



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :

**SAHLI Soumia**

Le :

## Thème

**Influence de la température et le pH sur la répartition des métaux lourds dans les eaux usées de la ville de Biskra  
« Chaâbet Roba »**

---

### Jury :

Mr	<b>GUEMMAZ Fateh</b>	MAA	Université de Biskra	<b>Rapporteur</b>
Mme	<b>MEGDOUD Amel</b>	MAA	Université de Biskra	<b>Présidente</b>
Mme	<b>BACHA Bahia</b>	MAA	Université de Biskra	<b>Examinatrice</b>

Année universitaire : 2019-2020

# Remerciement

Au Dieu tous puissant et miséricordieux

A mon encadreur Dr. GUEMAZ Fateh

Pour sa disponibilité, ses orientations et ses idées lumineuses qui nous ont permis d'améliorer ce projet de master

Aux membres de Jury

Nos plus grands respects et remerciements pour avoir examiné ce document et d'évaluer son contenu.

A ceux qui ont contribué de près ou de loin  
à la réalisation de notre recherche

# Sommaire

## Remerciement

<b>Liste des tableaux</b> .....	I
<b>Liste des figures</b> .....	II
<b>Liste des abréviations</b> .....	III
<b>Introduction</b> .....	01

## Première partie : Synthèse bibliographique

### Chapitre 1. L'eau et les principaux polluants métalliques

<b>1. Les ressources en eau en Algérie</b> .....	03
<b>1.1. Les ressources conventionnelles</b> .....	03
1.1.1. Les eaux superficielles .....	03
1.1.2. Les eaux souterraines .....	03
<b>1.2. Les ressources non conventionnelles</b> .....	03
1.2.1. Déminéralisation d'eau saumâtre .....	03
1.2.2. L'épuration .....	04
1.2.3. Le dessalement .....	04
1.2.4. Le transfert des eaux des nappes du Sahara .....	04
1.2.5. Les eaux usées.....	04
<b>2. L'origine des eaux usées</b> .....	05
<b>2.1. Les eaux usées urbaines</b> .....	05
2.1.1. Les eaux usées domestique .....	05
2.1.2. Les eaux pluviales.....	05
<b>2.2. Les eaux usées industrielles</b> .....	05
<b>2.3. Les eaux usées d'origine agricole</b> .....	05
<b>3. Les paramètres métalliques</b> .....	06
<b>3.1. Définition des métaux lourds</b> .....	06
<b>3.2. Les éléments traces</b> .....	06
3.2.1. Arsenic.....	06
3.2.2. Cadmium .....	06
3.2.3. Chrome .....	07

3.2.4. Cobalt .....	07
3.2.5. Cuivre .....	08
3.2.6. Fer.....	08
3.2.7. Mercure .....	09
3.2.8. Plomb.....	09
3.2.9. Zinc.....	09
<b>3.3. Techniques d'élimination des métaux lourds .....</b>	<b>10</b>
3.3.1. Précipitation chimique.....	10
3.3.2. Filtration.....	10
3.3.3. Adsorption.....	10
3.3.4. Extraction liquide-liquide.....	11
3.3.5. Procédés biologiques.....	11

## **Deuxième partie : Partie expérimentale**

### **Chapitre 2. Matériel et méthodes**

<b>1. Cadre d'étude.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Localisation de site de rejet .....</b>	<b>12</b>
<b>3. L'échantillonnage.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Méthodes d'analyses.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Les études physico-chimiques.....</b>	<b>13</b>
4.1.1. Température.....	13
4.1.2. Le PH.....	13
<b>4.2. Les études métalliques .....</b>	<b>13</b>
4.2.1. Les métaux recherchés .....	13
4.2.2. Matériels utilisés .....	14
a. Principe de la méthode de spectrométrie d'absorption atomique à flamme.....	14
b. Appareillage.....	14
<b>4.3. Etude statistique des résultats .....</b>	<b>15</b>

**Chapitre 3. Résultats et discussion**

<b>1. Les analyses physico-chimiques .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Les résultats .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Discussion des résultats .....</b>	<b>16</b>
<b>2. Les analyses des paramètres métalliques .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Les résultats .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Discussion des résultats .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Traitement statistique des résultats.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Traitement des données .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Discussion les résultats d'analyse statistique .....</b>	<b>21</b>

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

**Résumé**

# Liste des tableaux

- Tableau 1.** Teneurs en éléments analysés et celles de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau usée pour les différents mois dans le site de rejet (Chaâbet Roba)..... 20
- Tableau 2.** Matrice de corrélation pour les teneurs en métaux lourds et les paramètres physico-chimiques déterminés dans l'eau usée dans le site de rejet (Chaâbet Roba)..... 21

# Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Le site de Chaabet Roba .....	12
<b>Figure 2.</b> Représentation de la méthode d'échantillonnage.....	13
<b>Figure 3.</b> Spectromètre d'absorption atomique PINAACLE 900T.....	14
<b>Figure 4.</b> Les composants d'un spectromètre d'absorption atomique.....	15
<b>Figure 5.</b> Variation des paramètres physico-chimiques enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.....	16
<b>Figure 6.</b> Variation de différentes concentrations des métaux lourds enregistrés au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.....	18
<b>Figure 7.</b> Représentation graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) des éléments analysés dans l'eau usée de Chaabet Roba.....	23

# Liste des abréviations

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**°C** : Degré Celsius.

**ANAT** : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

**SAAF** : Spectromètre d'absorption atomique à flamme.

**Pb**: Plomb.

**Cu**: Cuivre.

**Co**: Cobalt.

**Zn**: Zinc.

**Cd**: Cadmium.

**Cr**: Chrome.

**Fe** : Fer.

**ACP** : Analyse en Composante Principale.

**IRD** : Institut de Recherche pour le développement.

# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'eau est un partenaire quotidien de l'homme. Utilisée pour satisfaire ses besoins quotidiens de consommation et d'hygiène, elle sert à la boisson, la cuisson des aliments, la production alimentaire et la transformation des produits, l'hygiène corporelle, l'assainissement du cadre de vie, la production d'électricité et l'usage récréatif. Du fait de la croissance démographique, de l'accroissement des besoins pour l'agriculture et l'industrie, du changement des habitudes de consommation, de l'expansion des réseaux d'approvisionnement en eau, des changements climatiques, la demande en eau, dans son ensemble, augmente.

Dans de nombreux pays, la quantité d'eau nécessaire quotidiennement pour la boisson et l'assainissement n'a pas la qualité requise. Plus de 80% des égouts des pays en voie de développement se déversent sans traitement, polluant les rivières, les lacs et les zones côtières.

L'accroissement des activités humaines n'est pas sans conséquences sur l'environnement. Plus de 50 % de la population mondiale vit dans des zones urbaines et cette concentration de l'habitat humain génère des contraintes sur l'assainissement lui-même. Les oueds sont des écosystèmes sensibles et fragiles que l'action humaines perturbent et même parfois même détruisent. Les impacts de ces activités sont souvent très forts et perdurent longtemps. C'est le cas des rejets issus des activités domestiques qui aboutissent dans la plupart des cas dans les cours d'eau, après des traitements de dépollution partielle dans les stations d'épuration.

En Algérie, les eaux usées représenteront un volume très appréciable de près de 2 milliards de m<sup>3</sup>. Les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et 1% de matières solides en suspension, colloïdales et dissoutes.

A Biskra, les eaux usées sont souvent collectées et rejetées dans la nature sans épuration préalable. Ces eaux présentent cependant un risque certain pour la santé publique, et participent en outre à la pollution des nappes superficielles qui engorgent les zones basses des oasis.

L'oued Chaabet Roba Située à l'Est de la ville de Biskra, reçoit toutes les eaux usées de la zone d'EL Alia, il est caractérisé par des eaux domestiques. Les agriculteurs dans cette région font l'intérêt porté à la réutilisation des eaux usées en irrigation.

Les substances polluantes de l'eau sont celles qui la rendent impropre à la consommation ou qui dégradent certaines de ses propriétés, parmi ces polluants, on trouve les métaux lourds qui peuvent être nocifs voire même mortels.

Aujourd'hui, les métaux lourds représentent un groupe d'éléments qui a simultanément un poids économique considérable, mais un potentiel polluant indéniable. Certains métaux et plus particulièrement ceux que l'on regroupe parmi les métaux lourds constituent une préoccupation majeure dans le domaine de l'environnement. Ils sont toxiques même à faible concentration et ont la capacité de s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire. Parmi ces éléments, on peut distinguer les éléments traces comme le chrome (Cr), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le mercure (Hg).

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. En deuxième temps, l'étude de corrélation entre les paramètres physicochimique (la température, pH) et les métaux lourds par le traitement statistique des résultats obtenus par la méthode d'analyse en composantes principales(ACP).

Notre étude comporte donc deux parties :

- La première partie présente une **synthèse bibliographique** qui contient un seul chapitre : des généralités sur les principaux polluants métalliques et leurs toxicités.
- La deuxième partie est consacrée à l'étude **expérimentale**. Le premier chapitre est consacré à la méthodologie de la recherche qui consiste la mise au point de site de rejet, les procédés de prélèvement des échantillons et le matériel nécessaire pour effectuer les analyses. Le deuxième chapitre, présente les résultats obtenus des paramètres physicochimiques et des métaux lourds analysés des eaux usées de l'Oued Chaâbet Roba de la ville de Biskra et la discussion des résultats par une étude statistique pour trouver les corrélations existantes entre les différents éléments analysés.

# **Synthèse**

# **Bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **L'eau et les principaux polluants métalliques**

## **1. Les ressources en eau en Algérie**

En Algérie, la majeure partie du pays (87%) est un désert où les précipitations sont quasi nulles, mais qui recèle d'importantes ressources fossiles d'eaux souterraines. La partie nord du pays est caractérisée son climat méditerranéen, elle dispose de ressources en eau renouvelables, tant pour les eaux de surface que pour les nappes phréatiques. Les 90% des eaux de surfaces sont situées dans la région du tell qui couvre environ 7% du territoire. (PNUD, 2009)

### **2.1. Les ressources conventionnelles**

#### **2.1.1. Les eaux superficielles**

A l'échelle mondiale, la quantité d'eau de toutes les formes (solide, liquide et gaz) est estimée à environ 1.384.120 km<sup>3</sup> dont seulement 359871 km<sup>3</sup> (0,26%) représentant l'eau douce suffisante pour alimenter quelques 20 milliards d'habitants. Mais, malheureusement ces ressources ne sont pas réparties d'une manière égale (Kehal, 2001 ; Kettab et Bennacer, 2008)

L'Algérie est classée parmi les zones semi-arides voire même arides avec une pluviométrie variant de 2000 mm/an dans la bande côtière à moins de 100 mm/an au nord du Sahara. En outre, les ressources en eaux sont très limitées, irrégulières et localisées au nord. (Kettab et Bennacer, 2008)

#### **2.1.2. Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs...) et d'autre part avec les eaux marines en bordure littorale. Elles assurent souvent le débit de base des systèmes d'eaux continentales superficielles et de ce fait influencent leur qualité. (Kaid Rassou, 2009)

### **2.2. Les ressources non conventionnelles**

#### **2.2.1. Déminéralisation d'eau saumâtre**

Le volume des eaux saumâtres mobilisé est estimé à 153,5 Hm<sup>3</sup>/an. Quatorze (14) stations de déminéralisation sont en cours de réalisation. À terme, un volume global journalier de l'ordre de 205560 m<sup>3</sup>/j (75Hman) sera mis à disposition de ces populations pour subvenir à leurs besoins. (MRE, 2014)

### **2.2.2. L'épuration**

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'environnement et non de produire de l'eau potable. (Seggai, 2004)

Pour le moment, l'Algérie qui dispose d'un volume d'eau traite de 560000 mètres cubes consacre 65% de ses ressources hydriques au secteur de l'agriculteur. (MRE, 2012)

### **2.2.3. Le dessalement**

L'Algérie compte en 2013 neuf grandes stations de dessalement en exploitation à même de produire jusqu'à 1,4 millions de m<sup>3</sup> d'eau dessalée par jour. La mise en exploitation de deux autres stations portera la capacité de production totale à 2,1 millions de m<sup>3</sup>/jour. En moyenne, ces stations ont une capacité de production qui se situent entre 100000 et 200000 m<sup>3</sup> par jour. (MRE, 2014)

### **2.2.4. Le transfert des eaux des nappes du Sahara**

Le Sahara regorge d'importantes quantités d'eau stockées en profondeur et héritées de périodes anciennes. Une étude récente de l'IRD et de ses partenaires vient de montrer que ces nappes ne sont pas totalement fossiles, mais sont réalimentées chaque année.

Jusqu'à récemment, les nappes d'eau du système aquifère du Sahara septentrional étaient considérées comme « fossiles », c'est-à-dire non renouvelables, à l'instar du charbon ou du pétrole. Les précipitations dans la région semblaient trop faibles et l'évapotranspiration trop grande pour recharger les nappes profondes. Mais les chercheurs viennent de montrer qu'en réalité, les nappes du système aquifère du Sahara septentrional, de leur nom exact, sont aujourd'hui encore alimentées. (Gonçalves, 2013)

### **2.2.5. Les 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). Une cinquantaine de stations d'épuration traitent un volume total de 4 millions m<sup>3</sup> équivalent pour une population de 2,5 millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20 % de la population raccordée à un réseau d'assainissement et bénéficie du traitement de ses eaux usées. (Hannachi, 2014)

### **3. L'origine des eaux usées**

#### **3.1. Les eaux usées urbaines**

Les eaux usées urbaines sont d'abord formées par un mélange d'eaux usées domestiques et industrielles. Il s'y ajoute une troisième composante formée par les eaux de pluie et les effluents des installations à caractère collectif (hôpitaux, commerces, etc.). (Bountoux, 1993)

##### **3.1.1. Les eaux usées domestique**

Les rejets domestiques contiennent différents produits extrêmement nocifs pour l'environnement, tels que les matières organiques, les solvants, les produits d'entretien du sol, les organismes pathogènes. Les décharges se situent souvent près des cours d'eau, on assiste parfois à un largage direct des rejets dans ce dernier. Les rejets chargés bactériologiquement et surtout chimiquement de substances minérales et organiques peuvent être drainés par ruissellement jusqu'au cours d'eau, causant ainsi sa pollution. (Bahroun, 2011)

##### **3.1.2. Les eaux pluviales**

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

#### **3.2. Les eaux usées industrielles**

Les rejets non épurés des activités industrielles (mines, cimenteries, usines chimiques) sont très polluants à l'échelle locale. Ces rejets sont souvent riches en polluants tels que les métaux lourds (plomb, cadmium), les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les micropolluants organiques. La plupart des rejets ne sont pas biodégradables, ils sont déversés directement dans les cours d'eau et affectent le milieu avec le temps. (Sancey, 2010)

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

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. (Metahri, 2012)

## 4. Les paramètres métalliques

### 4.1. Définition des métaux lourds

Un métal est un élément chimique, ayant un éclat métallique, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques par sa dureté et sa malléabilité, se combinant avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie. On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm<sup>3</sup>. (Hammi, 2010).

Les éléments traces sont les 80 éléments chimiques constituant de la croûte terrestre, dont la concentration est pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1%. Certains des éléments traces sont des métaux (ETM) (Cd, Cr, Zn, Cu, Pb), présents en très faibles quantités dans le sol, l'eau, l'air et les êtres vivants. (Galvez-Cloutier et Lefrançois, 2005)

### 4.2. Les éléments traces

#### 4.2.1. Arsenic (As)

Le principal réservoir d'arsenic dans l'environnement est la lithosphère. La concentration moyenne d'arsenic dans la croûte terrestre est évaluée entre 1,0 et 1,8mg/ kg (Henke, K., 2009). La présence d'arsenic dans les eaux naturelles est dans la majorité des cas d'origine géogène, bien que localement de fortes concentrations en arsenic peuvent être liées à des pollutions industrielles. (Chatterjee et *al.*, 1993)

#### **Toxicité**

Un seuil de toxicité de l'arsenic total chez l'homme est estimé pour une dose de 1 à 2 mg/kg mais par exemple l'exposition au gaz d'arsine à des concentrations équivalent à 250 mg/kg entraîne la mort quasi instantanée. (INERIS, 2000)

L'intoxication par l'arsenic se fait par ingestion d'eau, de nourriture contaminée ou par inhalation de poussières. L'arsenic inorganique (III et V) est plus toxique que les formes organiques. (WHO, 2001)

#### 4.2.2. Cadmium (Cd)

C'est un métal blanc argenté ayant des propriétés physiques proches de celle du Zinc .Il est ductile (résistance à l'étirement), malléable (résistance à l'aplatissement) et résiste à la corrosion atmosphérique, ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux. Les sources naturelles sont assurées essentiellement par les agents atmosphériques et l'érosion terrestre qui libèrent et transportent le Cadmium ainsi que d'autres oligo-éléments dans le milieu marin. (Casas, S., 2005)

- **Toxicité**

Le Cadmium est considéré comme le métal le plus apte à s'accumuler dans les chaînes alimentaires. (Milhaud et *al.*, 1998 )

Le Cadmium est un poison cumulative très toxique qui s'élimine très lentement de l'organisme, sa demi vie biologique est de plusieurs années (>10 ans), il provoque : des effets chez l'homme: des atteintes rénales, troubles digestifs, hypertension artériel, altération osseuses (déformation du squelette).Des effets écologiques : toxicité aigue chez les organismes supérieurs et des algues à partir de 0.1 mg/l, les bactéries y sont moins sensibles, le cadmium se concentre comme le Mercure dans la chaîne trophique. (Gaujous, 1995)

#### **4.2.3. Chrome (Cr)**

Le chrome est un métal d'origine naturelle très répandu dans la croûte terrestre sous forme d'oxydes (Risikesh et *al.*, 2007). Il existe sous deux formes : trivalent ou Cr(III) et hexavalent ou Cr(VI). La majorité du chrome provient de minerais dont le plus important et le plus abondant dans la croûte terrestre est la chromite ferreuse  $FeCr_2O_4$  où il se trouve sous la forme trivalente. La dénomination du nom chrome vient du mot grec « chroma » qui signifie couleur et qui lui a été alors attribué pour la grande diversité des couleurs éclatantes de ses composés. (Vaiopoulou et Gikas, 2012)

- **Toxicité**

Les formes trivalentes (Cr (III)) et hexavalente (Cr(VI)) n'ont pas la même toxicité et agissent différemment sur les organismes. Le chrome (III) est un nutriment essentiel pour l'homme, par contre le chrome (VI) est très toxique et présente divers conséquences sur la santé, sur la faune et la flore (Losi et *al.*, 2005). Les effets néfastes connus du chrome hexavalent sur la santé sont la nécrose du foie, les allergies cutanées et le cancer des poumons (Horitsu et *al.*, 1987; Leonard et Lauwerys, 1980) . Les composés hexavalent du chrome sont absorbés plus facilement que les composés trivalents. Les données chez l'animal suggèrent une absorption pulmonaire de 53 à 85 % et de 5 à 30 % pour les particules inhalables de chrome(VI) et de chrome(III) respectivement. (Otabbong, 1990)

#### **4.2.4. Cobalt (Co)**

Le cobalt est présent dans la nature où il représente environ 0,002 % de la croûte terrestre. Il est souvent associé au nickel, à l'argent, au plomb et au cuivre. Puisque le cobalt est très présent dans l'environnement, son introduction dans le milieu aquatique (via l'atmosphère ou le lessivage des sols) y est aisée : combustion de charbon, exploitation minière, rejets de produits chimiques (Barceloux, 1999 ; Chiffolleau, 2001) Finalement, le

cobalt est considéré comme un élément essentiel au développement normal de la faune et de la flore aquatique. (Chiffolleau, 2001)

- **Toxicité**

Le métal aurait été ainsi nommé par les mineurs qui en éprouvaient la toxicité (de plus, il dévalorisait ou dégradait les autres éléments minés comme le nickel). Sa toxicité peut être double, due à ses propriétés chimiques et/ou radiotoxiques de ses isotopes radioactifs. (Fairbothner et *al.*, 2007)

#### 4.2.5. Cuivre (Cu)

Le Cuivre est métal rouge bleuâtre, ductile et malléable possédant une excellente conductivité électrique et thermique, c'est aussi un oligo-élément essentiel entrant dans la constitution de diverses enzymes.

Le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts constituent les principales sources naturelles d'exposition (site web 1). Les principales sources anthropiques sont l'industrie (métallurgie, traitements des surfaces, galvanoplastie), corrosion des tuyaux. (Gaujous, 1995)

- **Toxicité**

Toxique sur les animaux et les micro-organismes à des doses inférieures au 1 mg/l, diminue l'activité photosynthétique (végétaux marins), provoque une altération des branchies et retarde la ponte chez les poissons. 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. (Casas, 2005)

#### 4.2.6. Fer (Fe)

Le fer est un élément chimique, de symbole Fe 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. Le fer est ferromagnétique : les moments magnétiques des atomes s'alignent sous l'influence d'un champ magnétique extérieur et conservent leur nouvelle orientation après la disparition de ce champ (Gaujous, 1995). Laisse à l'air libre en présence d'humidité, il se corrode en formant de l'hématite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (Mahan, 1987)

- **Toxicité**

Toutefois, l'Organisation Mondiale de la Santé recommande de ne pas dépasser 0.3 g/l, parce que ce n'est pas bon pour les systèmes digestifs. (Hurlbut et Klein, 1982)

#### 4.2.7. Mercure (Hg)

Le mercure est un métal d'apparence gris-argenté qui a la particularité d'être liquide dans des conditions normales de température et de pression. Il possède donc à la fois les propriétés des métaux et des liquides à la température ambiante. Ce sont ces particularités qui expliquent en partie son utilisation dans plusieurs produits commerciaux et procédés industriels ainsi que son comportement dans l'environnement. (O. P. S, 1987)

Le symbole chimique du mercure est Hg (du latin hydrargyrum) et son numéro atomique (Z) est de 80. Il existe 7 isotopes naturels du mercure, le plus abondant étant le  $^{202}\text{Hg}$  à 29,86% suivi du  $^{200}\text{Hg}$  à 23,10%. (Olivier, 2009)

- **Toxicité**

Une fois dans l'organisme, suite à la consommation de poissons ou de fruits de mer contaminés par exemple, le mercure peut passer la barrière hémato-encéphalique et créer des troubles graves et irréversibles. (CRC, 2014).

#### 4.2.8. Plomb (Pb)

Élément chimique métallique de la famille des cristallogènes, de symbole Pb, rarement disponible à l'état natif, le Plomb est très souvent associé au Zinc dans les minerais. Ce métal est dense paradoxal, d'une couleur grise argentée, mou, malléable, flexible et facile à laminier, il se ternit à l'eau, facile à tréfiler tant qu'il est sous forme de gros fils. (Barceloux, 1999)

Le Plomb est majoritairement présent dans le compartiment atmosphérique et provient des fonderies, des industries de la métallurgie, de la combustion du charbon, de l'incinération des déchets et des gaz d'échappement des véhicules. (Maruszczac, 2010)

- **Toxicité**

Le Plomb est l'un des polluants les plus importants à l'heure actuelle du fait de sa non dégradabilité et de son aspect cumulatif dans les milieux naturels et dans les organes. Chez l'homme, le Plomb est un poison cumulatif responsable du saturnisme et il est toxique dans l'organisme sous toute sa forme (ATSDR, 1990). 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)

#### 4.2.9. Zinc (Zn)

Le zinc est un élément chimique, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène (Gaujous, 1995). Les sources naturelles de zinc dans l'environnement sont l'altération de roches (56%), le volcanisme (22%) et la végétation. (Amiard, 1988 ; Lantzy et Kenzie, 1979 ; Phelan, et *al.*, 1982)

Le Zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des êtres vivants, essentiel pour de nombreux métallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires. (Nriagu, 1996)

- **Toxicité**

Le zinc possède également un effet toxique chez les animaux et chez l'homme (Gunnar et *al.*, 2007). A la dose de 150 et 650 mg, Zn est toxique chez l'homme, mais si cette dose descend au-dessous le 6 g, elle est létale (Moore et Ramamoorthy, 1984). Les troubles physiologiques humains causés par ce type d'intoxications dans un cas primaire, vont comprendre des nausées et des troubles du système gastro-intestinal (Emsley, 1991). Enfin, Zn est soupçonné être cancérigène pour l'homme. (Moore et Ramamoorthy, 1984; Emsley, 1991)

### **4.3. Techniques d'élimination des métaux lourds**

#### **4.3.1. Précipitation chimique**

La précipitation chimique est le procédé le plus communément utilisé pour réduire la teneur en métaux lourds des effluents. Bien que la plupart des métaux lourds précipitent complètement après ajustement du pH autour de la neutralité. (Yong et *al.*, 1993)

La précipitation est le passage d'une espèce de l'état dissout à l'état solide. Les métaux peuvent précipiter dans l'eau des pores ou à la surface des particules solides. Dans un milieu naturel, les métaux précipitent principalement sous forme d'hydroxyde, de carbonates, de phosphates ou de sulfures. (Cheballah, 2017)

#### **4.3.2. Filtration**

La filtration est un procédé physique destinée à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le passer à travers un milieu poreux.

La filtration peut être accomplie comme traitement tertiaire d'une eau brute, comme traitement secondaire d'une eau usée ou comme unique traitement si on parle d'une filtration transmembranaire.

Les filtres les plus communs dans les stations traitement d'eau sont les filtres au sable et à l'anthracite. (Deschamps et *al.*, 2006)

#### **4.3.3. Adsorption**

L'adsorption en traitement des eaux, est basée sur la propriété de certains matériaux (adsorbants) à fixer sur leur surface des substances dissoutes (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.). Les adsorbants industriels les plus courants sont les suivants : les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silice, les argiles activées (ou terres décolorantes) et les alumines activées. (Olivier et Pierre, 2010 ; Babel, 2003)

#### **4.3.4. Extraction liquide-liquide**

L'extraction liquide-liquide est une méthode physico-chimique permettant la séparation et la purification d'une ou plusieurs espèces chimiques. Elle est basée sur le transfert sélectif d'un soluté d'une phase aqueuse vers une phase organique composée d'un diluant non miscible à l'eau et d'un composé organique appelé extractant. (Yong et *al.*, 1993)

#### **4.3.5. Procédés biologiques**

Les méthodes biologique de récupération des métaux, appelées biosorption, ont été suggérées comme étant une alternative efficace et économique de traitement des effluents. En fait des résultats forts variables ont été enregistrés avec des bactéries, des levures, des moisissures et des algues pour la rétention de plusieurs métaux lourds (Ag ; Cd ; Co ; Cr ; Hg ; Pb ; Zn ; Ni) le pouvoir de rétention est à peu près le même que la biomasse soit qu'elle est vivante ou morte. (Yaşar Andelib, 2009)

# **Partie**

# **Expérimentale**

# **Chapitre 2**

## **Matériel et méthodes**

La réussite de toute étude est fonction de la méthodologie utilisée et de sa faisabilité. En matière d'analyse des eaux, il est nécessaire de respecter certaines règles générales sans lesquelles les résultats obtenus seraient sans valeurs scientifiques. Ces règles sont :

- Le choix de la méthodologie
- Le bon échantillonnage
- Le bon conditionnement
- La rapidité de l'exécution des analyses

### 1. Cadre d'étude

Notre étude a été menée au niveau de site Chaabet Roba dans la Wilaya de Biskra et sur les paramètres physicochimiques et métalliques dans ce rejet du mois de Janvier 2018 jusqu'en Juin 2018, dont les analyses sont effectuées dans le laboratoire (CRSTRA) Biskra.

Ce rejet est été ciblé parce qu'il est parmi les principaux rejets de la ville de Biskra et utilisés aussi à l'irrigation non autorisée

### 2. Localisation de site de rejet

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



**Figure 1.** Le site de Chaabet Roba (Originale, 2012)



**Figure 2.** Représentation de la méthode d'échantillonnage

### **3. L'échantillonnage**

Nous avons effectués les prélèvements dans des bouteilles en verre colorées de 01 litre remplis puis renfermés dans des conditions aseptiques requises, transportés à froid (4°C) dans des glacières le même jour au laboratoire (CRSTRA) Centre de Recherche Scientifiques et Techniques sur les Régions Arides (Biskra), pour effectuer les analyses.

### **4. Méthodes d'analyses**

#### **4.1. Les études physicochimiques**

##### **4.1.1. Température**

La température des rejets a été mesurée manuellement par un thermomètre à mercure exprimée en (°C).

##### **4.1.2. Le pH**

Nous avons utilisés un pH mètre sans unité.

#### **4.2. Les études métalliques**

##### **4.2.1. Les métaux recherchés**

Les métaux lourds que nous avons basés sur notre travail et qui sont considérés comme des indicateurs de pollution :(Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Fer, Plomb, et Zinc) ont été analysés à l'aide d'un Spectromètre d'absorption atomique à flamme air/acétylène type Perkin-Elmer, modèle PinAAcle 900T couplé à un logiciel WinLab-32, au niveau de Laboratoire (CRSTRA) Biskra.



Spectromètre AA mode flamme et four graphite, avec correction deutérium en mode flamme et correction par effet Zeeman en mode four. Le PinAAcle 900T est la référence en Absorption atomique, il offre des performances exceptionnelles et fiables sur les matrices les plus complexes : échantillons biologiques, toxicologiques ...

**Figure 3.** Spectromètre d'absorption atomique PINAACLE 900T

#### 4.2.2. Matériels utilisés

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. (Kemouche, 2018)

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

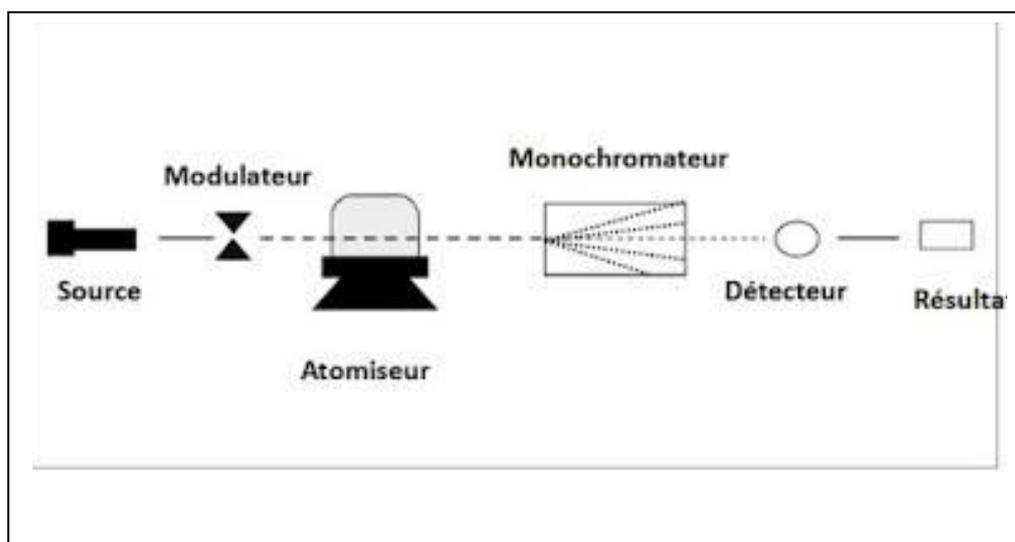
L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. (Bendada et Boulakradeche, 2011)

Le principe en est simple : il s'agit donc d'obtenir des atomes à l'état fondamental, relier l'absorption causée par ces atomes à leur nombre et ensuite ce nombre à leur concentration dans la solution à doser.

##### **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 4.** Les composants d'un spectromètre d'absorption atomique

#### 4.3. Etude statistique des résultats

Nous avons utilisés dans notre travail un traitement statistique ACP (Analyse en Composantes Principales) sur l'ensemble des résultats trouvées dans le but de trouver une relation entre les différents paramètres physicochimiques et les concentrations métalliques et pour mieux évaluer le degré de contamination sur la qualité de l'eau de ce site à l'aide du logiciel SPSS version 26 .

SPSS (ou Statistical Package for the Social Sciences) est un logiciel qui offre de multiples possibilités pour gérer entièrement le processus analytique. Il permet de réaliser aussi bien des tableaux que des diagrammes, des camemberts ou autres éléments de statistiques et de partager les résultats avec d'autres personnes. (site web 2 )

# **Chapitre 3**

## **Résultats et discussion**

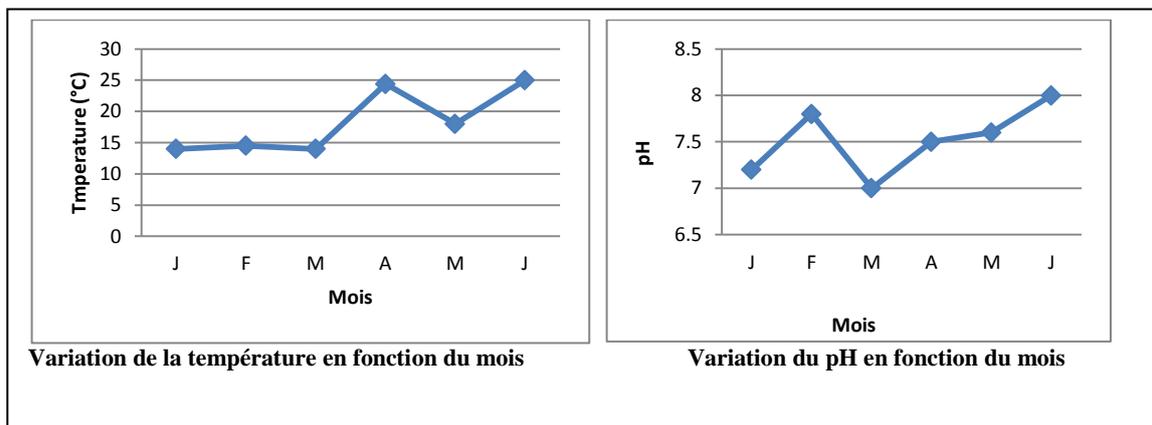
Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents résultats des analyses physico-chimiques et des métaux lourds (Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Fe et Zn) dans notre site de prélèvement ainsi que le traitement statistique des résultats obtenus par la méthode d'analyse en composantes principales.

Les métaux lourds dans le cadre de ce travail, ont été choisis pour leurs utilisations dans les unités industrielles et dans les activités agricoles.

## 1. Les analyses physico-chimiques

### 1.1. Les résultats

La figure 5 représente les valeurs des températures et des pH des eaux usées de site de rejet (Chaabet Roba) de la ville de Biskra à partir du mois de Janvier jusqu'à Juin.



**Figure 5.** Variation des paramètres physico-chimiques enregistrés des eaux usées au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.

### 1.2. Discussion des résultats

- **Le PH**

Le pH renseigne sur l'origine de l'eau, par exemple les eaux de surface ont un pH compris entre 7 et 8. Les eaux souterraines ont un pH situé entre 5,5 et 8. Un pH très basique témoigne d'une évaporation intense.

D'après les résultats qui sont représentés dans la figure 5, nous constatons que le pH obtenu au niveau de ce site est semblable, ne dépasse pas 8 et varier entre 7 et 8 donc un pH plus ou moins basique. Tandis que les valeurs moyennes restent généralement comprises entre 6.5 et 8.5 considérées comme valeurs limites. (JORA, 2006)

- **La température**

A partir des résultats des températures obtenues, nous constatons que les valeurs obtenues au niveau de ce site (Chaâbet Roba) de rejet ne dépassent pas 25°C durant le mois de Mai, tandis que la valeur 30°C est considérée comme valeur limite préconisée par le JORA.

## **2. Les analyses des paramètres métalliques**

Les métaux lourds provenant des apports anthropiques sont présents sous des formes nettement plus réactives et entraînent des risques très supérieurs aux métaux naturels qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes chimiques relativement inertes. (Billen et *al.*, 1995; Prohic et Juracic, 1989; Gibs, 1973)

2.1. Les résultats

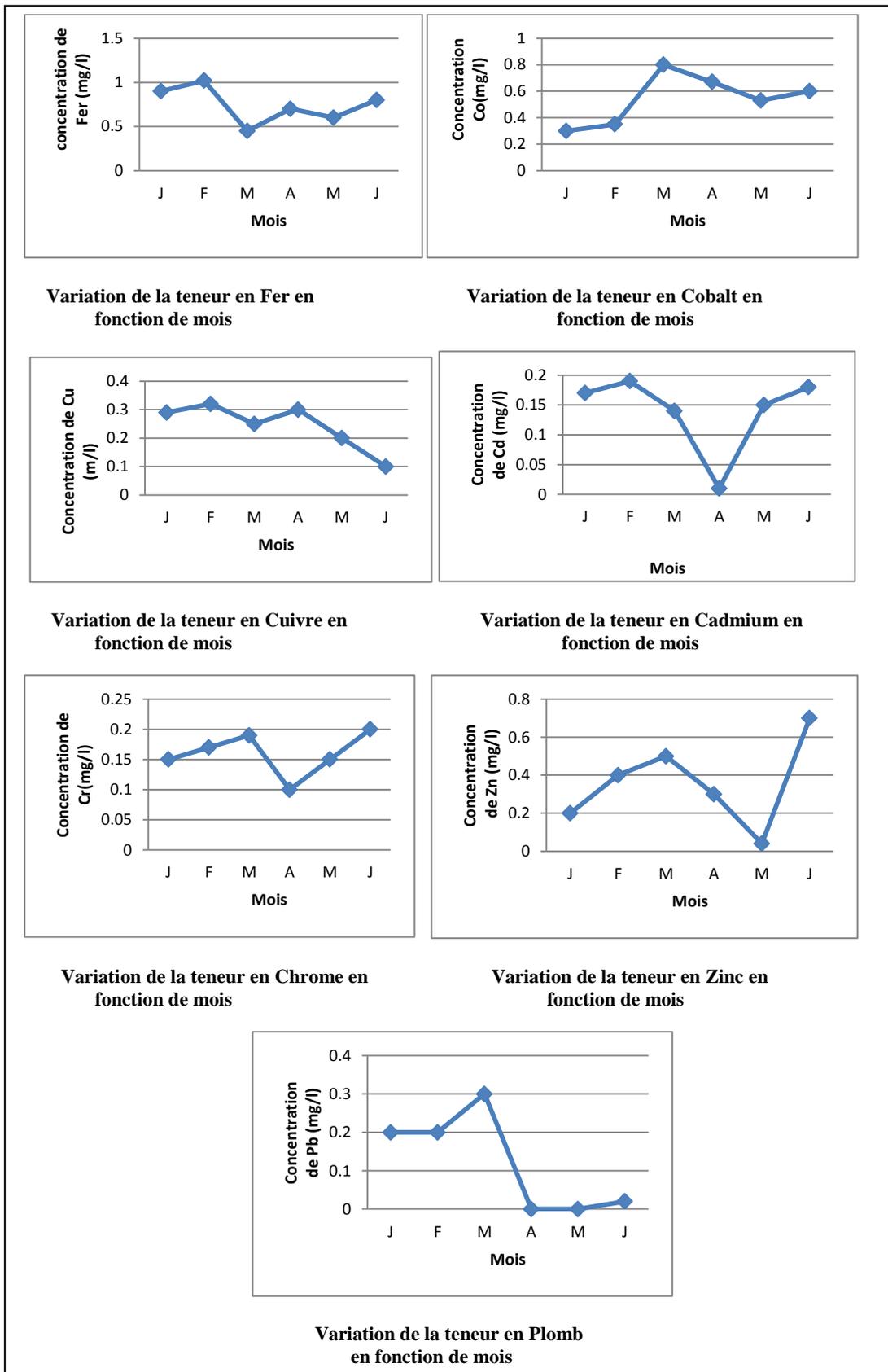


Figure 6. Variation de différentes concentrations des métaux lourds enregistrés au niveau de site de rejet Chaâbet Roba.

## 2.2. Discussion des résultats

D'après les résultats des concentrations des métaux lourds du site de rejet, (Chaâbet Roba) on constate que :

- Les taux de Cadmium représentés par le tableau ne dépassent pas les normes requises (0.2 mg/l). Les valeurs maximales en Cadmium sont très proches 0.19 mg/l 0.18 mg/l en Février et Juin respectivement.
- Les concentrations de Chrome représentés par le tableau ne dépassent pas les normes requises (0.5 mg/l). nous constatons que la valeur maximale 0.2 mg/l est enregistré durant le mois de Juin.
- Les valeurs de concentration de cobalt ont été supérieures en mois Mars et atteint une valeur fortement supérieure 0.8 mg/l. Ces concentrations dépassent les normes requises (0.5 mg/l).
- Les concentrations de Cuivre ne dépasse pas les normes requises (0.5 mg/l). Nous enregistrons que la forte concentration durant le mois de Février (0.32mg/l).
- Les taux de Fer trouvées ne dépassent pas les normes requises (3 mg/l). La forte concentration est enregistrée durant le mois du Février (1.02mg/l).
- Les concentrations de Plomb enregistrées ont été très faibles avec une valeur maximale 0.3 mg/l dans le mois Mars et une valeur minimale 0 mg/l dans les deux mois Avril et Mai.
- D'après les concentrations obtenues, nous constatons que le Zinc ne dépasse pas les normes requises (3 mg/l). sont fortement supérieures en mai par rapport aux autres mois qui sont très faibles. On note une valeur maximale (0.7mg/l) en Juin et une valeur très faibles (0.04 mg/l) en Mai.

Les analyses effectuées sur les eaux usées de la ville de Biskra montrent que ces eaux ont une charge en métaux lourds très faible.

### 3. Traitement statistique des résultats

#### 3.1. Traitement des données

Dans le but d'expliquer le comportement des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques dans le site de prélèvement à partir le mois de Janvier jusqu'au Juin, nous avons utilisé l'analyse des données recueillies en composantes principales (ACP).

L'analyse en composantes principales (ACP) est un outil extrêmement puissant de compression et de synthèse de l'information, très utile lorsque l'on est en présence d'une somme importante de données quantitatives à traiter et interpréter. (Guerrien, 2003)

Dans notre étude, l'application de cette méthode a été réalisée sur 09 variables, qui représentent les concentrations en métaux lourds (Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Fe et Zn) dans des eaux usées du site de rejet (Chaâbet Roba) de la ville de Biskra et les paramètres physico-chimiques (la température de l'eau, le pH).

Sur le (tab. 1), nous avons regroupés les résultats d'analyse chimique de l'eau. Le (tab. 2) représente la matrice de corrélation en analyse en composantes principales (ACP) dans l'eau.

**Tableau 1.** Teneurs en éléments analysés et celles de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau usée pour les différents mois dans le site de rejet (Chaâbet Roba)

Mois	Concentration des métaux lourds							T	pH
	<i>Fe</i> (mg/l)	<i>Co</i> (mg/l)	<i>Cu</i> (mg/l)	<i>Cd</i> (mg/l)	<i>Pb</i> (mg/l)	<i>Zn</i> (mg/l)	<i>Cr</i> (mg/l)		
J	0,9	0,2	0,29	0,17	0,2	0,2	0,15	14	7,2
F	1,02	0,35	0,32	0,19	0,2	0,4	0,17	14,5	7,8
M	0,45	0,8	0,25	0,14	0,3	0,5	0,19	14	7
A	0,7	0,67	0,3	0,01	0	0,3	0,1	24,4	7,5
M	0,6	0,53	0,2	0,15	0	0,04	0,15	18	7,6
J	0,8	0,6	0,1	0,18	0,02	0,7	0,2	25	8

**Tableau 2.** Matrice de corrélation pour les teneurs en métaux lourds et les paramètres physico-chimiques déterminés dans l'eau usée dans le site de rejet (Chaâbet Roba)

	Temperature deau usee	pH	concentration de fer	concentration de cobalt	concentration de cuivre	concentration de cadmium	concentration de plomb	concentration de zinc	concentration de chrome
Temperature deau usee	1,000								
pH	<b>0,586</b>	1,000							
concentration de fer	-0,057	0,513	1,000						
concentration de cobalt	0,401	-0,134	-0,811	1,000					
concentration de cuivre	-0,529	-0,462	0,262	-0,329	1,000				
concentration de plomb	-0,494	0,219	0,365	-0,473	-0,305	1,000			
concentration de plomb	-0,832	-0,632	-0,010	-0,113	0,447	0,391	1,000		
concentration de zinc	0,324	0,299	0,053	0,390	-0,439	0,200	0,181	1,000	
concentration de chrome	-0,237	0,151	-0,035	0,102	-0,558	<b>0,801</b>	0,423	<b>0,642</b>	1,000

### 3.2. Discussion les résultats d'analyse statistique

L'étude de la variation des teneurs des métaux lourds dans l'eau usée de Chaâbet Roba montre que le classement des teneurs maximales du métal total se présente respectivement dans l'ordre suivant :

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

La répartition des métaux dans le site de prélèvement montre que la teneur du fer obtenu (1.02mg/l), est supérieure à celle enregistrée par JORA. La présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines, naturelles par lessivage des terrains argileux ou industriels (la métallurgie).

Afin de déterminer des corrélations entre les teneurs des éléments chimiques analysés, l'ensemble des données analytiques concernant les éléments étudiés a été soumis à une analyse en composantes principales. La matrice de corrélation résultante de cette analyse est reportée dans le (tab. 2).

Cette méthode permet de donner des informations sur les mesures des paramètres physico-chimiques effectués au cours de cette étude et de chercher les corrélations entre les différents paramètres physico-chimiques des eaux usées.

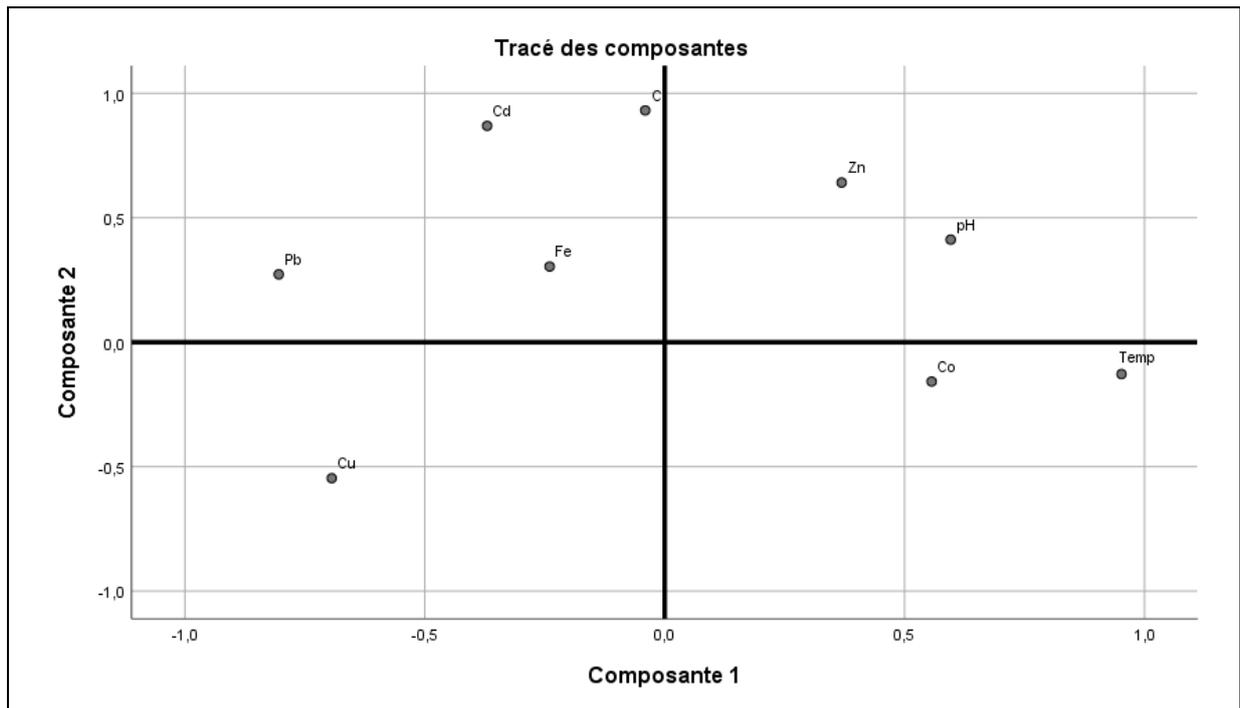
Les résultats de cette analyse mathématique (reportés sur les (tab. 1) et (tab. 2)) nous ont permis de montrer les corrélations existantes entre les différents paramètres physico-chimiques étudiés dans l'oued Chaâbet Roba.

Le (tab. 2) représente la matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques déterminés. D'après les résultats de cette matrice, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Le cadmium (Cd) corrèle positivement seulement avec le chrome (Cr), le coefficient de corrélation est de 0,801. Le zinc (Zn) corrèle avec le chrome (Cr), dont le coefficient de corrélation est 0,642.
- Le pH corrèle avec la température, avec le coefficient de corrélation est 0,586.

La projection de l'ensemble des paramètres sur le plan formé par les deux premières composantes principales (composante 1 et composante 2) est illustrée par la figure 7. Ces deux axes expliquent respectivement 33,691% et 63,809% d'inertie et décrivent bien la plupart des paramètres étudiés.

L'existence d'une corrélation importante entre le chrome et le cadmium montre qu'il existe une grande affinité chimique entre ces deux métaux dans l'eau du site de rejet. Les teneurs en ces deux métaux ne dépassent pas les normes algériennes.



**Figure 7.** Représentation graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) des éléments analysés dans l'eau usée de Chaabet Roba

# **Conclusion**

## Conclusion

La contamination des eaux de surface par les métaux lourds croit de plus en plus avec le temps. Les métaux lourds ne sont pas biodégradables et la pollution de ce milieu est essentiellement liée à l'activité humaine. C'est un problème environnemental majeur et le traitement de ces effluents s'avère de plus en plus capitale et il est nécessaire de développer des techniques pour décontaminer les sites pollués. Les sources de pollution et les méthodes de traitement diffèrent selon la nature et l'origine de l'eau à traiter.

L'analyse des éléments étudiés dans l'eau usée est effectuée à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme, dans le but d'interpréter les données analytiques des éléments analysés et d'extrapoler des informations résultantes et nécessaires sur la pollution de l'oued Chaabet Roba selon les normes algériennes, nous avons utilisé une méthode d'analyse multidimensionnelle statistique, qui est l'analyse en composantes principales normée (ACP).

D'après cette étude, nous avons constaté que les éléments analysés se répartissent en trois groupes. Le premier groupe est formé par le cadmium (Cd) qui dépende fortement avec le chrome (Cr). Le deuxième groupe est représenté par le zinc (Zn) corrèle avec le chrome (Cr). Le troisième groupe est formé par le pH corrèle avec la température.

Nous pouvons conclure que les analyses effectuées sur les eaux usées de la ville de Biskra montrent que ces eaux ont une charge en métaux lourds très faible. Mais l'accumulation de ces éléments traces engendre des problèmes à long terme pour ca le choie de mise en place une station d'épuration des eaux usées, en vue d'un recyclage de ces eaux au niveau de zone El-Mesdour est parfait.

Enfin, l'étude d'autres facteurs est indispensable pour la caractérisation, la modélisation et l'optimisation des paramètres physicochimiques environnementales, pour augmenter le niveau de confiance des résultats obtenus

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- Amiard J.E. 1988.** Réflexions sur l'estimation des flux des éléments traces dans les organismes aquatiques. J. Rech. Océanog : p36
- ATSDR, 1990.** Agency for toxic substances and disease registry – toxicological profiles for copper, deposition of health and human services, public health services atlanta Gasus.
- Babel S. 2003.** Tonni Agustiono Kurniawan. Journal of Hazardous Materials, (B97) 219-243.
- Bahroun S., Kherici Bousnoubra H. 2011.** Évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles cas de la région d'El Tarf (nord-est algérien). Larhyss Journal, 9, 171-178.
- Barceloux D.G. 1999.** Clinical Toxicology, 37(2) 173-194
- 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.
- Billen G., Degardin P., Even S., Thomas W. 1995.** Analyse et modélisation des systèmes fluviaux anthropisés, Intercomparaison des modèles kalito, monet et prose CNRS, PIREN-Seine.
- Bountoux J. 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson) qualité et santé .2eme édition, CEBEDOC éditeur, Paris, 167p
- Casas S. 2005.** Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg,Cd,Pb,Cu et Zn) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* en milieu méditerranéen .Thèse doctorat en biologie ENV MAR. Université sud Toulon ,314P.
- Chatterjee A., Das D., Chakraborti D. 1993.** A study of ground water contamination by arsenic in the residential area of Behala, Calcutta due to industrial pollution. Environmental Pollution 80 (1), 57-65.
- Cheballah K. 2017.** Récupération du chrome hexavalent par de nouveaux procédés chimiques. Thèse doctorat LMD en chimie. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou. Algerie.
- Chiffolleau J.C. 2001.** La contamination métallique, région haute Normandie, (Programme Scientifique Seine-Aval) IFREMER 8 : 39p.

- CRC. 2014.** Handbook of Chemistry and Physics. 95th edition, 2014-2015. In CRCnetBASE. Properties of the Elements and Inorganic Compounds. <http://www.hbcponline.com.ezproxy.usherbrooke.ca/> (Page consultée le 30 octobre 2014).
- Deschamps T., Benzaazoua M., Bussiere B., Belem T., Mbonimpa M. 2006.** Mécanismes de rétention des métaux lourds en phase solide : cas de la stabilisation des sols contaminés et des déchets industriels.
- Emsley J. 1991.** The elements. Oxford University Press-Clarendon Press, New York, 264 pp.
- Fairboth A., Wenstel R., Sappington K., Wood W. 2007.** Framework for Metals Risk Assessment, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 68 145–227
- Galvez-Cloutier R., Lefrancois P.J. 2005.** Les sols contaminés par des métaux lourds : distribution géochimique et techniques de restauration. *Vecteur environnement*. 38 (3), 30-38.
- Gaujous D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire, 2ème édition, Tec & Doc Lavoisier. Paris. pp. 17-18.198-199, 62, 64, 65.
- Gibs R.J. 1973.** Mechanisms of trace metal transport in rivers. *Science*. 180, 71-73.
- Gonçalves J., Petersen J., Deschamps P., Hamelin, B., Baba-Sy O. 2013.** Quantifying the modern recharge of the “fossil” Sahara aquifers, *Geophysical Research Letters*, VOL. 40, 1–6. doi:10.1002/grl.50478.
- Guerrien M. 2003.** L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales, *Cahiers des Amériques latines* [En ligne], 43 | 2003, mis en ligne le 10 août 2017, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/cal/7364> ; DOI : 10.4000/cal.7364
- Gunnar F., Bruce A., Nodberf F.W., Friberg L. 2007 .** Handbook on the toxicologie of metals. 3eme edition. AcademicPress, 25 juin 2007. 1024 p. ISBN: 978-0123694133
- Hammi H. 2010.** La pollution des eaux par les métaux lourds. Les IIIème Olympiades Tunisiennes de Chimie. 31 P.
- Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli T.Y. 2014.** Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*. 19, 51-62.
- Henke K. 2009.** Arsenic: environmental chemistry, health threats and waste treatment. John Wiley & Sons, West Sussex (UK).
- Horitsu H., Futo S., Miyazawa Y., Ogai S., Kawai K. 1987.** *Agric. Biol. Chern*, 51 (9) 2417-2420.

- Hurlbut J.C.S., Klein C. 1982.** Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté, Barcelona, 564 pp.
- INERIS. 2000.** Fiche de données toxicologiques, environnementales des substances chimiques : Arsenic. (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques), 53 p.
- JORA. 2006.** (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) N° 26. Décrets N° 06-141, pp. 5
- Kaid Rassou K. 2009.** Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Semlalia – Marrakech. Maroc
- Kehal S. 2001.** Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Désaliénation. 136, 35-42
- Kemmouche A. 2018.** Extraction et analyse des éléments majeurs et traces contenus dans les poussières prélevées dans l'air ambiant à Constantine. Thèse de doctorat Université des frères MENTOURI Constantine.
- Kettab A., Mitiche R., Bennacar N. 2008.** De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. Revue des Sciences de l'Eau. 21(2), 247-256.
- Lantzy R.J., MC Kenzie F.T. 1979.** Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43: 511-523
- Leonard A., Lauwerys R.R. 1980.** Hazard Assessment of Chemicals, Volume 7. 1990-340.
- Losi M.E., Amrhein C., Frankenberger W.T. 1994.** *Journal Environmental Toxicology and Chemistry*, (13) 1727-1735.
- Mahan B.H. 1987.** Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A.
- Maruszczak N. 2010.** Étude du transfert du mercure et du méthylmercure dans les écosystèmes lacustres alpins. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, Grenoble, France, 202 p.
- Metahri M.S. 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la Step Est de la ville de Tizi-Ouzou.
- Milhaud G., Vassal L., Federspiel B., Delacoroix Buchet A., Mehennaoui S., Charles E., Enriquez B., Colf-Clauw M. 1998.** Devenir du cadmium du lait de brebis dans la crème et les caillés présure ou lactique. *LeLait* 78 689-698.
- Moore J.W., Ramamoorthy S. 1984.** *Metals in Water, Sediment and Soil Systems.* Springer-Verlag, New York, 125 pp.
- MRE. 2012.** Ministère de ressource humaine.

**MRE. 2014.** Ministère de ressource humaine.

**Nriagu J.O. 1996.** A History of Global metal Pollution. Science, 272(April): 223-224.

**Olivier M. 2009.** Chimie de l'environnement, 6ème édition, Québec, Les productions Jacques Bernier, 368 p.

**Olivier J., Pierre C. 2010.** Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un Écobilan .2<sup>ème</sup> Édition, 302 p.

**O. P. S. 1987.** Guías para la Calidad del Agua Potable. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Publicación científica 506. Organización Panamericana de la Salud, Washington, 350 pp.

**Otabbong E. 1990.** Plant and Soil, (123)89-93.

**PNUD. 2009.** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. 07 Mars. Rapport Algérie ONU.

**Saggai M.M. 2004.** Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mémoire de Magistère. Université Ouargla.64p.

**Sancey B., Morin-Crini N., Lucas L.F., Degiorgi F., Minary J.F., Badot P.M., Crini G. 2010.** La bioadsorption sur amidon réticulé pour enlever des métaux des effluents industriels. Revue des Sciences de l'Eau. 23 (3), 275-287.

**Site web 1.** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cobalt>

**Site web 2.** Source: <https://spss.fr.jaleco.com/>

**Phelan J.M., Finnegan D.L., Ballantin D.S., Zoller W.H., Hart M.A., Moyers J. 1982.** Airborne aerosols measurements in the quiescent plume of Mount St. Helen in September, 1980. Journal of Geophysics Research, 90(1093-1096).

**Prohic E., Juracic M. 1989.** Metals in sediments: problems concerning determination of the anthropogenic influence study in the Kara River estuary, eastern Adriatic Coast, Yugoslavia. Environ. Geol. Wat. Sci., 13(2), 145-151.

**Risikesh T., Sharma G.D., Dwivedi B.S., Khatik S.K. 2007.** Journal of Industrial Pollution Control, 23 (2) 209-215.

**Vaiopoulou E., Gikas P. 2012.** A review Water Research, (46) 549-570.

**WHO. 2001.** Arsenic in Drinking Water. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 224, Genève, 1-521 pp.

**Yaşar Andelib A. 2009.** Chemical Engineering Journal, (151)188-194.

**Yong R.N., Mohamed A.M.O., Warkentin B.P. 1993.** Principles of Contaminant Transport in Soils. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 327 pp.

## ملخص

إن وجود مستويات عالية من المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي يعني مشاكل بيئية. تمكنا في دراستنا من ملاحظة تأثير درجة الحرارة ودرجة الحموضة على توزيع بعض المعادن الثقيلة في موقع تصريف بلدة بسكرة (شعبة روبا). باستخدام ACP لتأكيد هذه التفاعلات. يعد التقييم المستمر لجودة مياه الصرف أمرًا ضروريًا ، وقد تكون المعالجة لتقليل الحمل المعدني والقضاء على المشاكل ضرورية عن طريق تركيب محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

**الكلمات المفتاحية:** المعادن الثقيلة ، مياه الصرف الصحي ، المعايير الفيزيائية والكيميائية. درجة الحرارة، درجة الحموضة، شعبة روبا.

## Résumé

La présence des teneurs élevés des métaux lourds dans les eaux usées implique des problèmes environnementaux. Dans notre étude nous avons pu constater l'influence de la température et le pH sur la répartition de quelques métaux lourds au niveau de site de rejet de la ville de Biskra (Chaabet Roba). En utilisant l'ACP afin de confirmer ces interactions. L'évaluation continue de la qualité des eaux usées est impérative, un traitement pour réduire la charge métallique et éliminer les problèmes s'avérer nécessaire en installant une station d'épuration.

**Mots clés :** métaux lourds, eaux usées, paramètres physico-chimiques, pH, températures, Chaabet Roba.

## Abstract

The presence of high levels of heavy metals in wastewater implies environmental problems. In our study we were able to observe the influence of temperature and pH on the distribution of some heavy metals at the discharge site of the city of Biskra (Chaabet Roba). Used PCA to confirm these interactions. Continuous assessment of wastewater quality is imperative, treatment to reduce metal loading and eliminate problems is needed by installing a sewage treatment plant.

**Key words:** heavy metals, wastewater, physicochemical parameters, pH, temperatures, Chaabet Roba.