is a registered trademark of PerKinElmer ,Inc.
- Debieche,T.H. (2002). *Evolution de la qualité des eaux (salinité, azoté et métaux lourds).sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle*. Thèse de doctorat d'état ,université Mentour-Constantine , pp.44-45.
- Diop,C., Dewaele, D., Toure, A., Cabral, M., Cazier, F., Fall, M., Ouddane ,B., Diouf, A. (2012). *Étude de la contamination par les éléments traces métalliques des sédiments cotiers au niveau des points d'évacuation des eaux usées à Dakar (Sénégal)*. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science.25(3), 277–285 p.

- Djaani, M., Amer, Z.B. (2020). *Évaluation de la qualité des eaux usées traitées par le système de lagunage naturel d'el atteuf et par l'argile naturelle d'el menai*. U.P.B. Sci. Bull., Series B 82 (3) : 1454-2331.
- Djeddi , H., Kherief Nacereddine, S., Keddari, D., Afri-Mehennaoui, F.Z. (2018). *Teneurs Des Éléments Traces Métalliques Cu, Zn Et Pb Des Sédiments Du Barrage Béni Haroun (Nord-Est De l'Algérie)*. Laboratoire de Biologie et Environnement ,p269.
- Dmytro,G., Oleksandr, M., John, D. Zimbrick. (2008). *Effets non linéaires dans la formation des lésions à L'ADN dans les fibroblastes du poisson Medaka provoqués par l'action combinée du cadmium et des rayonnements ionisants*. Department of Environmental and Radiological Health Sciences, Colorado State University.
- Fairbothor, A., Wenstel, R., Sappington, K., Wood, W. (2007). *Framework for Metals Risk Assessment, Ecotoxicology and Environmental Safety*. 68 :145–227 p.
- Fergusson, J.E. (1990). *The heavy elements:chemistry, environmental impact and health effets, 1. Pergamon Press, Oxford,614 p.*
- Fouad , S., Hajjami, K., Cohen, N., Chlaida ,M. (2014). *Qualité physicochimiques et contamination métalliques des eaux de l'Oued Hassar : impacte des eaux usées de la localité de Mediouna (Casablanca Maroc)*. Afrique Science 10(1),pp.95-98.
- Frank , K. (1984). *Manuel de l'eau*. Paris: Ed; TEC et DOC.
- Frederic , C. (2011). *Modélisation du comportement des micropolluants dans une station d'épuration. DES, Maître és sciences*., Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec.
- Gaujous, D. (1995). *La pollution des milieux aquatiques*. Aide mémoire, 2ème édition, Tec et Doc Lavoisier , Paris,p. 120.
- Gbombélé, S., Tanina, D.S. N'guessan, M., Oi 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 (Print),1874 p.
- Ghizlane , Z., Belghiti, D., Elkharim ,K., Lakhlifi, M., Chiguer, H. (2010). *Impact de la charge métallique des eaux usées industrielles de la ville de Khémisset sur la qualité d'Oued Khmiss*. Au Maroc, Afrique Science 06 : 92-105 p.
- Girard ,M. (2005). *sols et environnement, cours, exercices et étude des cas*. Edition DUNOD,Paris ,804 p.
- Gomella , C., Guerrée, H. (1978). *Les Eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales: Le Traitement , Eyrolles*.

- Guemmaz, F., Neffar ,S, Chenchouni, H. (2019). *Phiscochemical and bacteriological quality of surface water resources receving common wastewater effluents in drylands of Algeria ; spring nature . Algeria.*
- Guy, L., Elisabeth ,V. *Microbiologie et toxicologie des aliments, hygiène et sécurité alimentaire. Book,pp.267-268.*
- Hannachi, A., Gharzouli, R., Tabet, Y.D. (2014). *Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. Larhyss Journal.pp.51-62.*
- Hansch, R., Mendel , R.R. (2009). *Physiological functions of mineral micronutrients(Cu,Zn,Mn,Fe, Ni,Mo,B,Cl). Current opinion in plant biology,12(3),pp.259-266.*
- Hlavackova, P. (2005). *Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologiques, thèse, Institut National des Sciences de Lyon, Ecole doctorale : chimie de Lyon ,202 p.*
- Honner, V. (2006). *Evaluation de la pollution par les HAP et les métaux lourds en Alsace. Mémoire de Magister en Chimie et Biologie : aspects analytiques,université Louis Pasteur Strasbourg.*
- Hurlbut, J.R., Klein , C. (1982). *Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté, Barcelona,564 p.*
- Huynh , T.M.D. (2009). *Imapacts métaux lourds sur l'interaction plante / ver de terre microflore tellurique. Thèse de Doctorat en écologie microbienne, université Paris Est , Paris,145p.*
- Ibrahima , D. (2017). *Répartition des paramètres physico-chimiques et métalliques des eaux usées de Hann (Dakar) avec le milieu marin. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print),3103 p.*
- INERIS. (2006). *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques , Cobalt et ses dérivés.*
- Johnson, M.D., Kenney, N., Stoica, A., Hilakivi-clarke, L. (2003). *cadmium mimics the in vivo effect of estrogen in the uterus and mammary gland, Nat.Med 9 (8),1081-1084 p.*
- Kadouche , S. (2016). *utilisation des biomatériaux dans le traitement des eau,université mouloud mammri tizi ouzou.*
- Kemmouche, A. (2018). *Extraction et analyse des éléments majeurs et traces contenus dans les poussières prélevées dans l'air amblant à Constantine. Thèse de Doctroat d'état ,université des Fereres Mentour Constantine , Departement de Chimie,13p.*

- Khadraoui, A. (2012). *Qualité des eaux dans le Sud Algérien*. Troisième édition, Office des Publications Universitaires, Algérie , pp. 92 -193.
- Laabassi , A. (2016). *L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à macrophytes*. Thèse de Doctorat d'état ,université Ferhat Abbas ,Sétif 1,p. 107.
- Lachambre , M., Fission , C. (2007). *La contamination chimique : quel risque en estuaire de seine. Fiche substance : Le chrome,pp.2-3*.
- Losi , M.E., Amrhein, C., Frankenberger, W.T. (1994). *Journal Environmental Toxicology and Chemistry,(13):pp. 1727-1735*.
- Mahan , B.H. (1987). *Química. Curso Universitario , Adisson-Wesley , Iberoamérica.Cuarta Edition U.S.A*.
- Martin, S., Gris wold , W. (2009). *Human health effects of heavy metales*. Environmental Science and Technologybriefs for citizens,pp.15 :1-6.
- Meinck, F. (1977). *Les eaux résiduaires industrielles.2ème édition, Edition MASSON,Paris*.
- Metahri, M.S. (2012). *Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitée, par des procédés mixtes.Cas de STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou*. Thèse de doctorat d'état ,université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou ,pp.4-9.
- Miller, S. (2009). *Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Brom, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc, Institute of medicine,Université Mc Gill*.
- Mouissi , S., Alayat, H. (2016). *Utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour la Caractérisation Physico-Chimique des Eaux d'un Ecosystème Aquatique : Cas du Lac Oubéira (Extrême NE Algérien)*. J. Mater. Environ. Sci. 7 (6) (2016) 2214-2220p.
- Mudipali ,A. (2008). *Metals (micro nutrients or toxicants) and global health*. Indian Journal of Medical Research,128(4) ;331-334p.
- Nriagu, J.O. (1996). *A History of Global metal Pollution*. Science, 272(April): 223-224 p.
- Oghenerober, B. A., Gladys, O. O., Tomilola, D.O. (2014). *Heavy Metal Pollutants in Wastewater Effluents : Sources, Effects and Remediation.Vol. 2, No. 4*. Advances in Bioscience and Bioengineering, 37-43 p.
- 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 Tiarret (Algérie):classes de pollution et cartographie* . These de Doctorat d'état ,université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes , pp.15-20.

- Otmani, H. (2018). *Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates*. Thèse de Doctorat d'état , université Badji Mokhtar , Annaba,p7.
- Palai, R. (2006). *Pour comprendre les oligoéléments et leur usage, Guide oligothérapie,p.29*.
- Perraud, R. (2004). *Chimie de l'environnement Air, Eau, Sol. Ed deBoeck. 2e Édition, Université, Bruxelles*.
- Pichard, A. (2006). *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Cobalt et ses dérivés. INERIS,p.15.*
- Pichard, A. (2005). *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Chrome et ses dérivés, INERIS ,p.15*.
- Plumlee , G.S., Ziegler ,T.L. (2003). *The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials. In: B.S. Lollar (Ed.), Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon, Oxford,pp.246/310*.
- Pujol,L. (2016). *Mise au point d'un dispositif électroanalytique intégrant une étape de minéralisation et une étape de détection pour le dosage des métaux lourds*.
- Rejsek, F. (2002). *Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques,Tome I. Edition Scrérén CRDPA quitaine,Bordeaux(France),71-114p*.
- Riether, K.L. (2001). *Développement d'un biocapteur bactérien pour la détection des métaux lourds*. Thèse de doctorat d'état ,université de Paul Verlaine, Metz , p.14.
- Rodier , J., Bzin , C, Brouitn, J.P., Champsaur, H., Rodi , L. (2005). *L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8ème édition, DUNOD, Paris.1383 p*.
- Roubaud , E. (2019). *Technologie électro-microbienne pour le traitement des eaux usées couplé à la récupération d'hydrogène*. Thèse de Doctorat d'état, Université de Toulouse, 28p.
- Ruff , V., Vimbert , B., Mastelli ,G. (2003). *Plan de Protection de l'Atmosphère de l'agglomération strasbourgeoise. ADEUS, Etude n° 1*.
- 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 de Magister ,en sciences de la nature et de la vie,université Mohamed Khider de Biskra , pp.1-14.
- Salghi, R. (2011). *Chimie des eaux*. L'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir,pp.8-9.
- Sedrati , N. (2011). *Origines et caractéristiques physico-chimique des eaux de la Wilaya de Biskra Sud Est Algérien*. Thèse de Magistère en Hydrogéologie,université Badji Mokhtar-Annaba,p.11.

Sinicropi, M.S., Amantea, D., Caruso, A., & Saturnino, C. (2010). *Chemical and biological properties of toxic metals and use of chelating agents for the pharmacological treatment of metal poisoning*, *Archives of Toxicology*.

Soumaoro, I. (2015). *Contribution à l'évaluation de la qualité physicochimique et la contamination métallique des eaux du bassin versant Kebir Rhumel*. Mémoire de Magister en pollution des écosystèmes et ecotoxicologie, université des Frères Mentouri Constantin.

WEISS, D., SHOTYK, W., KEMPF, O. (1999). *Archives of Atmospheric Lead Pollution, NaturWissenschaften*. Mémoire de magister, université de Tlemcen-Algérie.

Zerki, N. (2013). *Apport de la chimométrie pour l'analyse et l'interprétation de quelques paramètres physicochimiques influençant la répartition des métaux lourds des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'Oued de Bouregreg*. Thèse de doctorat d'état, université Mohamed V-Agdal, Rabat, pp.12-36.

Annexes I

Tableau 1. Principaux effets et utilisation des métaux lourds sur la santé (MEINCK, 1977 ; Afnor, 1988 ; WEISS *et al.*, 1999).

Métaux	Forme toxiques	Utilization industrielle	Mode atteinte	Effet sur santé
Plompe	<ul style="list-style-type: none"> • Inorganique (dissous). • Organique (tétra éthyle Pb). 	<ul style="list-style-type: none"> • Accumulateurs, peintures, tôles, manutentions, soudures, imprimerie, miroiterie, cristallerie, céramique, raffinerie pétrole. 	<ul style="list-style-type: none"> • par ingestion de sol ou d'eau poussière contaminés . • par contact avec la peau. • par passage via la barrière placentaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Neurotoxique, responsable de saturnisme, troubles du développement cérébral, perturbations psychologiques et difficultés d'apprentissage scolaire chez les enfants, peut-être cancérigène. • Pertes de mémoire.
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> • Sels Solubles. • Fumées (soudre). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alliage, fils électrique, canalisations, pesticides, photographie, tannerie. 	<ul style="list-style-type: none"> • inhalation. • Ingestion. 	<ul style="list-style-type: none"> • Irritation des muqueuses respiratoires et oculaires, douleurs épigastriques, céphalées, nausées, étourdissements, vomissements, diarrhée, tachycardie, une insuffisance rénale.
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> • Métal et cation 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement de surfaces, accumulateurs, pneumatique, huiles de moteurs, alliages, pigments, cellules photoélectriques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingestion d'aliments Contaminés (céréales et légumes). • Tabac de la cigarette (inhalation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Néphrotoxique, cancérigène avéré, troubles digestifs intenses : nausées, vomissements importants, douleurs abdominales, diarrhées, • Problèmes rénaux.
Chrome	<ul style="list-style-type: none"> • Cr(VI) (très toxique), Cr (III). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sidérurgie, fonderie, tannerie, verrerie, traitement de surfaces, pigment. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalation. • Exposition de la peau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Troubles respiratoires, inflammations des muqueuses, ulcères, cancérigène avéré.
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Sels soluble. 	<ul style="list-style-type: none"> • La galvanisation, alliages, pesticides, pigments, pneumatiques, engrais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalation. • Ingestion. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des fonctions immunitaires chez l'homme ; irritations des muqueuses respiratoire, dermatoses et ulcération de la Muqueuse nasale, fièvre du fondeur.

Annexes II

Tableau 2 : Norme Algérienne de rejet des métaux lourds (Journal officiel de la république algérienne n° 26, 2006).

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

Tableau 3: Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Journal officiel de la république algérienne n° 26, 2006).

Paramètre	Unités	Valeurs limites
Température	C°	30
pH		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
Phosphates	mg/l	10
Aluminium	mg/l	3.0
Cadmium	mg/l	0.2
Cuivre	mg/l	0.5
Plomb	mg/l	0.5
Fer	mg/l	3.0
Chrome	mg/l	0.5
Nickel	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3.0

ملخص

مياه الصرف الصحي بسكرة هي المصدر الرئيسي لتلوث البيئة المائية التي تستقبل كل المياه من منطقة العالية ، والغرض من هذه الدراسة هو تحديد العناصر المعدنية النزرة (Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb, Zn) ، في المنطقة القريبة روبي . لهذا قمنا بأخذ العينات لتحديد المعلمات المعدنية المختلفة للموقع و بعد الدراسات التحليلية. أظهر تحليل ACP وجود ارتباطات إيجابية عالية ومتوسطة بين Cr / Zn ، Cu / Fe ، Pb / Cd ، pH / Fe ، وهناك ارتباط سلبي قوي بين Fe / Co و Fe / Pb. بينما بين تحليل CAH التجانس بين الأشهر يكون مختلف بين مجموعتين (على غرار أبريل يتوافق مع ديسمبر، فبراير، يناير) و (مارس يتوافق مع مايو)، من حيث سلوك وتأثير كل من معادن Cd ، Cr ، Cu على المياه الصرف الصحي. يبين تحليل الوصفي أن تركيز العناصر النزرة في مياه الصرف الصحي في وادي شعب روبي ليس عاملاً مقيداً لإعادة استخدام هذا المياه المستخدمة في الري ، لذلك يجب مراقبة جودة المياه باستمرار.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، المعادن الثقيلة ، تحليل المكونات الرئيسية (ACP) ، التصنيف الهرمي التصاعدي (CAH) ، شعبة روبي .

Résumé

Les eaux usées de Biskra sont la principale source de pollution du milieu aquatique qui reçoit toute l'eau de la zone d'AL-Alia, et le but de cette étude est de déterminer les éléments traces métalliques (**Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb, Zn**), dans la zone polluée par les eaux usées des rejets de Chaâbet Roba. Pour cela nous avons prélevé des échantillons afin de déterminer les différents paramètres minéralogiques du site et après des études analytiques. L'analyse ACP a montré des corrélations positives élevées et moyennes entre Cr/Zn, Cu/Fe, Pb/Cd, pH/Fe, et il existe une forte corrélation négative entre Fe/Co et Fe/Pb. Si l'analyse CAH montre l'homogénéité entre les mois, elle est différente entre deux groupes (similaire à avril à décembre, février, janvier) et (mars à mai), en termes de comportement et d'effet de chacun des minéraux Cd, Cr, Cu, sur les eaux usées. L'analyse de description montre que la concentration en ETM dans les eaux usées de l'oued Chaâbet Roba n'est pas un facteur limitant pour la réutilisation de cette eau en irrigation, la qualité de l'eau doit donc être surveillée en permanence.

Mots clés : Eaux Usées, Métaux lourds, Analyse en Composantes Principales (ACP) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), Chaâbet Roba.

Abstract

The wastewater of Biskra is the main source of pollution of the aquatic environment that receives all the water of the area of Al-Alia, and the purpose of this study is to determine the trace metal elements (**Fe, Co, Cu, Cr, Cd, Pb, Zn**), in the area polluted by wastewater discharges of Chaâbet Roba. For this we took samples to determine the different mineralogical parameters of the site and after analytical studies. The PCA analysis showed high and medium positive correlations between Cr/Zn, Cu/Fe, Pb/Cd, PH/Fe, and there is a strong negative correlation between Fe/Co and Fe/Pb. If the HAC analysis shows homogeneity between two groups (similar to April to December, February, January) and (March to May), in terms of behavior and effect of each of the minerals Cd, Cr, Cu, on wastewater. The analysis description showed that the concentration of TME in wastewater of Chaâbet Roba wadi is not a limiting factor for the reuse of this water in irrigation, the water quality must therefore be monitored continuously.

Key words: Wastewater, Heavy metals, Principal Component Analysis (PCA), Hierarchical Ascending Classification (HAC), Chaâbet Roba.