



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

Référence...../.....

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Biochimie

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :

Baaisa fatma zohra et Redjough samah

Charge métallique dans les eaux usées de chaâbet

Roba

Jury :

M. **GUEMAZ Fateh**

MAA Université Biskra

Rapporteur

Année universitaire: 2018 - 2019

Remerciements

D'abord je tiens à remercier sincèrement et tout puissant ALLAH qui m'aide et me donne la santé, la patience et le courage durant ces longues années d'étude et la force pour finir ce travail. J'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur Monsieur Guemaz Fateh, son suivi, son encouragement, son orientation et son disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également les membres du Jury pour avoir accepté d'évaluer et de juger ce modeste travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants du département de SNV, afin de nous aider dans notre parcours d'étude, tout au long de ces années. Et une mention spéciale de Monsieur Bacha Amine pour leurs aides dans la partie statistique, Et une mention spéciale à toutes les personnes de laboratoire du CRSTRA.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis qui m'ont toujours encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicace

À ma chère mère,

*Qui m'a énormément poussé et encouragé, de me supporter tout au long de nos
Années d'étude, je ne pourrai jamais la remercier pour son aide et sa
Patience, toute ma reconnaissance et tout mon amour.*

À mon cher père,

*Qui a le droit de recevoir mes chaleureux remerciements pour le
courage et le sacrifice et qui m'a fournir tous les moyens
nécessaires pour réaliser ce modeste travail*

mes chers frères Mohamed fathi ,Nasr-allah

mes chères sœurs Ferial ,Hadjer

*ma personne chérie dans ma vie mon mari est Zaidi Ikhlaf , qui a toujours
été présent pour m'encourager et m'aider particulièrement*

Dans les moments difficiles.

À toute ma famille : oncles, tantes, cousins et cousines.

*Je ne saurai terminer sans citer ma chère amie Hayat ,Rahma
,khadidja ,samah*

À tous les étudiants de BIOLOGIE, promotion 2019.

Je dédie ce travail

****Fatma zohra****

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

À mon très chère père Said,

Qu'Allah ait pitié son âme.

Pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que atteindre ce succès dont je rêvais.

À ma très chère mère Lahlali salima,

qui me donne toujours l'espoir de vivre, de me supporter tout au long de nos années d'étude. Tous les mots ne pourraient témoigner de ma gratitude, aussi je te dédie cette mémoire comme fruit de ton dévouement et l'expression de mon profond amour.

À mon mari et mon amour Abba khmissi,

qui croit en mes capacités et mon succès, Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, le courage et le sacrifice, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré.

Mes enfants Abdennor, Safia, Maria

mes chers frères Souhaib, Abdsatar, Mosaab, Moàad, Nasr Allah, Madani

Mes chères sœurs Asmae et Noorelyakin

À toute ma famille : oncles, tantes, cousins et cousines

Je ne saurai terminer sans citer ma chère amie Fatma zohra, Khadidja, Yasmin, Aldjia.

À tous les étudiants de BIOLOGIE, promotion 2019

Je dédie ce travail

****Samah****

Liste des figures

Figure 2.1. Situation de la Wilaya de Biskra dans la carte de l'Algérie (A.N.I.R.E.F, 2013).....	12
Figure 2.2. Limites administratives de la wilaya de Biskra (Anonyme, 2007).....	13
Figure 2.3. Localisation des différentes industries de la ville de biskra (BOUCHHAM, 2008).....	16
Figure 2.4. Localisation du site de rejet d'eaux usées de (ChaâbetRoba).....	19
Figure 2.5. Spectromètre d'absorption atomique à flamme (FAAS) (original).....	22
Figure 3.6. Teneur en Fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	26
Figure 3.7. Teneur en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	27
Figure 3.8. Teneur en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	28
Figure 3.9. Teneur en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	29
Figure 3.10. Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	30
Figure 3.11. Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Chaâbet Roba)).....	31
Figure 3.12. Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba).....	32
Figure 3.13. Histogramme des valeurs propres paramètre physicochimique et métallique	34
Figure 3.14. Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l'axe F1 et F2 des paramètres physicochimiques et métallique.....	35

Liste des abréviations

PH : Potentiel Hydrogène.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

FTU: FormazineTurbidity Unit.

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

°C : degré Celsius.

MES : Matières En Suspension.

MO : Matière Organique.

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

ENICAB : Entreprise Nationale des Industries des Câbles Biskra.

TIFIB : Tissage Finissage Biskra.

Hab : Habitant.

ANAT : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

ELATEX : Entreprise spécialisée dans les industries textiles lainières.

FAAS : 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.

F1 : facteur 1.

F2 : facteur 2.

Min : Minimum.

Max : Maximum.

Moy : Moyenne.

Introduction générale

La qualité de l'eau est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien-être des écosystèmes et de l'homme tels que la santé d'une communauté. La pollution de l'eau est un problème environnemental très grave qui est toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif les êtres vivants la consommant. Dans les pays développés et ceux en voie de développement, la qualité de cet élément vital est en détérioration à cause des déchets des industries chimiques déversés dans la nature.

Parmi les matières qui représentent un risque potentiel pour la nature, figure les métaux lourds, qui sont des micropolluants de nature à entraîner des nuisances même lorsqu'ils sont rejetés en quantités très faibles, car leur toxicité se développe par bioaccumulation. (Ferhat, 2012).

En Algérie les eaux usées présentant un risque certain pour la santé publique.

Dans la ville de Biskra la variation des précipitations et les coûts élevées associées à l'utilisation des engrais, amènent les agricultures à utiliser les eaux usées en irrigation (palmier dattier, tomates...). Ces eaux riches en matières organiques, des matières en suspension (MES) et des polluants métalliques qui peuvent s'accumuler dans l'eau (Mouaki, 2008).

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. Les sources anthropogènes, il y a les effluents d'extractions minières, industriels, domestiques et ruissellements orageux urbains, Activités pétrochimique et les sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles, cependant, l'industrie reste responsable de la quasi-totalité des rejets de métaux, sous leurs différentes formes dans l'eau. Les métaux qui se trouvent dans les eaux usées sont en général le Cu, As, Zn, Pb, Cd, Al, Co, Mn, Ni, Ag, Cr, etc. (Ferhat, 2012).

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 44.73 hm³/an dont la Ville seule évacue 12.44 hm³/an effluents.

Dans notre travail nous avons réalisé deux parties :

La première partie concerne la partie bibliographique et la deuxième partie s'articule sur l'expérimentation.

La partie bibliographique répartie en un seul chapitre:

Chapitre 1 : qui s'intéresse à l'étude d'eau polluée, traite les paramètres physico-chimique des eaux usées et aux différents polluants métalliques et ses caractéristiques, qui nous permettra d'évaluer leurs toxicités sur la santé et sur l'environnement.

La partie expérimentale traitera deux chapitres:

Chapitre 2: La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale. Le premier chapitre est consacré à faire ressortir les caractéristiques climatiques de Biskra notre région d'étude ; et la mise au point de site de rejet, les procédés de prélèvement des échantillons et le matériel nécessaire pour effectuer les analyses.

Chapitre 3: ce chapitre présente les résultats obtenus après les analyses des éléments traces des eaux usées du principale site de rejet de la ville de Biskra (Chaâbet Roba) et interpréter les résultats obtenus par une étude statistique pour confirmant les corrélations existantes entre les différents éléments. Nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

L'objectif

L'objectif de ce travail est d'étudier la contamination des eaux usées par les métaux lourds du site de rejet (Chaâbet Roba) de la ville de Biskra, voir les corrélations entre les différents métaux confirme par une étude statistique et déterminer les éléments présentant un risque pour la santé.

1.1. Définition des eaux usées

Une eau usée toute eau soumit à une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologique (Metahri, 2012), sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (Rejsek, 2002).

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels (Grosclaude, 1999).

1.2. Origines des eaux usées

Les activités humaines produisent une grande variété de déchets, dont beaucoup sont entraînés par l'eau, qui doit alors être traitée avant d'être rejetée dans le milieu. L'eau chargée de convoyer ces déchets est qualifiée d'eau usée. Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources (Olanrewaju et al., 2004)

1.2.1. Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines: Urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension (Abibsi, 2011).

1.2.2. Origine industrielle

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi-industrielles (de lavage et graissage, station d'essences etc...), qui sont caractérisés par (une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution (Khadraoui et Talab, 2008).

1.2.3. Origine pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation (Franck, 2002). Elles peuvent constituer la cause de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumée industrielles), puis en ruissellent, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles des vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds) (Ezziane, 2007).

1.2.4. Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine Agricole (Grosclaude , 1999).

1.3. Caractéristiques des eaux usées

1.3.1. Les paramètres physiques

1.3.1.1. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle –ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz , dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier et *al.*, 2005).

1.3.1.2. Matières en suspension

Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (Gaid, 1984).

1.3.2. Paramètres Organoleptiques

1.3.2.1. La Turbidité

Selon Rejsek (2002), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Une eau turbide est une eau trouble (FTU > 50). Cet aspect trouble correspond à la présence de matières en suspension dans l'eau (Bordet, 2007) (Voir tableau 1.1).

Tableau 1.1. Classes de turbidité usuelles (Norme NF EN 278888-ISO 7888).

NTU < 5 Eau Claire	NTU < 5 Eau Claire
5 < NTU < 30 Eau légèrement trouble	5 < NTU < 30 Eau légèrement trouble
NTU > 50 Eau trouble	NTU > 50 Eau trouble

1.3.2.2. La couleur

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'onde courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement (Rejesk, 2002).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (Rodier et *al.*, 2005).

1.3.3. Paramètres Chimiques

1.3.3.1. Le PH

Le pH représente la concentration des ions hydrogènes dans une solution. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (Nambatingar, 2011). Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (Rodier, 1996).

1.3.3.2. La Conductivité électrique

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle est reliée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. La conductivité varie en fonction de la présence d'ions, de leur concentration, de leur mobilité et de la température de l'échantillon (Nambatingar, 2011) (Voir le tableau 1.2).

Tableau 1.2. Classification des eaux d'après leur conductivité (Norme NF EN278888-ISO 7888).

50 à 400 μ S/cm qualité excellente	50 à 400 μ S/cm qualité excellente
400 à 750 bonnes qualités	400 à 750 bonnes qualités
750 à 1500 qualités médiocres mais eau utilisable	750 à 1500 qualités médiocres mais eau utilisable
> 1500 minéralisation excessive	> 1500 minéralisation excessive

1.3.3.3. L'Oxygène Dissous

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

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l (Rejsek, 2002).

a. Demande chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existants dans l'eau la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau quelle que soit leur origine organique ou minérale (Rejsek, 2002).

b. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Cette valeur est la quantité d'oxygène (donnée en mg/l, g/l ou autre) que des bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂ des substances organiques dans l'eau en temps donné, à l'aide de leur système enzymatique. La DBO est une mesure de la teneur dans l'eau en substances biochimiquement dégradables ; plus la quantité en composés biochimiquement oxydables est important, plus la valeur de la DBO élevés.

Cette méthode d'analyse de la pollution correspond à la quantité d'oxygène nécessaire, pendant 5 jours, aux MO (bactéries) contenus dans l'eau pour oxyder une partie des matières carbonées. Cette mesure permet une certaine évaluation des nuisances provoquées par le rejet de matières organiques biodégradables en mesurant une consommation d'oxygène (Bliefert et Perraud, 2001).

▪ Relation entre la DBO5 et la DCO et l'oxydabilité

Le rapport DCO/DBO5 détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique (Moll, 2005).

La valeur du rapport DCO/DBO5 d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité :

- DCO/DBO5 ~ 1  bonne biodégradabilité.
- DCO/DBO5 ~ 1,5 à 2,0  biodégradabilité moyenne.
- DCO/DBO5 ~ 3,4 à 4,0  biodégradabilité faible (Ouali, 2001).

1.4. Principaux polluants métalliques

1.4.1. Définition des métaux lourds

Les métaux lourds sont des constituants naturels dans les roches et dans les gisements minéraux. Ainsi, normalement ces éléments sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces, moins de 0.1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants (Alloway et Ayres, 1997 ; Callender, 2003). Elles sont des corps simples caractérisés par leur bonne conductivité de la chaleur et de l'électricité et leur pouvoir de refléter la lumière sans la modifier (réflexion métallique) (Le Coarer, 2003).

On parle généralement de métaux lourds pour les éléments métalliques naturels, caractérisés par une densité élevée, supérieure à 5kg / dm³ (Andrés *et al.*, 2007) ; parmi les quel son peut citer : le vanadium (V) , le chrome (Cr) , le manganèse (Mn) , le mercure (Hg), le molybdène (Mo), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le fer (Fr), le cobalt (Co), le nickel (Ni), le cuivre (Cu) , le zinc (Zn) , le cadmium (Cd) et le platine (Pt).

1.4.2. Source de contamination

La pollution métallique en milieu aquatique peut résulter de processus dits naturels (érosion et volcans) ou provenir des différentes activités anthropiques (transport, industrie, agriculture) (Habi, 2010).

1.4.3. 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 trouve en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre, du Zinc et du fer (Huynh, 2009).

b. Les métaux toxiques

Ont un polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb et du cadmium (Huynh, 2009).

1.4.4. Toxicités des métaux lourds

La toxicité d'un métal dépend de sa spéciation (forme chimique) et la façon dont il est absorbé (ingestion, inhalation ...), le type d'organisme (plante, animal...), l'état de développement de l'organisme et la sensibilité des organes. La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à : leur non- dégradable, leur toxicité à faible concentration, leur accumulation dans les organismes vivants le long des chaînes alimentaires (Bensaha, 2010).

1.5. Impact sur l'environnement

a. Contamination des sols

Le sol est un support de nombreuses activités humaines (industrialisation, urbanisation, agriculture), comparativement à l'air et à l'eau, le sol est le milieu qui reçoit les plus grandes quantités d'éléments en traces produites par les activités industrielles et constitue un lieu réceptacle des métaux lourds. Deux principaux types de pollution anthropiques sont responsables de l'augmentation des flux de métaux : la pollution atmosphérique (rejets industriels) et la pollution liée aux activités agricoles (Ghali, 2008).

b. Contamination de l'air

Plusieurs activités industrielle, en particulier la production d'énergie, la circulation de véhicules, le traitement des déchets solides ont apporté une augmentation significative des teneurs en polluants dans l'atmosphère. Cet apport vient s'ajouter aux apports d'origine naturelle, provenant de sources majeures, la poussière générée par le vent, les volcans la végétation. Les sources anthropogéniques incluent celles résultant des processus de combustion des ressources minérales à haute température comme les pétroles, les centrales électriques, les usines des engrais. Les métaux lourds font partie de ces éléments qui circulent dans l'atmosphère et en particulier le Pb et le Cd (Nakhle , 2005).

c. contamination de l'eau

L'eau peut être polluée par des éléments chimiques. On distingue parmi les éléments chimiques ceux qui ont un effet néfaste à des concentrations de l'ordre de quelques milligramme par litre les micropolluants (la matière organique en suspension) proviennent principalement des rejets urbains (les égouts) et de l'agriculture. Les micropolluants (les métaux lourds) sont toxiques à des concentrations beaucoup plus faibles proviennent de l'agriculture, de l'industrie, des ménages et du trafic automobile (produits de combustion) (Henaut , 2011).

1.6. Impact sur l'homme

Les polluants peuvent atteindre l'homme par passage à travers la peau, ingestion (diffusion par gradient de concentration jusqu'à la circulation sanguine) ou par inhalation, les vapeurs peuvent se dissoudre dans les muqueuses de système respiratoire ou arriver dans la circulation sanguine par l'intermédiaire des alvéoles pulmonaires, le plomb et le cadmium peuvent prendre la place du calcium et de la vitamine D en cas de carence (Di Benedetto, 1997).

1.7. Omniprésence de quelque métal lourd

1.7. 1. Plomb (Pb)

Élément métallique de numéro atomique $Z= 82$ et de masse atomique 207 g/mol, dont de le corps simple est un métal (Ramade , 1998). Le plomb est un des principaux polluants métallique de l'atmosphère, il n'y en a que 0.0018% dans la croûte terrestre (Bliefert et *al.*, 2004).

L'intoxication aiguë au Plomb se manifeste différemment selon qu'elle survient chez l'enfant ou chez l'adulte. Chez l'enfant, l'intoxication aiguë au Plomb est caractérisée par l'anorexie, les vomissements et les troubles de comportement (Homan *et al.*, 1993), alors que chez l'adulte elle se manifeste cliniquement par un goût métallique, des douleurs abdominales. Plusieurs organes et systèmes sont susceptibles d'être affectés à la suite d'une exposition prolongée à de Plomb ; parmi ceux-ci, on retrouve le système nerveux, les reins de même que le système gastro-intestinal et reproducteur (CEPA, 1997).

1.7.2. Cuivre (Cu)

Élément de numéro $Z=29$ et de masse atomique 63.546 g/mol. C'est un métal rougeâtre, malléable et ductile. Il est présent dans la nature sous forme de minerais de Cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés (Arris, 2008). Le cuivre est un métal très courant car il est utilisé dans de nombreuses applications industrielles et dans la vie courante (Atteia, 2005).

Une contamination au Cuivre peut provoquer un état proche de la grippe que l'on appelle la fièvre du fondeur. Cet état disparaît après deux jours (Hebert *et al.*, 1993). Une exposition au Cuivre provoque une irritation au nez, à la bouche et aux yeux et peut provoquer des maux de tête, des maux d'estomac, des vertiges, des vomissements et des diarrhées (Arris, 2008).

Une sensibilisation accrue à la toxicité du Cuivre est observée chez les enfants âgés de moins de 1 an. Le foie peut aussi être touché et développer des insuffisances hépatiques. Par voie cutanée, le Cuivre et ses sels induisent une dermatite de contact allergique (Lachambre *et al.*, 2007).

1.7.3. Chrome (Cr)

Le chrome est un métal blanc, brillant, dur et cassant, de numéro atomique $Z=24$, de masse atomique 51,996 g/mol (Alzieu, 1999). Il est naturellement présent dans la croûte terrestre et principalement sous forme de chromite (FeCr_2O_4) (Lachambre *et al.*, 2007). L'ingestion des sels de chrome entraîne des lésions caustiques du tube digestif accompagnées dans les intoxications graves de nécroses hépatiques et rénales (Catilina, 2009). Les manifestations toxiques du chrome sont généralement attribuées aux dérivés hexavalents.

Après solubilisation, le chrome et ses dérivés peuvent avoir un effet sensibilisant qui se manifeste par de l'asthme ou des dermatites. 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). Les principaux cancers attribués au Chrome et à des dérivés proviennent d'une exposition par inhalation (Lachambre et *al.*, 2007).

1.7.4. Cobalt (Co)

Élément métallique de numéro atomique $Z=27$, de masse atomique 58,399 g/mol (Martinez et *al.*, 2008). Le cobalt est un métal gris, brillant et ferromagnétique. Il ne réagit ni avec l'eau, ni avec l'air à température ambiante. Les intoxications aiguës ne sont pas décrites chez l'homme et notamment par inhalation (Atsdr, 2001).

Toutefois, un cas d'un enfant de 6 ans ayant absorbé accidentellement une boisson contenant 2.5 g de chlorure de Cobalt a été rapportée. Cet enfant a présenté des nausées et vomissements et 7 heures après le taux de Cobalt sérique était de 434 $\mu\text{g/l}$, il a développé une neutropénie transitoire mais a guéri sans séquelles (Mucklow et *al.*, 1990). Les effets sur le système respiratoire d'une exposition chronique professionnelle par inhalation sont multiples. Il est observé une irritation respiratoire, une respiration bruyante, de l'asthme et une fibrose pour des niveaux d'exposition de 0.007 à 0.893 mg de Cobalt/ m^3 et des durées d'exposition de 2 à 17 ans (Antilla et *al.*, 1986 ; Nemery et *al.*, 1992 ; Zanelli et *al.*, 1994).

1.7.5. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal blanc-bleuâtre, mou et très malléable, il est insoluble dans l'eau et les solvants organiques usuels. L'ingestion accidentelle de sels minéraux de Cadmium est rapidement suivie de troubles digestifs intenses : nausées, vomissements importants, douleurs abdominales, diarrhées, l'effet émétisant puissant peut être observé après une dose unique de 10 mg de Cadmium. A doses élevées, les pertes digestives sont responsables d'un trouble hydroélectriques et de troubles hémodynamiques qui associés à un effet toxique direct du cadmium sur les tubules rénaux, conduisant à une insuffisance rénale (Inrs, 1997). L'exposition chronique au Cadmium, par inhalation ou ingestion, se traduit par des désordres sévères au niveau des reins, des poumons et d'hypertension artérielle (Nomiya, 1998), une perturbation des organes reproducteurs et un dysfonctionnement du foie (Aoun, 2009).

2. 1.Présentation de la zone d'étude

2.1.1. La situation géographique et administrative

D'une superficie de 21.671.2 km², la wilaya de Biskra est limitée au nord par la Wilaya de Batna, au Nord-Ouest par la Wilaya de M'sila au Nord-Est par la Wilaya de Khenchla, au sud par la Wilaya d'El oued et au Sud-Ouest par la Wilaya de Djelfa (Rouahna, 2007) (Fig.2.1). Biskra se localise dans les coordonnées géographiques 34°48' Nord et 05°44' Est.



Figure 2.1. Situation de la Wilaya de Biskra dans la carte de l'Algérie (A.N.I.R.E.F, 2013).

Actuellement, la wilaya compte 12 Dairates et 33 communes. Biskra en forme de cuvette, est limité au Nord par l'Atlas et plus exactement par les Djebels Boughezel, Mellaga et au Sud par Djebel, Delouet, elle est traversée par deux oueds, oued Biskra et oued Châabet Roba respectivement à l'Est de la ville. La topographie diminue au Nord au Sud avec une altitude de 111 m au centre de la ville (Boufedda *et al.*, 2010).

Limites administratives

Ils sont comme suite :

Au nord les villes d'El-Outaya et de Branis.

Au l'Est les villes de Chetma et de Sidi Okba.

A l'Ouest la ville d'El-Hadjeb.

Au Sud la ville d'Oumache

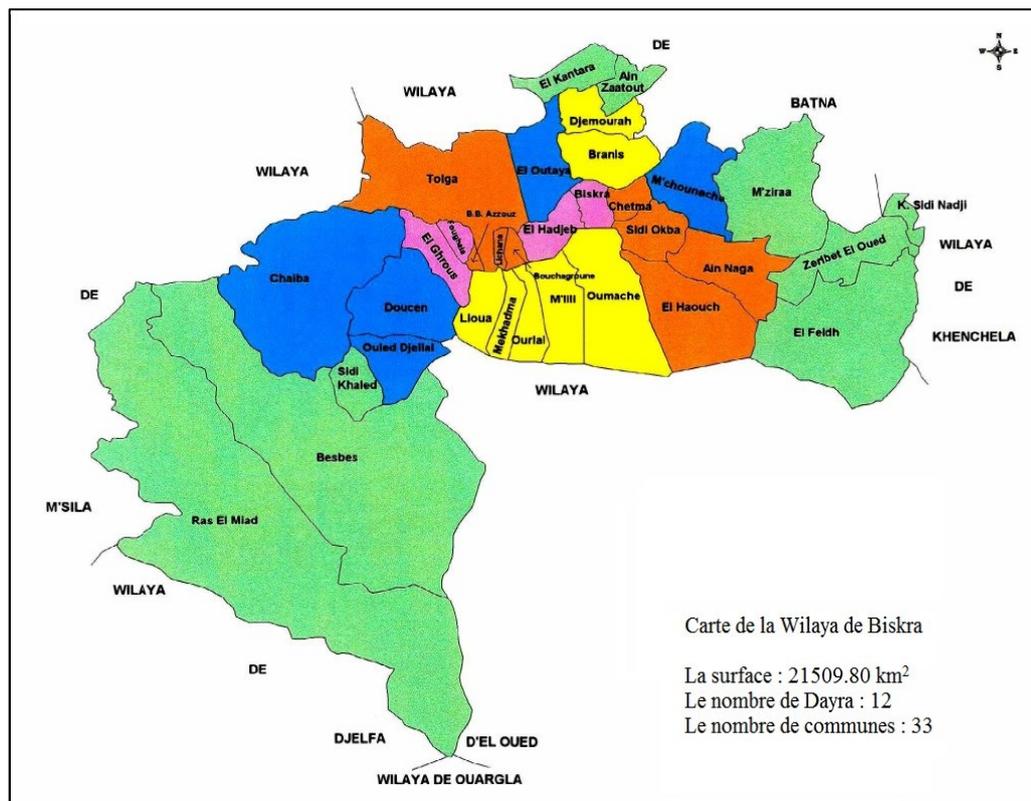


Figure 2.2. Limites administratives de la wilaya de Biskra (Anonyme, 2007).

2.1.2. Climatologie

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques tels que la température, le vent, les précipitations...etc., qui caractérisent l'état et l'évolution de l'atmosphère en un lieu déterminé à un temps défini. Il est déterminé à partir de l'étude des paramètres météorologiques (la température, les précipitations, taux d'humidité) (Boudjllal, 2009).

Alors pour définir le climat de la région d'étude nous avons exploité les résultats climatiques de la station météorologique Aéroport de Biskra portées sur une période 2018.

2.1.2.1. La Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2002). Ces organismes vivant peuvent échapper, en partie, aux conditions thermiques défavorables en cherchant divers microclimats dans leur milieu ou dans d'autres milieux. Les fluctuations thermiques brusques peuvent être létales pour les individus des stades jeunes (Leclant, 1970).

Nous avons noté dans le tableau 2.3 les résultats des températures moyennes, minimale, et maximale de la région de Biskra durant la période 2018

Tableau 2.3.Températures moyennes, des minimales, des maximale de la région de Biskra durant la période 2018.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
TM	11.3	15.7	19.1	21.7	28.3	32.1	35	34.3	28.9	21.4	16.4	12.5
TN	6.4	9.9	12.8	15.6	21.9	25.6	28.2	27.7	22.3	16.7	10.7	7.2
TX	16.2	21.6	25.4	27.8	34.6	38.5	41.8	40.9	34.3	28.9	21.8	17.5

Durant l'année 2018 les mois les plus chauds sont ceux de Juillet et août une température moyenne de 35 C° et le mois le plus froid est celui de janvier avec une température moyenne de 11.3 C°

La température maximale la plus élevée est notée durant les mois de juillet et août avec 41.8 C° alors que la température minimale la plus basse est notée durant le mois janvier avec 6.4C.

2.1.2.2. Les précipitations

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (Ramade, 2002).

Nous avons repris dans le tableau 2.4 les résultats des précipitations mensuelles de la région de Biskra durant la période 2018

Tableau 2.4. Précipitations mensuelles (en mm) de la région de Biskra durant la période 2018.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
P(mm)	1	0	5	13	0	2	1	0	9	10	0	4	45

Durant l'année 2018, le total des précipitations noté à Biskra est de 45mm. Le mois le plus arrosé est celui d'avril avec 13 mm Selon Farhi (2014), le cumul des précipitations annuelles moyen durant 22 années (1988 à 2009) est de 133 mm/an

2.1.2.3. L'humidité relative

Selon Ramade (2002), c'est le rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air et la masse théorique de vapeur d'eau que peut renfermer l'atmosphère à saturation compte tenu de la température et de la pression barométrique existante.

2.1.3. La population

La ville de Biskra a connu une croissance démographique très importante après l'indépendance, ce qui influé sur la consommation de son espace d'une manière incontrôlée et difficilement d'être maitrisable.

Les données statistiques exhaustives du recensement de la population et de l'habitat 2012 la wilaya de Biskra, sont :

La population de la croissance annuelle est de 2.05% ;

La densité populaire est de 34 hab /km² ;

Le nombre total de la population atteint 722270 habitants (DPAT, 2008)

2.1.4. Principales industries

La wilaya dispose d'un tissu industriel diversifié avec 7 institutions du secteur public et 60 établissements privé ainsi que 26 mines utilisés.

La production du secteur de l'industrie concerne les matériaux de construction de bâtiment, la meunerie, l'industrie agro-alimentaire, la broderie, le tissage, l'artisanat, le bois, le papier et l'imprimerie.

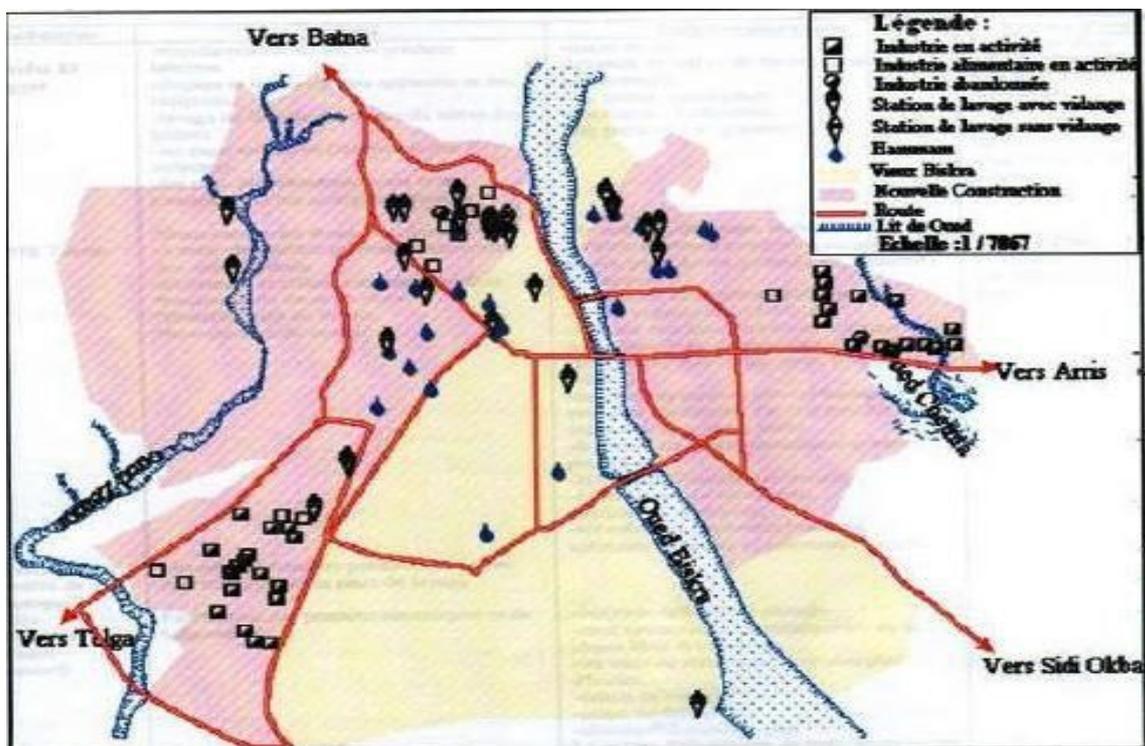


Figure 2.3. Localisation des différentes industries de la ville de Biskra (Bouchham, 2008).

Les tissus industriels

Le tissu industriel de la ville de Biskra est dominé par les deux grands complexes industriels (ENICAB et la 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&Djellal

Abattoirs (générateurs de pollution organique)

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

Les données recueillis auprès 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 totales soit 3850 m³/jour, et l'UNICAB avec environ 4 soit 170 m³/jour /jour, ainsi que les même débits de 4% pour les autres unités implantées dans la zone industrielle.

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. Ces eaux usées non traitées sont rejetées directement dans les oueds de la région (Z'mour, Djedi et ses effluents) (Khadraoui, 2012).

Tableau 2.5. Evolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

Année	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Besoin industrie (Hm3 /an)	0.90	0.96	1.14	1.23	1.31	1.40	1.50	1.56	1.66

2.1.5. Caractéristiques du réseau d'assainissement

Tableau 2.6. Représentation du réseau d'assainissement de la ville de Biskra (Direction de l'hydraulique de Biskra, 2015).

Réseau	Caractéristiques
Centre-ville	Le damier est assaini par le système du collecteur ovoïde, repris en buse à proximité de l'hôtel des Ziban pour se jeter sur un terrain agricole situé à M'cide et Oued Biskra.
Zone Sud	Est drainé par des collecteurs pour se jeter à Oued Biskra.
Zone Ouest	Cette zone était initialement dotée d'un système d'assainissement séparatif eaux usées/eaux pluviales, mais depuis l'urbanisation intensive et l'extension de cette zone Ouest, une partie des eaux usées est drainée dans le dalot du système eaux pluviales. Le rejet final s'effectue sur des terres agricoles dans la commune d'El Hadjeb (lieu d'implantation de la future décharge), située au Nord-Ouest de Sidi Ghazel à proximité d'Oued Z'mour.
Zone Industrielle	Les eaux pluviales sont collectées dans les canaux ouverts. Les eaux usées sont drainées dans des conduits et le rejet s'effectue sur des terres agricoles Nord-Ouest de Sidi Ghazel.
Zone Est et El Alia	Sont dotées de collecteurs, le rejet s'effectue dans la nature alors qu'initialement ces eaux étaient destinées vers Oued Biskra.
Zone des parcs	Les eaux usées de cette zone s'effectuent dans la nature (prévu initialement vers Oued Biskra).
Feliache	Assainie par des collecteurs, le rejet s'effectue vers Oued Biskra.

2.2. 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.

Il n'existe aucune station d'épuration des eaux usées urbaines, elles sont déversées dans les oueds pour la plupart des agglomérations (Direction d'Hydraulique de Biskra, 2015). Au niveau de la ville de Biskra, il existe 04 émissaires drainant effluents vers les oueds :

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).

2.2.1. 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 $\Phi=1200\text{mm}$.

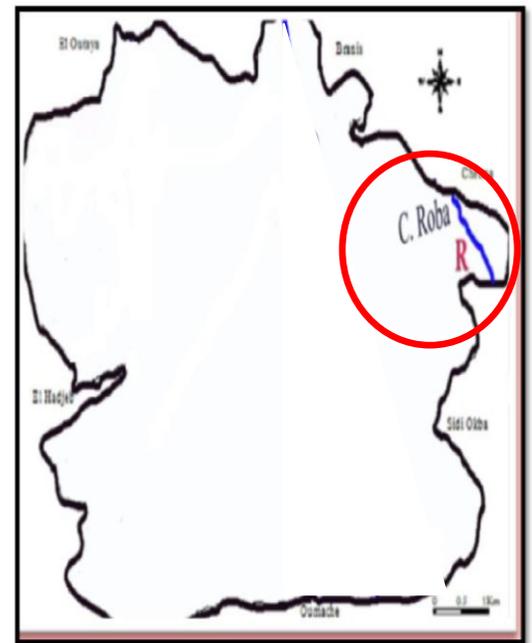
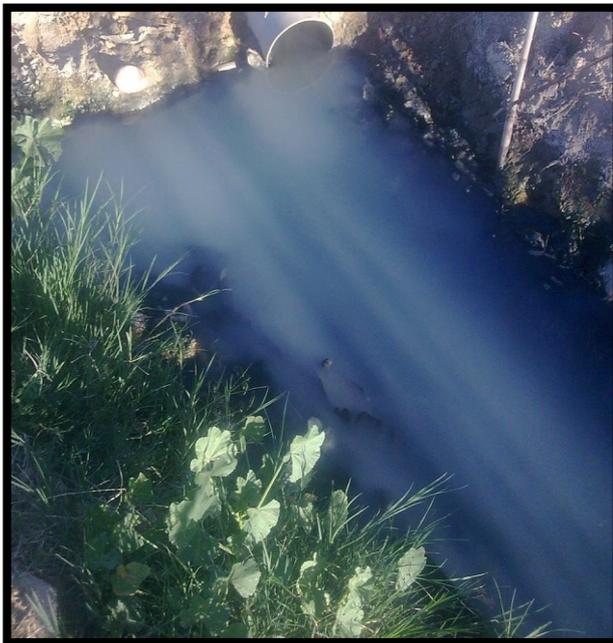


Figure 2.4. Localisation du site de rejet d'eaux usées de (Chaâbet Roba)

2.3. Type et période de travail

Dans le but de déterminer les analyses physico-chimiques et métalliques, nous avons réalisé

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

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides/ Biskra.

Ce travail a été réalisé au niveau de la ville de Biskra sur les paramètres physico-chimiques et métalliques dans le site de rejet Chaâbet Roba pour une durée du mois de Décembre 2018 jusqu'en Mai 2019.

2.4. L'échantillonnage

Le prélèvement d'eaux usées a été effectué (Chaâbet Roba) sans aucune précaution particulière, sans addition d'agent de conservation dans des bouteilles en verre colorées de 01 litre remplis puis renfermés, protégés de la lumière par un Chatterton noir et transportés dans des caisses iso thermiques à température ambiante de 4°C jusqu'à leurs arrivés au laboratoire (CRSTRA) Centre de Recherche et Technique sur les Régions Arides / Biskra où ils sont soumis à une analyse immédiate.

2.5. Prélèvement

Nous avons effectué un prélèvement pour l'analyse métallique du site. Nous avons utilisé des petits seaux stériles munis d'un cordon. Au moment du prélèvement, on introduit le petit seau dans le rejet en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite, on retire le seau rempli d'eau. On détache le cordon et on garde le contenu dans des bouteilles en verre colorées de 01 litre puis renfermé dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse métallique.

2.6. Transport

Après le prélèvement, le flacon doit être lisiblement étiqueté et envoyé sans retard au laboratoire, accompagné d'une note portant tous les renseignements nécessaires.

2.7. Lieux de réalisation des analyses

- ✚ Les analyses physico-chimiques sont effectuées in site
- ✚ Les analyses métalliques réalisées au niveau de laboratoire de **CRSTRA**.

2.8. Les méthodes d'analyse

2.8.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

- **Température** : la mesure est prise avec le thermomètre l'unité est le degré de Celsius.
- **Conductivité** : mesurée en micro-siemens par cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) avec un conductimètre.
- **pH** : la mesure est faite avec un pH mètre sans unité.

2.8.2. Analyse des paramètres métalliques

2.8.2.1. Préparation d'échantillon

Un échantillon destiné aux analyses des éléments traces métalliques est immédiatement filtré le maximum par des papiers filtres (filtré plusieurs fois jusqu'à obtenir une eau non trouble).

2.8.2.2. Dosage des éléments traces métalliques

Le dosage des éléments traces est effectué par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme du type Perkin Elmer, modèle PinAAcle 900T (Figure 2.5) couplé avec un logiciel WinLab 32. Pour établir les courbes d'étalonnage, des gammes d'étalonnage sont préparées, à partir des solutions mères (à 1 g/l) des différents métaux. Des solutions filles (à 10 mg/l) sont préparées en diluant 100 fois la solution mère. À partir de cette solution intermédiaire, on prépare les gammes d'étalonnage pour chaque élément à des concentrations convenables en utilisant la loi de dilution.

Lors le dosage des métaux lourds on doit utiliser que l'eau bidistillé. De préférable d'utiliser les fioles à 100 ml et l'agitation est réalisé par un agitateur ou à la main pour l'homogénéisation des solutions à doser.



Figure 2.5. Spectromètre d'absorption atomique à flamme (FAAS) (Photo original)

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

L'absorption atomique est un processus produit lorsqu'un atome à l'état fondamental (pas d'excitation d'électrons) passe à l'état excité par l'absorption d'un rayonnement (produit par une lampe à cathode creuse contenant l'élément à doser) qui correspond à longueur d'onde spécifique à chaque élément. De plus, les résultats s'affichent sur l'écran d'ordinateur (voir figure 2.5 à gauche) sous forme des graphiques, des valeurs des absorbances, des concentrations de la gamme d'étalonnage et des échantillons (Traore, 2007).

2.8.3. Analyse statistique des résultats

Dans le premier lieu, différents graphiques sont réalisés afin de mieux visualiser les mesures et les analyses effectuées et par conséquent les commenter clairement. Les teneurs en métaux lourds et en paramètres physicochimiques dans le site sont comparées aux concentrations de références déterminées à travers des normes Algériennes.

Dans le deuxième lieu, dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physicochimiques et métalliques et pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité de l'eau de l'Oued, un traitement statistique ACP (analyse en composante principale) a été appliqué à l'ensemble des résultats physicochimiques et métalliques (Lakhili, 2015), à l'aide du logiciel XLSTAT version 7.5.2 (ancienne)

XLSTAT est un logiciel d'analyse des données statistiques pour Microsoft Excel. Le développement de XLSTAT est depuis le début piloté par Thierry Fahmy. Ce logiciel est disponible sur Internet depuis 1996 (Anonyme 2, 2016).

Dans notre discussion deux aspects ont été ciblés :

Le premier aspect

Se base sur l'analyse descriptive des résultats d'analyse physico-chimiques (Température, conductivité, pH) et métalliques (Fe, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Cu). En traçant les différentes courbes pour la comparaison entre nos résultats et les normes Algériennes.

Le deuxième aspect

S'intéresse à l'application d'une étude statistique pour l'évaluation de la qualité des eaux usées et la confirmation des résultats obtenus. Les tableaux ci-dessous apportent les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques et métalliques étudiés durant six mois (Décembre 2018-Mai 2019).

3.1. Résultats d'analyses des paramètres physicochimiques des sites de rejets

Tableau 3.7. Les résultats d'analyse des paramètres physicochimiques de sites de rejets (Chaâbet Roba).

Paramètres	Mois					
	D	J	F	M	A	M
PH	7,2	7,8	7	7,5	7,6	8
Température(°C)	14	14,5	14	24,4	24	25
Conductivité (µs/cm)	2950	2750	2290	2480	1280	5200

3.1.1. Température

D'après les résultats obtenus (Tableau 3.7) : Nous constatons que les valeurs de température obtenues au niveau de site de rejet varient entre 14 et 25°C. La distribution des teneurs de site de rejet est semblable.

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de l'eau ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Belghiti et *al.*, 2013).

Nous constatons que les valeurs de la température dans le site de rejet varient en parallèle, elles ne dépassent pas la norme recommandée 30°C. Ces résultats obtenus sont similaires à ceux signalés par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc).

3.1.2. Conductivité

D'après les résultats obtenus (Tableau 3.7) : Nous constatons que les valeurs de conductivité électrique observées varient entre 5200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 2950 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La distribution des teneurs de site de rejet est semblable. La conductivité permet de déterminer la capacité de l'eau à conduire l'électricité. En effet, elle permet de juger la quantité de sels dissous dans l'eau et de vérifier l'existence de pollution dans l'eau (Heriarivony et *al.*, 2015).

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique dans les sites de rejets Chaâbet Roba dépassent fortement la norme recommandée [2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$]. Donc, ils sont caractérisés par une très forte minéralisation. Celle-ci présente également de fortes teneurs en éléments traces métalliques (Ahoussi et *al.*, 2012) au niveau de site de rejet Chaâbet Roba. Nos résultats de conductivité concordent avec ceux signalés par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc).

3.1.3. PH

D'après les résultats obtenus (Tableau 3.7) : Nous constatons que les valeurs de pH observées varient entre 7 à 8 au niveau de site (Chaâbet Roba). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Saggai et *al.*, 2015). Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux (Derwiche et *al.*, 2010).

Nous résultats révèlent que les valeurs de pH de site de rejet sont pratiquement neutres et ne dépasse pas la norme recommandée 6.5-8.5 .Ces résultats sont similaires à ceux reporté par Mateche et *al.* (2014), au niveau d'Oued Merzeg (Maroc).

Selon Metahri (2012), l'influence du pH se fait également ressentir le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions de métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité dans la solution dans leur toxicité.

3.2. Résultats d'analyse des paramètres métalliques des sites de rejets

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.

3.2.1. Teneur en Fer (Fe)

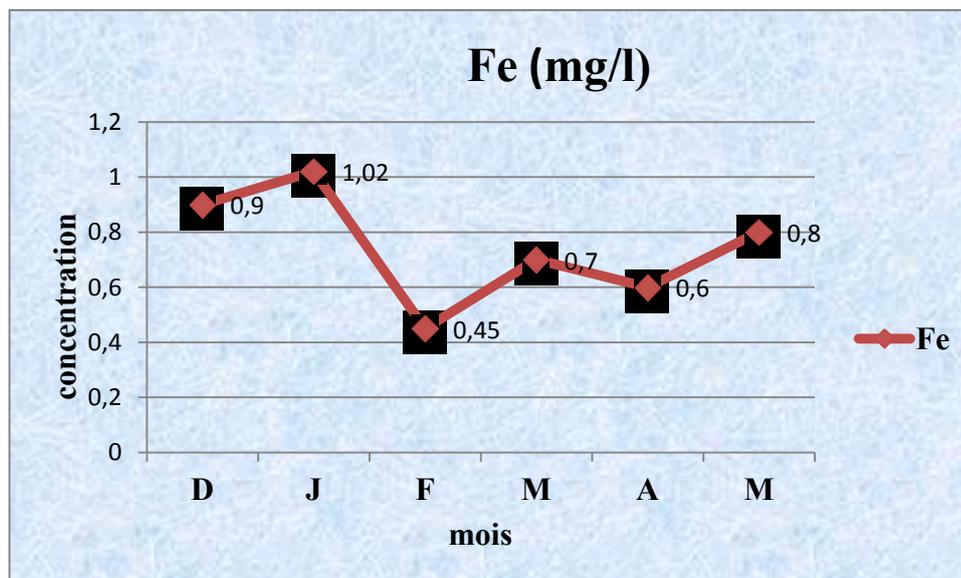


Figure 3.6. Teneur en Fer dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après la courbe obtenue à partir des résultats des concentrations du site de rejet de la ville de Biskra, (Chaâbet Roba) on constate que les concentrations en Fer mesurées ne dépassent pas les normes qui sont fixé à 3 mg/l (Annexe I). La forte teneur en ce métal enregistrée au niveau du mois janvier (1.02 mg/l).

Selon Debieche (2002), la présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelles par lessivage des terrains argileux ou industriels (la métallurgie). Les résultats obtenus (1.02 mg/l), sont supérieurs à ceux enregistrés par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'oued Hassar (Maroc). Cette différence s'expliquait par l'importance de la charge en Fe dans les eaux d'Oued issu essentiellement des activités industrielles à Biskra.

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 «hémochromatose génétique» (Benmessoud, 2007).

3.2.2. Teneur en Plomb (Pb)

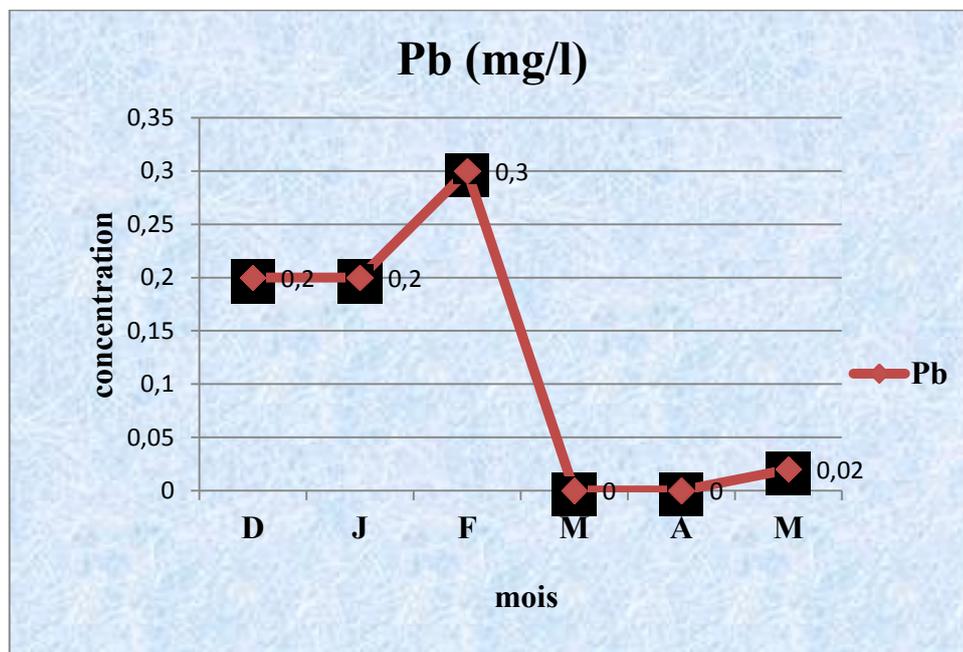


Figure 3.7. Teneur en Plomb dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Les concentrations de Plomb observées dans le site de rejet (Chaâbet Roba). ont été très faibles avec une valeur maximale 0.3 mg/l dans le mois (février) et une valeur minimale 0 mg/l dans les deux mois (mars et avril). On peut dire que les teneurs en plomb ne dépassent pas la norme établie (0.5 mg/l).

Selon Huynh (2009), Ils proviennent principalement des industries qui extraient et purifient le Pb naturelle et qui recycle les composants contenant le Pb comme les batteries. Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux enregistrés par Fouad et *al.* (2014), au niveau

d'Oued Hassar (Maroc). Cette différence s'expliquait par l'importance de quantité des effluents industriels et domestiques chargée en Pb à Biskra

Le Pb n'est pas essentiel pour les organismes et sa présence à des taux élevés est toxique. Il est connu pour empêcher la fabrication de l'hémoglobine et modifier la composition du sang (Zerki, 2013). 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).

3.2.3. Teneur de Zinc (Zn)

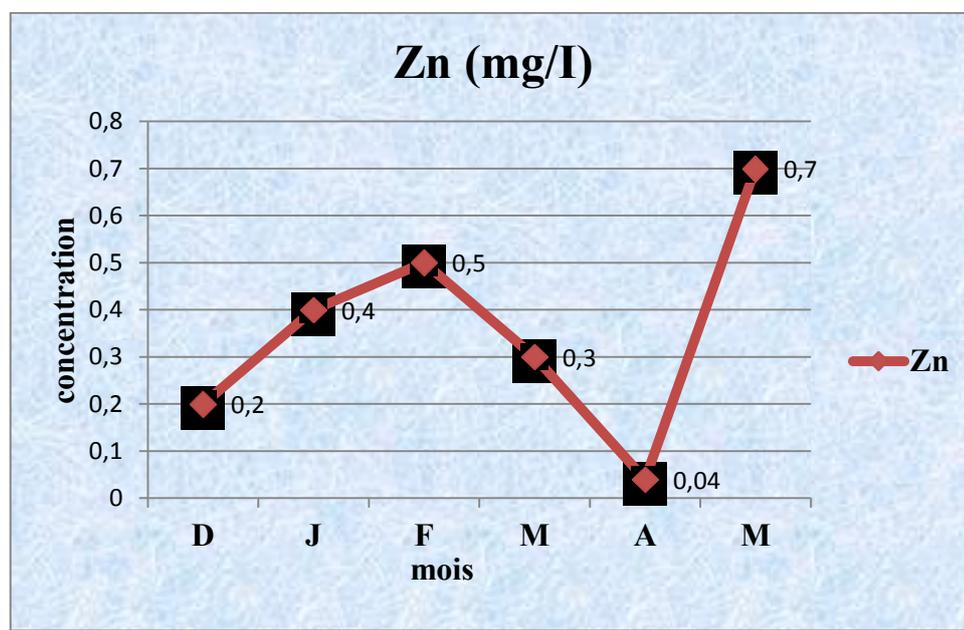


Figure 3.8. Teneur en Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Les concentrations de Zinc dans le site de rejet (Chaâbet Roba) sont fortement supérieures en mai par rapport aux autres mois qui sont très faibles. On note une valeur maximale 0.7 mg/l en mai et une valeur très faibles 0.04 mg/l en avril. Ces concentrations n'ont pas dépassées la valeur limite préconisée 3 mg/l (Annexe I).

La distribution des teneurs en Zn dans le site de (Oued Chaabet Roba) est relativement différente. Selon Belabed (2010), la source de contamination est les minières industrielles (traitement des minerais) et activités urbaines. Les résultats obtenus (0.7 mg/l), sont supérieurs à ceux trouvées par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cette différence liée à la quantité importante de rejet de Zn provient des activités industrielles et urbaines à la région de Biskra.

Le Zn est un oligo-élément essentiel, il intervient dans l'activité de plus de 200 enzyme (Palai, 2006). Mais, les effets toxiques observés sont surtout le fait d'oxyde ou chlorure de zinc utilisés dans l'industrie. Des anomalies chromosomiques peuvent s'observer au niveau de globules blancs chez les ouvriers travaillant dans un environnement pollué par l'oxyde ou chlorure de de zinc. Les chlorures et les sulfates de zinc, du fait de leur grande solubilité, présentent beaucoup de danger à la vie aquatique et peuvent facilement s'accumuler dans organisme dans organisme aquatiques (comme les poissons), ces organismes constituent des bases de nombreuses chaînes alimentaires (Benmessoud, 2007).

3.2.4. Teneur en Chrome (Cr)

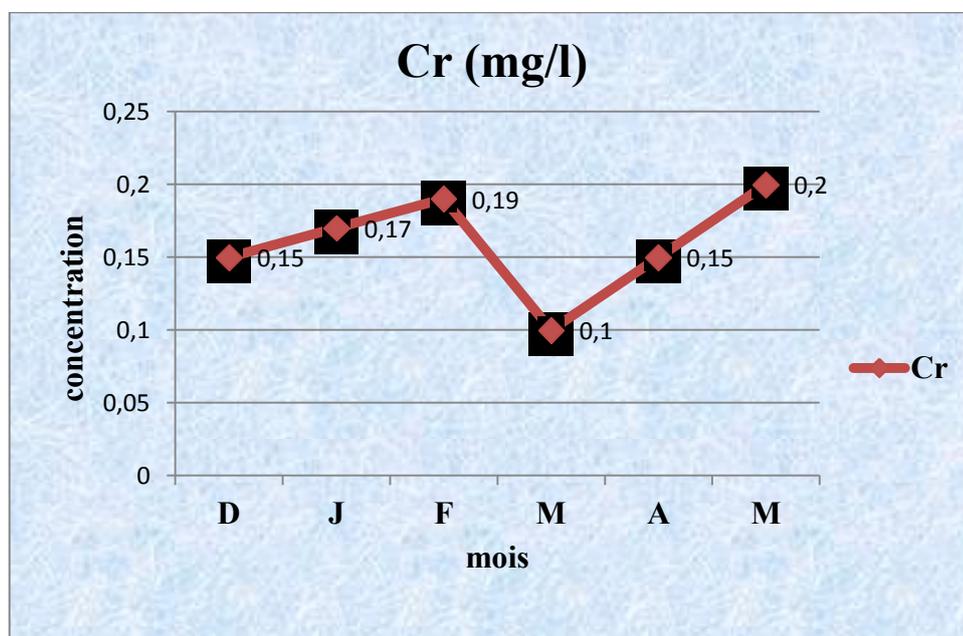


Figure 3.9. Teneur en Chrome dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après la Figure ci-dessus nous constatons que le mois mai est le plus chargé en Chrome. Qui atteint une valeur maximale 0.2 mg/l. Ces teneurs restent à la norme recommandée (0,5 mg/l) (Annexe I), et selon Ghizlane et *al.* (2010) sont dus aux rejets industriels, en plus aux effluents domestiques (Riether, 2001).

Les résultats obtenus sont fortement supérieurs à ceux trouvés par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cette différence liée à l'importance de volume des effluents industriels et domestiques chargées en Cr, versées dans le principal site de rejet de la ville de Biskra.

Le chrome est un oligo-élément essentiel pour les organismes vivants (Vicent, 2003) et permet l'amélioration de la sensibilité des tissus à l'insuline. Les manifestations toxiques du chrome sont attribuées aux chromes hexavalents (Lacroix, 2004).

Parmi ces manifestations, une diminution des fonctions pulmonaires et des bronchites (Pichard, 2005).

3.2.5. Teneur en Cobalt (Co)

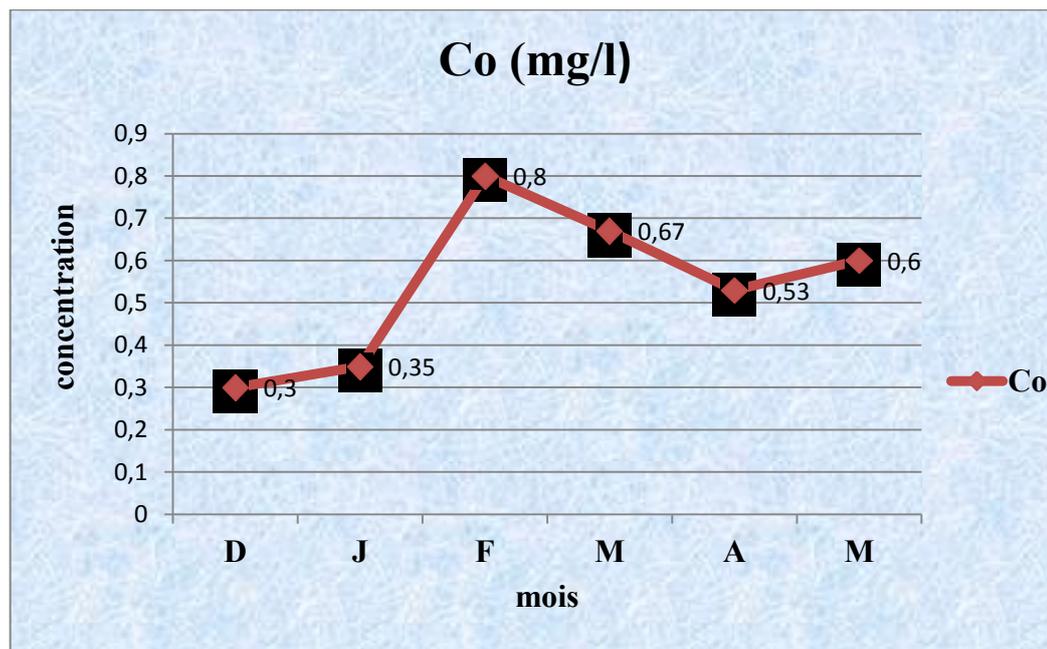


Figure 3.10. Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après les résultats obtenus on obtient une forte concentration en cobalt dans le mois février (0.8 mg/l), Les teneurs en Co dépassent la norme établie (0.5 mg/l) (Annexe I).

Selon Pichard (2006), le Co provient essentiellement de l'activité industrielle, en particulier la métallurgie. Les résultats obtenus sont inférieurs aux valeurs enregistrées par Ahoussi et *al.* (2012). Cette situation s'expliquait par l'importance de degré de pollution par le cobalt dans les eaux usées du village de l'Abia Koumassi, issu surtout des activités industrielles par rapport à celle dans la wilaya de Biskra.

Le cobalt 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).

3.2.6. Teneur en Cadmium (Cd)

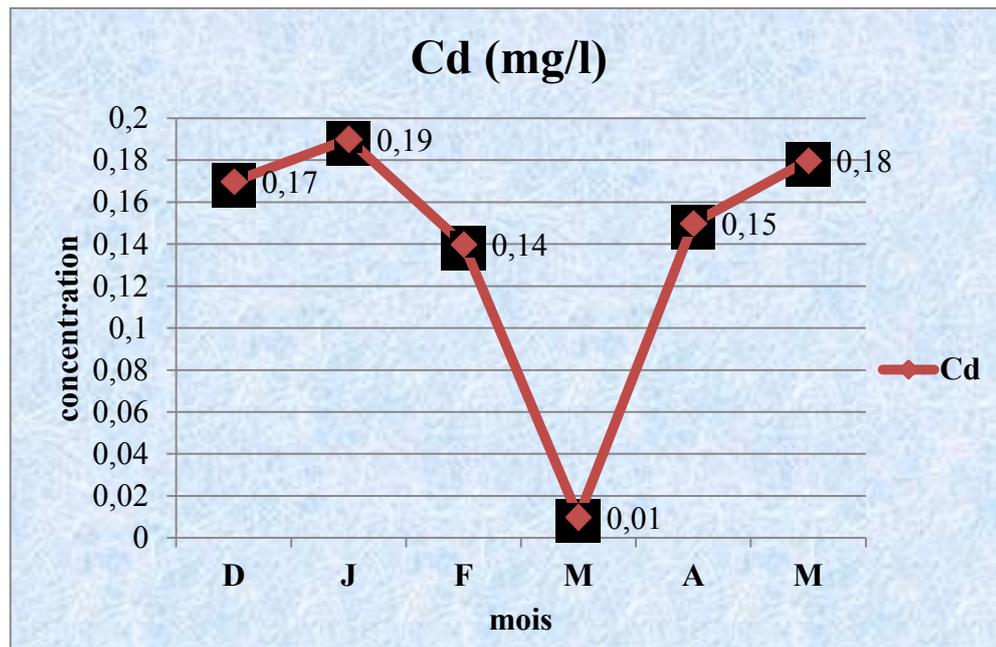


Figure 3.11. Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

Les concentrations maximales en Cadmium sont très proches 0.19 mg/l et 0.18 mg/l en janvier et mai respectivement.

La distribution des teneurs en cadmium est presque semblable dans le site de rejet. Ces teneurs restent à la norme recommandée (0.2 mg/l) et sont dues à l'activité industrielle (la combustion du produit pétrolier et la métallurgie) et les décharges industrielles (Belabed, 2010). Les résultats obtenus (0.19 mg/l), sont supérieurs à ceux enregistrées par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cette situation s'expliquait essentiellement par l'importance de volume des eaux usées industrielles chargée en Cd et versées dans le site de rejet.

La toxicité du cadmium résulte principalement de l'inhibition des enzymes thiols. L'exposition chronique à de faibles doses en cadmium provoque des dommages aux tubules rénaux (Derwich et *al.*, 2010). Le cadmium peut avoir des effets toxiques soit par inhalation, soit par ingestion (cancer de bronches et de reins) (Picot, 2014).

3.2.7. Teneur en Cuivre (Cu)

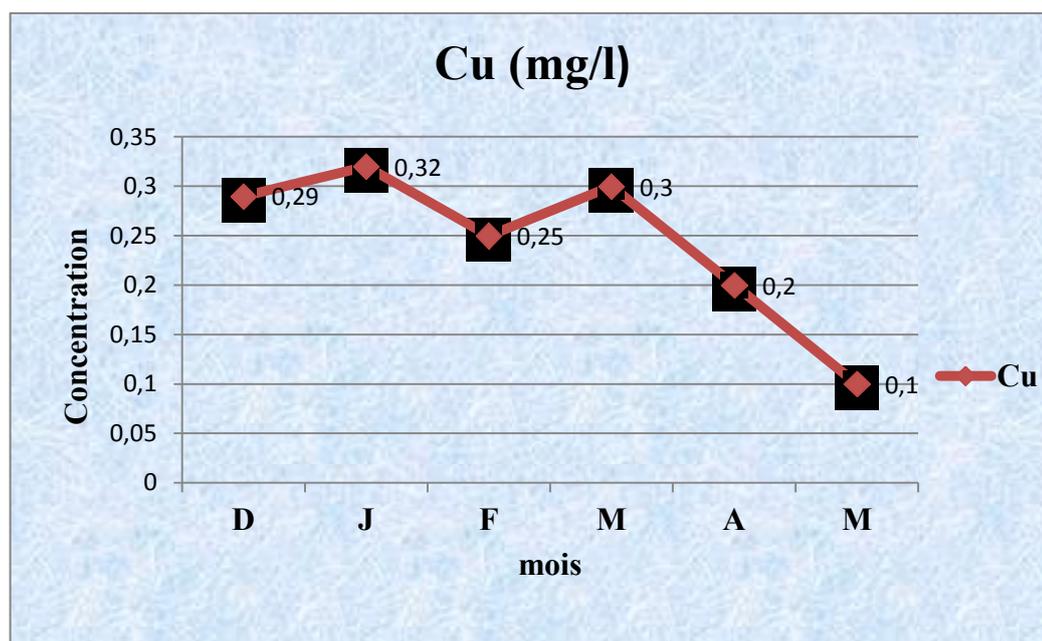


Figure 3.12. Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Chaâbet Roba).

D'après les résultats obtenus nous constatons que la distribution des concentrations de cuivre est différente dans le site de rejet (Chaâbet Roba). Ils sont inférieurs à la norme Algérienne (0.5 mg/l). D'après Ghizlane *et al.* (2010) ces teneurs peuvent être expliqués par un apport anthropique lié à l'activité industrielle dans la ville et en plus, aux effluents domestiques (Riether , 2001). Les résultats obtenus (0.32 mg/l), sont supérieurs à ceux trouvées par Fouad *et al.* (2014) , au niveau d'Oued Hassar (Maroc) . Cette différence liée à l'importance de volume des effluents industriels (ENICAB) et domestiques chargées en Cu, versées dans le principal site de rejet de Biskra.

Le Cu est élément essentiel à la biologie des organismes (plante, animal, homme), à condition qu'il ne dépasse pas certains seuils. Le Cu se présente comme étant un élément chimique très important dans le métabolisme de beaucoup espèces tell que mollusque et les poissons (Benmessoud, 2007). L'exposition au Cu est normale, car il est élément nécessaire, son entrer à l'organisme peut se fait par l'ingestion des aliments ou d'eau, par l'inhalation d'air chargé de particules contenant du Cu et par contact cutané (Nadeau , 2012).

3.3. Etude statistique

Dans nos études, un traitement statistique ACP (analyse en composantes principales) a été appliqué. C'est une méthode statistique descriptive intéressante pour une meilleure compréhension de la qualité des eaux, dont l'objectif est de présenter, sous forme graphique, le maximum d'information contenue dans un tableau de données. Cette méthode statistique permet de transformer les variables quantitatives initiales, toutes plus ou moins corrélées entre elles, en nouvelles variables quantitatives non corrélées, appelées composantes principales. Cette méthode a été largement utilisée pour interpréter les données hydro-chimiques des hydro-systèmes (Mounjid *et al.*, 2013).

L'ACP est appliqué à l'ensemble des paramètres en fonction des mois qui sont les variables et les individus respectivement, cette étude a pour but de connaître les paramètres corrélés entre eux dans le site Chaâbet Roba. Cette méthode a été utilisée pour réduire la dimensionnalité élevée des paramètres d'un modèle de deux dimensions. L'ACP a été effectuée sur une matrice de données constituée de :

- ✚ **10 variables** : La T, le Ph et la conductivité et les éléments traces métalliques (Fe , Pb , Zn , Cd , Cr , Co , Cu).
- ✚ **6 individus** : Qui sont les mois (Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril, Mai)

3. 3.1. Analyse en composantes principales du site de Chaâbat Roba

3.3.1.1. Plan de projection

Une valeur propre représente la variation des individus sur l'axe correspondant. Dans le but de faciliter leur interprétation, le tableau 10 met en évidence les valeurs propres de chaque axe factoriel, ces valeurs sont exprimées en pourcentage de variance totale ainsi que leur cumul.

Le premier axe principal à une valeur propre égale à 3.624 il explique de 36.239% la variance totale, la seconde composante égale à 3.083 correspond à un pourcentage de 30.831%. Ces deux premiers axes englobent l'ensemble de l'information avec 67.07% de la variance totale. Ces derniers sont jugés suffisants pour une approche d'analyse des variables et des individus (Tableau 3.8). On peut aussi présenter sous forme d'histogramme d'information de chaque axe (Figure 3.13).

Tableau 3.8. Valeurs propres et pourcentage de la variance expliquée par les axes principaux des paramètres physicochimiques et métallique.

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	3.624	3.083	1.638	1.321	0.334
% variance	36.239	30.831	16.382	13.205	3.343
% cumulé	36.239	67.070	83.452	96.657	100.000

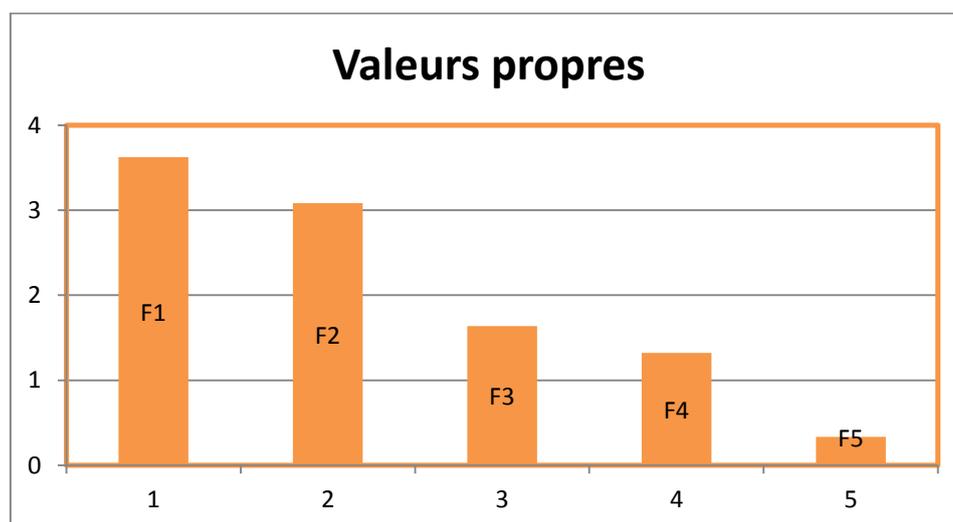


Figure 3.13. Histogramme des valeurs propres paramètre physicochimique et métallique.

3.3.1.2. Cercle de corrélation

3.3.1.2.1. Etude des variables

Un cercle de corrélation définit par deux composantes principales F1 et F2. Il permet de schématiser les corrélations existant entre les variables.

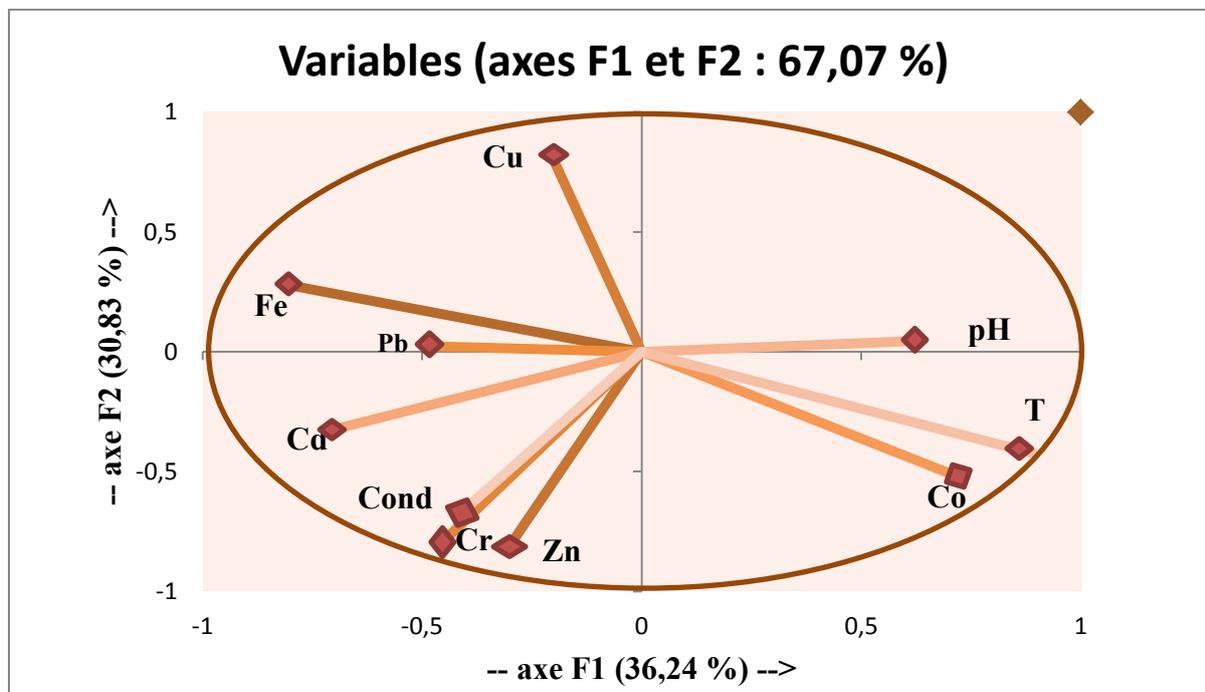


Figure 3.14. Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l'axe F1 et F2 des paramètres physicochimiques et métallique.

L'analyse du (Tableau 3.9) et du cercle de corrélation (Figure 3.14) permettent d'identifier certaines relations entre les variables étudiées :

Le cercle de corrélation dans le plan des axes F1 et F2 qui représentent une variance cumulée de 67,07 % (F1 = 36,24%, F2 = 30,83%) montrent:

Sur l'axe F1 : la composante F1 est corrélée avec les variables : pH, T, Co. Toutes les variables évoluent positivement et Fe, Cd, conductivité, Pb, Zn, Cr, Cu, Qui est corrélée négativement à cet axe.

Sur l'axe F2 : la composante F2 explique les variables : Cu, Fe qui sont corrélées Positivement et T, Zn, Cr, Co, Conductivité, Cd, sont corrélées négativement à cet axe. Et pH, Pb ne sont pas corrélées.

Tableau 3.9. Corrélation des variables par rapport aux axes principaux.

	F1	F2	F3	F4	F5
Fe	18.323	2.576	9.831	7.004	0.900
Zn	2.592	22.077	2.858	13.137	1.529
Cu	1.195	22.385	14.077	2.432	1.150
Cr	5.491	19.768	1.480	12.036	2.503
Pb	6.684	0.019	35.367	7.841	22.226
Co	13.683	8.419	13.102	2.256	0.037
Cd	13.828	3.481	1.100	26.754	6.060
Ph	11.296	0.069	15.223	15.980	38.321
T	22.013	5.847	0.126	0.000	5.961
Conductivité	4.895	15.359	6.835	12.559	21.315

3.3.1.3. Tableau des cosinus carrés des variables

Plus le cosinus carré est élevé plus la variable est liée à l'axe Factoriel. A l'inverse, plus le cosinus carrés est proche de 0 (zéro) moins la variable est liée à cet axe.

Tableau 3.10. Cosinus carrés des variables physicochimiques et métalliques.

	F1	F2	F3	F4	F5
Fe	0.664	0.079	0.161	0.092	0.003
Zn	0.094	0.681	0.047	0.173	0.005

Cu	0.043	0.690	0.231	0.032	0.004
Cr	0.199	0.609	0.024	0.159	0.008
Pb	0.242	0.001	0.579	0.104	0.074
Co	0.496	0.260	0.215	0.030	0.000
Cd	0.501	0.107	0.018	0.353	0.020
pH	0.409	0.002	0.249	0.211	0.128
T	0.798	0.180	0.002	0.000	0.020
Cond	0.177	0.474	0.112	0.166	0.071

Les variables en gras correspondant pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus au carré est plus grand

D'après le tableau (3.10), on observe qu'il y a une bonne représentation de trois paramètres dans le facteur F1, ce sont: Température, Fer, Cadmium. De plus, le facteur F2 le paramètre qui est très bien représenté on trois ce sont : Zinc, Cuivre, chrome le facteur F3 contient dix paramètres, mais il y a un seul paramètre qui est très bien représenté, c'est le plomb

Dans notre étude, ces fortes représentations de ces éléments traces (Fer, cuivre, zinc, plomb, cadmium, chrome) montrent que la variation de la charge métallique dans les eaux de Chaâbat Roba est issue principalement des rejets industriels, domestiques et urbains, donc issu d'une activité anthropique.

Dans des sciences environnementales, le terme métaux lourds associé à la notion de pollution et de toxicité. Certains de ces éléments, présent à l'état trace dans l'organisme vivant est essentielle (Fe, Zn, Cr, Cu) mais l'augmentation de leurs concentrations peut aboutir à des phénomènes toxiques. D'autres éléments ne sont pas indispensables et ne produisent que des effets néfastes, c'est le cas de plomb (Calamari, 1994).

3.3.1.4. Matrice de corrélation

Tableau 3.11. Matrice de corrélation entre les variables physico-chimiques et métalliques.

	Fe	Zn	Cu	Cr	Pb	Co	Cd	pH	T	Cond
Fe	1	0.053	0.262	-0.035	-0.010	-0.850	0.365	-0.467	-0.858	0.393
Zn	0.053	1	-0.439	0.642	0.181	0.376	0.200	-0.508	0.076	0.813
Cu	0.262	-0.439	1	-0.558	0.447	-0.317	-0.305	-0.395	-0.526	-0.555
Cr	-0.035	0.642	-0.558	1	0.423	0.088	0.801	-0.249	-0.047	0.486
Pb	-0.010	0.181	0.447	0.423	1	-0.065	0.391	-0.449	-0.454	-0.122
Co	-0.850	0.376	-0.317	0.088	-0.065	1	-0.495	0.112	0.868	-0.034
Cd	0.365	0.200	-0.305	0.801	0.391	-0.495	1	-0.179	-0.479	0.288
Ph	-0.467	-0.508	-0.395	-0.249	-0.449	0.112	-0.179	1	0.479	-0.226
T	-0.858	0.076	-0.526	-0.047	-0.454	0.868	-0.479	0.479	1	-0.137
Cond	0.393	0.813	-0.555	0.486	-0.122	-0.034	0.288	-0.226	-0.137	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

D'après le tableau (3.11), on observe que les taux de corrélation entre le **Fe -T** et **Co-Fe** sont de - 0.858, - 0.850 respectivement. Donc il y a une corrélation décroissante forte entre eux. Par contre on remarque qu'il existe une corrélation croissante forte entre **T-Co**, **Zn-Conductivité** et **Cr-Cd** avec des valeurs respectives 0,868, 0,813 et 0,801. On remarque aussi qu'il existe une corrélation croissante moyenne entre **Zn-Cr** avec une valeur de 0.64.

Conclusion

La pollution en prévenance des eaux d'égouts et des déchets solides, est un problème important pour les pays en voie de de développement, spécialement dans des zones arides urbaines et périphériques, ce qui est le cas de notre zone d'étude (Biskra).

Ce travail a pour l'objectif d'évaluer la pollution métallique dans les eaux usées de la ville de Biskra

Après réalisation des différentes analyses physico-chimiques et métalliques sur les eaux provenant de site de rejets de la ville de Biskra (site Chaâbet Roba) à l'aide des méthodes convenables, on a trouvé les résultats des différents paramètres physico-chimiques et métalliques. Ces résultats obtenus sont soumis à deux méthodes d'analyse statistique, la première est une analyse descriptive pour comparer notre résultats avec les normes limitent des rejets Algériens, la deuxième est l'analyse en composante principale, pour étudier les corrélations existant entre les divers types des paramètres, ressortir les origines de contamination

L'utilisation des analyses statistiques à savoir l'Analyse en Composantes Principales (ACP) données physico-chimiques et métalliques nous a permis de faire ressortir la corrélation existante entre les différents paramètres et de différencier la qualité de l'eau dans la région étudiée et avoir aussi une idée sur son origine. En effet, les industries: briqueterie, plastique seraient probablement à l'origine des valeurs en Chrome et en cadmium. Des traitements agricoles ou des pollutions industrielles sont à l'origine des teneurs en Cuivre et l'eau de ménagers d'Aluminium. Donc ces études permettent de mettre en évidence une pollution d'origine anthropique issus beaucoup plus des activités industrielles qui sont les principales responsables de la dégradation de cet écosystème, la présence de contaminants métalliques dans les eaux usées urbaines non traitées représente des dangers pour l'écosystème.

On peut conclure qu'il n'y a pas une pollution considérable. Mais la toxicité de métaux lourds se développe par l'accumulation, même quand ils sont rejetés en quantités très faibles, et leur transfert le long de la chaîne alimentaire, d'où l'importance d'installer une station d'épuration dans la ville de Biskra (en cours de réalisation au niveau de zone El-Mesdour près de l'Aéroport) pour dépolluer suffisamment les eaux provenant des différents effluents

Industriels et urbains. En plus, 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

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.
- A.N.I.R.E.F.2013.** Rubrique Monographie Wilaya de Biskra. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, pp.3-5.
- Anonyme. 2007.** Institut National de Santé Publique, (Carte de Biskra)
- Anonyme 2.2016.** <https://www.xlstat.com/fr/>.
- 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.
- 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 ,pp . 159-164
- Alloway,B.J.et Ayres,D .C. ,1997 .**Chemical Principales of Environmental polltion . Blackie Academic an profesional, an imprint of Chapman and Hall,London ,394 pp.
- Alzieu C.1999.** Dragages et environnement marin état des connaissances . Edition Ifremer, p75.
- Andrès Y. Brasquet F. C., Le Cloirec P. 2007.** Elimination des ions métalliques et des métalloïdes dans l'eau.Technique de l'ingénieur (M 8000), pp. 1-14.
- Anne M. 2003.** Risques spécifiques et prévention liés à l'exposition au plomb .CorpuMédicinal,Rapport, p .5.
- Anttila S., Sutinen s. Paananen m. Kreuz k. e. Sivonen s. j. Grekula a. Alapietit. 1986.** Hard metal lung disease, à clinical, histological, ultrastructural and X-raymicroanalytical study. Eur J RespirDis, p. 69, 2, pp. 83-94.
- Arris S. 2008.** Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des sous-produits de céréales. Thèse de doctorat ensiences en génie des procédés, faculté des sciences de l'ingénieur département de chimie industrielle, université Mohamed Khider Biskra.

- Aoun M. 2009.** Action du Cadmium sur les plants de moutarde indienne (*Brassicajuncea (L)*).néoformés a partir des couches cellulaires minces et issus de semis.Analyses physiologiques et rôle des polyamines. Thèse de doctorat d'université présentée à l'université de Bretagne occidentale, p. 18.
- Atsdr.2001.**Toxicological,GA : U.S department of Health and Human Services , Public Health Services .
- Atteia O. 2005 .**Chimie et pollution des eaux souterraines. Lavoisier, pp. 219-226.
- 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.
- Belghiti B. E. L, Chahlaoui A., Bengoumi R. 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la pli-quaternaire dans la région de Meknés (maroc), Larhyss Journal 14 : 25.
- Benmessoud F. 2007.** Qualité physico-chimique, métallique et bactériophie de *Venerupisdecussata*(LINNE 1758) et *Cardium edule*(LINNE 1767). Thèse de doctorat en Écologie animale, 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 BekrBlkaid, Tlemcen, p. 17.
- Bliefert C. et Perraud R. 2001 .** Chimie de l'environnement. édition : De Boeck universités, Paris, 496p.
- Bliefert C., Perraud R. 2004.** Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets.Edition de Boeck. Bruxelles, p. 477.
- Bordet J. 2007.** L'eau dans son environnement rural hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations, Edition Johantet,Paris.
- 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 de Biskra.
- Boudjllal L. 2009.** Rôle de l'oasis dans la création de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « cas de l'oasis de Chetma-Biskra-Algérie-». Thèse de magistère en Architecture bioclimatique, Université Mentouri, Constantine, pp. 68-69.

- Boufedda F., Ghecham N., Sabah F., 2010.** Analyse des paramètres physico-chimique et bactériologique des trois principaux sites de rejets de la ville de Biskra (ChaâbetRoba, Oued Biskra et Oued Z'mour) ; Mémoire d'Ingénieur d'état en Ecologie végétale et Environnement, université de Biskra, pp. 3-62.
- Calamari D. 1994.** Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. Première édition, Amazon, France, p.42.
- Catilina P. 2009.** Médecine et risque au travail : guide du médecin en milieu de travail. 2ème édition. Elsevier Masson, p. 449, 442, 454.
- CEPA. 1997.** Public health goal for lead in drinking water, p. 1.
- Coarer., J. (2003).** chimie minimum à savoir. EDP Sciences.
- Di benedetto M. 1997.** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation des métaux lourds. Axe " Génie des Procédés", Rapport, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, p.48.
- Direction d'Hydraulique de Biskra. 2015.
- 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 en Science de terre, Université Mentouri, Constantine, pp.44-55.
- Derwiche E., Benaabidate L., Zain A., Sadkio O., Belghiti D 2010.** Caractérisation physico-chimiques des eaux de la nappe alluvial du haut Sebou aval sa confluence avec Oued Fés. Larhyss Journal 08 ;pp . 101-112.
- DPAT. 2008.** Annuaire statistique de la wilaya de Biskra. Wilaya de Biskra.
- Ezziane S. 2007.** traitement des eaux de rejets. Thèse de Magister, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, 186 p.
- Farhi Y. 2014.** Structure et dynamique de l'avifaune steppiques présahariens et phoenicicole des Ziban Thèse Doctorat, Univ. M. Khider, 354p
- Ferhat M, 2012.** Co-Adsorption des métaux lourds sur la Bentonite modifiée en présence de Flocculants minéral et Biologique. Thèse de magistère en chimie, Université de Tizi-Ouzou, p. 11.

- 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 M, 2002.** Analyses des eaux, centre de documentation pédagogique d'Aquitaine, pp .165-240.
- Gaid A. (1984) .** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I, édition OPU, Alger, 261p.
- Ghali S. 2008.** Etude de la carbonisation d'un précurseur végétale, les noyaux d'olives, utilisation dans le traitement des eaux. Thèse de magistère en chimie, Université de Skikda, p. 11.
- 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.
- Grosclaude G. 1999.** L'eau usages et polluants, Ed INRA, Paris, tome II, p.210.
- Habi A. S. 2010.** Etude de la Métallo-résistance et de l'Halo-tolérance des Entérobactérie. Isolées des Eaux de Surface de la Région de Sétif. Thèse de doctorat d'état en Sciences de la nature et de la vie, Université Ferhat Abbas, Sétif, pp. 5-14.
- Henaut A. 2011.** Pollution de l'air et de l'eau. Les dossiers de science et politiques publiques, Rapport, p. 2.
- Heriarivony S. C., Razanamparany B., Rakotomalala J. E. 2015.** Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, région Vakinankaratra, Madagascar. *Larhyss Journal* 24 : 11-12.
- Huynh T. M. D. 2009.** Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante / ver de terre / microflore tellurique. Thèse de Doctorat en écologie microbienne, Université Paris Est, Paris, 145 p.
- Inrs. 1997.** Fiche toxicologique n°60, Cadmium et composés minéraux.
- Khadraoui A., Taleb S. (2008) .** Qualité des eaux de sud Algérien. Pollution et impact sur le milieu. Ed. Khyam. P.367.
- Khadraoui A. 2012.** Qualité des eaux dans le Sud Algérien, Troisième édition, Office des Publications Universitaires, Algérie, pp. 92 -193.

- Lachambre. M., Fission C. 2007.** La contamination chimique : quel risque en estuaire de seine. Fiche substance : Le chrome, pp. 2-3.
- Lacroix .B. 2004.** Les syndromes plurimétaboliques d'insulinorésistance. Nutranews science, nutrition, prévention et santé, Rapport, p. 5.
- Lakhili F., Benabdehadi M., Bouderkha N. 2015.** Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface de bassin versant de Beht (Maroc). EuropeanScientific Journal 11(11) : 142.
- Leclant F. 1970.** Les aphides et la lutte intégrée en vergers, Bull ; Teck., Inf., P249, P259-P274.
- Martinez H., Renault P., Renault G. G., Pierrisnard L., Rouach T. 2008.** Les implants chirurgie et prothèse. Edition CDP, p. 52.
- Matech F., Zaakour F., Moustarhfer K., Chemsy Z. 2014.** Concentration en éléments traces métalliques dans les sols irrigués par les eaux usées versé dans l'Oued Merzeg (Casablanca-Maroc). EuropeanScientific Journal 10(29) : 128
- 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 doctorat en Agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pp. 5-7.
- Moll D. 2005.** Les normes de rejet des eaux et les paramètres d'analyses de la pollution (Grenoble eau pure rapport).
- Mouaki M., 2008.** Evaluation de la pollution métallique des eaux usées dans les principaux sites des rejets [Chaâbet roba, oued Biskra, oued Zemmour] de la région de Biskra Mémoire d'ingénieur biologie, département de Biologie, Université Mohamed Khider Biskra, p 01.
- Mounjid J., Cohen N., Fadlaoui S., Belhouari A., Oubraim S. 2014.** Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau Merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc). Larhyss Journal 18 : 37-38.
- Mucklow E. S., Griffin S. J., Delves H. T., Suchak R. 1990.** Cobalt poisoning in a 6 year-old. Lance, p. 355, 8695, 981.
- Nadeau F. R. 2012.** Evaluation des risques toxicologiques et écotoxicologiques d'un terrain contaminé par des métaux. Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, Québec, Rapport, 68 p.
- Nakhle K. F. 2005.** Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises : apport et suivi au moyen de bioindicateur quantitatives. Thèse de doctorat

- Nambatingar N.M., 2011.** Contribution a l'étude analytique des polluants (en particulier de type métaux lourds) dans les eaux du fleuve chari lors de sa traversée de la ville de n'djamena. Thèse de doctorat, L'université Claude Bernard Lyon1. Lyon.
- Nomiyama K. et Nomiyama H. 1998.** Cadmium-induced elevation of blood pressure. *J. Trace Elem. Exp. Med*, pp. 155-163.
- Nomiyama K. et Nomiyama H. 1998.** Cadmium-induced renal dysfunction: New mechanism, treatment and prevention. *J. Trace Elem. Exp. Med*, pp. 275-288.
- Olanrewaju b. S., Moustier P., Mougeot L .A. Fall A. 2004.** Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone Enjeux, concepts et méthodes CIRAD et CRDI, Sénégal, p 173.
- Palai R. 2006.** Pour comprendre les oligoéléments et leur usage, Guide oligothérapie p.29.
- Pichard A b. 2005.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Chrome et ses dérivés, INERIS, pp. 9-10.
- Pichard A. 2006.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Cobalt et ses dérivés. INERIS, p. 15.
- Picot A. 2014.** Les métaux entre bénéfiques et risques quelle dilemmes. Association Toxicologie -Chimie-, Paris, Rapport, p. 20.
- Ramade F.1998.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'eau. Ediscience international Paris, p 31-77-229-371-471
- Ramade F. 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème édition, DUNOD, Paris, 1075 p.
- Rejsek F. 2002.** Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Éd. CRDP, Aquitaine, France.
- Rejsek F. 2002.** Analyse des eaux ; aspect réglementaire et techniques, Tome I. Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux. 71, 144p.
- Riether K. L. 2001.** Développement d'un biocapteur bactérien pour la détection des métaux lourds. Thèse de doctorat en Biologie et biotechnologie environnementale Université de Paul Verlaine, Metz, p. 14.
- Rodier J .1996.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer)8eme édition, DUNOD. 557-570 p et 968-1079 p.
- Rodier J, bazin C, Broutin J.P, Chambon P, Champsaur H et Rodi 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. EdDunod, Paris, 2005, pp.13-83.
- Rouahna H., 2007 .**Relation entre les nappes et la Salinité dans les sols gypseux de la région de Ain Ban Noui, Biskra, These de Magister en agronomie , Université de Batna ,83 p

Sedrati N. 2011. Origines et caractéristiques physico-chimique des eaux de la Wilaya de Biskra Sud Est Algérien. Thèse de magistère en Hydrogéologie, Université BadjiMokhtar, Annaba, p. 11.

Saggai S., Boutouaou D., Manamani R. 2015. Effet des monocouches d'Hexadecanol utilisées pour réduire l'évaporation des plans d'eau sur la spiruline (Résultatspréliminaires). Revue « Nature & Technologie ». B-Sciences Agronomiques Biologiques 13 : 30.

Traore S. 2007. Mise en points d'analyse des trois métaux lourds dans le sel deconsommation : le cadmium, le plomb et le cuivre. Thèse de doctorat en Pharmacie, Université Bamako, Mali, pp.40-42.

Vicent P. 2003. Spéciation toxicité des éléments minéraux. Institut de Chimie des Substances Naturelles (ICSN), Paris, Rapport, 3p.

Zerki N. 2013. Apport de la chimiométrie 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 en Chimie physique, Université Mohamed V-Agdal, Rabat, pp. 12-36.