



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

Référence /

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :
LABIEDH GHADA

Contamination des eaux usées de la ville de Biskra (Oued Z'mor) par les métaux lourds

Jury

M.	Fateh GUEMMAZ	(MAA)	Université Biskra	Rapporteur
Mme.	Hadjra hammia	(MAA)	Université Biskra	Président
M.	Ahmed Simozrag	(McA)	Université Biskra	Examineur

Année Universitaire: **2021/2022**

Dédicace

C'est avec une grande gratitude et des mots sincères, que je

Dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents

Qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite.

A mon Père pour avoir toujours cru en moi et pour ces nombreux sacrifices.

*A ma Mère pour son soutien, ses encouragements et pour me donner l'espoir pour
réaliser mes rêves*

J'espère qu'un jour, je pourrai leurs rendre un peu de ce

Qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie

Remerciements

En premier lieu, je remercie Dieu le tout Puissant qui m'a donnée la force de Mener à terme ce travail.

*Je tiens particulièrement à exprimer nos sincères remerciements à mon encadreur Monsieur **Guemaz Fateh**, Ce fut un grand plaisir de travailler avec lui, durant la préparation du ce travail.*

Sans ses encouragements je ne serais jamais arrivée à ce stade de ma formation.

Qu'il reçoit l'expression de remerciements les plus sincères.

Je tiens à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Un grand merci à tous les enseignants qui m'ont accompagnée durant ce cursus Universitaire.

Grand merci à ceux qui ont contribué de près ou de

Loin à l'élaboration de ce travail.

Vraiment je vous remercie énormément, et que Dieu vous protège, bénisse, et

Je prie Dieu de vous donner la santé et le bien-être.

Qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.

Sommaire

Dédicace	
Remerciements	
Liste des Tableaux	VIII
Liste des Figures.....	IX
Liste des abréviations	I
Introduction générale.....	1

Partie I : étude bibliographique

Chapitre 01 : Généralités sur les eaux usées

1.1. Généralités sur les eaux usées	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Origine	3
1.1.2.1 Eau usée domestique	3
1.1.2.2 Eau usée industrielle.....	3
1.1.2.3 Eau usée pluviales	4
1.1.2.4. Eau usée agricole.....	4
1.1.3. Les caractéristiques des eaux usées	4
1.1.3.1. Paramètres physico-chimiques	4
a. Température (T°)	4
b. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	4
c. Matières en suspension	5
d. Couleur	5
e. Turbidité.....	5
f. Conductivité	6
j. L'Oxygène Dissous	6
1.2. Principaux polluants métalliques.....	6
1.2.1 Définition des métaux lourds.....	6
1.2. Différent types de métaux lourds.....	7

1.2.1. Métaux lourds essentiels	7
1.2.2. Métaux lourds non essentiels	7
1.2.3. Les sources des métaux lourds.....	8
1.2.3.1. Source naturel.....	8
1.2.3.2. Les sources anthropiques	8
1.2.4. Propriétés physico-chimiques et la toxicité les métaux lourds	8
1.2.4.1. Le fer (Fe).....	8
a. Propriétés physico-chimiques	8
b. toxicité de fer	9
1.2.4.2. Cadmium (Cd).....	9
a. Propriétés physico-chimiques	9
1.2.2.2. Toxicité de cadmium.....	9
1.2.4.3. Chrome (Cr)	10
a. Propriétés physico-chimiques	10
b. Toxicité de chrome	10
1.2.4.4. Cobalt (Co).....	10
a. Propriétés physico-chimiques	11
b. toxicité de Cobalt.....	11
1.2.4.5. Plomb (Pb).....	11
a. Propriétés physico-chimiques	11
b. toxicité de Plomb	12
1.2.4.6. Cuivre (Cu).....	12
a. Propriétés physico-chimiques	12
c. Toxicité de Cuivre	13
1.2.4.7. Zinc (Zn)	13
a. Propriétés physico-chimiques	13
b. Toxicité de zinc	13
1.2.5. Biodisponibilité des métaux lourds.....	14
1.2.6. Bioaccumulation des métaux lourds	14
1.2.7. Sources des éléments métalliques dans les écosystèmes aquatiques	15
1.2.8. Utilisation des métaux lourds.....	15

1.2.9. Impact sur l'environnement	16
1.2.9. 1. Contamination de l'eau	16
1.2. 9.2. Contamination de l'air	16
1.2.9. 3. Contamination des sols.....	16
1.2.10. Impact sur l'homme	17

Chapitre 02:Présentation de la zone d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude	18
2.1.1. La situation géographique et administrative	18
2.1.2. Climatologie.....	20
2.1.2.1. La Température	20
2.1.2.2. Les précipitation.....	21
2.1.2.3. Humidité relative.....	22
2.1.3. La population	22
2.1.4. Principales industries	23

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

3. Localisation du site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra	25
3.2. Cadre d'étude.....	25
Echantillonnage de l'eau.....	25
3.6.1. Analyse des paramètres physico-chimiques	26
3.6.2. Analyse des paramètres métalliques	26
3.6.2.1. Dosage des éléments trace métalliques	26
3 .6.3. Analyse statistique des résultats.....	27

Chapitre 04: Résultats et discussions

4-Résultats et discussions	29
4.1. Analyses des paramètres physicochimiques.....	29
4.1.1. PH	29
4.1.2. Température	30
4 .2.Résultats et discussions d'analyse des paramètres métalliques des sites de rejets.....	31
4.2.1. Fer(Fe).....	32
4.2.2. Cadmium (Cd)	33

4.2.3. Chrome (Cr)	34
4.2.4. Cobalt (Co).....	35
4.2.5. Plomb (Pb)	35
4.2.6. Cuivre (Cu)	36
4.2.7. Zinc (Zn)	37
4.3. Traitement statistique	38
4.3.1. Plan factorielle (F1, F2)	38
4.3.1. Contribution des les variables	39
4.3.1.1. Matrice de corrélations.....	39
4.3.1.2. La qualité des variables	41
4.4. Contribution des observations (mois).....	41
Conclusion.....	44
Liste des références	45
Annexes.....	29
Résumé.....	29

Liste des Tableaux

Tableau 1: Principales sources d'ETM dans les écosystèmes aquatiques(Synthèse d'après : Förstner, 1987 ; Michel, 1993 ; INERIS, 2004).....	15
Tableau 2: Principaux effets des métaux lourds (El hraiki et <i>al.</i> , 1992).....	17
Tableau 3: Précipitations mensuelles (en mm) de la région de Biskra durant la période 2018. ...	21
Tableau 4: Données météorologiques de la ville de Biskra (Hamdi, 2020).....	22
Tableau 5: Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Z'mor.	29
Tableau 6: Les résultats de la variation des teneurs en métaux	31
Tableau 7: Valeurs propres et pourcentage de la variance expliquée par les axes.....	38
Tableau 8: Matrice de corrélation entre les variables physico-chimique et métalliques.	40
Tableau 9: Qualité de représentation.....	41

Liste des Figures

Figure 1 : La classification périodique des ETM (Meharg, 2011).....	7
Figure 2: Situation de la Wilaya de Biskra dans la carte de l'Algérie (A.N.I.R.E.F, 2013).	18
Figure 3: carte des limites administratives de wilaya de Biskra (A.N.I.R.E.F., 2013).	19
Figure 4: Températures moyennes des minima, des maxima et des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1984- 2014).	21
Figure 5: Localisation des différentes industries de la vile de Biskra (Bouchahm, 2008).....	23
Figure 6: Evolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).....	24
Figure 7: Les rejets de site (Oued Z`mor).....	25
Figure 8: Spectromètre d'absorption atomique à flamme (FAAS) (Photo original).	26
Figure 9: Teneur en PH dans le site de rejet (Oued Z`mor).....	29
Figure 10: Teneur en température dans le site de rejet (Oued Z`mor).....	30
Figure 11: Teneur en Fer dans le site de rejet (Oued Z`mor).....	32
Figure 12: Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Oued Z`mor)	33
Figure 13: Teneur en Chrome dans le site de rejet (Oued Z`mor).	34
Figure 14: Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Oued Z`mor)	35
Figure 15: Teneur en Plomb dans le site de rejet (Oued Z`mor).....	35
Figure 16: Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Oued Z`mor)	36
Figure 17: Teneur en Zinc dans le site de rejet (Oued Z`mor).....	37
Figure 18: graphique représente les valeurs propres.	39
Figure 19: Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l'axe F1 et F2 des	41
Figure 20: Analyse hiérarchique de grappes.	42

Liste des abréviations

ANAT : Agence Nationale de l'Aménagement du territoire..

ANIREF : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.

TIFIB : Tissage Finissage Biskra.

ENICAB : Entreprise Nationale des Industries des Câbles Biskra.

ETM : Eléments traces métalliques

Hab : Habitant.

ACP : Analyse en Composante Principale.

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

Pb : Plomb

Cd : Cadmium

Zn : Zinc

Cu : Cuivre

Fe : Fer

Cr : chrome

CO : cobalt

pH : Potentiel hydrogène

T : température.

SAA : Spectrométrie d'absorption atomique

ppm : Partie par millions

ppb : Partie par billions

°C : degré Celsius.

F1 : facteur 1

F2 : facteur 2.

Min : Minimum.

Max : Maximum.

Moy : Moyenne.

ETM : éléments traces métalliques.

Introduction

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 (Sawadogo ,2018).

La pollution des eaux usées par les métaux lourds demeure à l'heure actuelle l'un des problèmes majeurs à résoudre dans les pays industrialisés. Divers méthodes classiques sont utilisées pour éliminer les métaux lourds des eaux usées existant. Elles sont basées sur des phénomènes de précipitation chimiques, d'échanges d'ions, de bio sorption ou d'adsorption (Seghairi et *al* 2013).

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 (ANAT, 2003).

L'objectif de notre étude est d'étudier la contamination métalliques dans l'eau usée de la ville de Biskra (Oued Z'mor) et d'identifier les éléments nocives.

Notre travail est divisé en cinq chapitres :

Le premier chapitre s'appuie sur la bibliographie pour décrire généralités d'eaux usées, ensuite les caractéristiques générales des éléments métalliques (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn).

Le deuxième chapitre présent le cadre général de l'étude et inclut une description des situations géographique, climatique, population, Principales industries de la zone d'étude.

Le troisième chapitre est consacrée à l'étude expérimentale on commence d'abord par localiser de site de rejet et ensuite déterminer la méthode d'analyse des paramètres physico-chimiques (PH, T) et des éléments métalliques.

Le quatrième chapitre expose les résultats des analyses physicochimiques et métalliques des eaux du principale site de rejet de la ville de Biskra (Oued Z'mor), interpréter les résultats obtenus et identifier les différentes corrélations entre les différentes Variables étudiées. Nous terminons notre étude par une conclusion générale.

**Partie I : étude
bibliographique**

Chapitre 01 : Généralités sur les eaux usées

1.1. Généralités sur les eaux usées

1.1.1. Définition

Les eaux usées sont composées d'environ 99% d'eau et 1% de matières solides en suspension, colloïdales et dissoutes. Les eaux usées sont très souvent considérées plus comme une nuisance à éliminer plutôt qu'une ressource. Pourtant, elles constituent une source non négligeable de substances valorisables : eau, énergie, nutriments, matières organiques et autres sous-produits. (Sawadadogo, 2018).

Selon (Khelif, 2017). Les eaux usées sont les eaux rejetées par les collectivités et les industries et qui sont acheminées par les égouts en station d'épuration afin d'être traitées.

1.1.2. Origine

Les activités humaines ont pour conséquence le déversement de produits toxiques dans les milieux récepteurs. Ainsi, un traitement est nécessaire. Ces polluants proviennent principalement de quatre sources.

1.1.2.1 Eau usée domestique

Elle constitue les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation de matières premières en produits industriels. Les eaux résiduaires proviennent principalement de l'eau consommée dans de nombreuses opérations de fabrication par voie humide, comme par exemple: la précipitation, le lavage, le nettoyage des appareils, les ateliers, les filtrations, les distillations, etc. (Khalfoui, 2012).

1.1.2.2 Eau usée industrielle

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. (Rodier et *al.*, 2005). Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques (Nouredine, 2016).

1.1.2.3 Eau usée pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés polluants atmosphériques, poussières, débris, 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. (Noureddine, 2016)

1.1.2.4. Eau usée agricole

La pollution d'origine agricole provient surtout des engrais et pesticides épandus dans le sol sur de très grandes surfaces à proximité ou pas de cours d'eau. Ce type de pollution s'est intensifié depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation assez avancé. La concentration des élevages entraîne un excédent de déjections animales qui finissent par enrichir les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés, encourageant ainsi une source de pollution bactériologique. L'utilisation massive des engrais chimiques (nitrates et phosphates) altère aussi la qualité des nappes souterraines vers lesquelles ils sont entraînés. (Khalifaoui, 2012).

1.1.3. Les caractéristiques des eaux usées

1.1.3.1. Paramètres physico-chimiques

a. Température (T°)

La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Lorsqu'elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz. L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration. Les élévations de température peuvent être nuisibles pour les poissons, favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres (Chaden, 2014).

b. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

L'eau naturelle pure est neutre c'est à dire pH égal à 7. Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans

la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco – carbonique : $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7. Le traitement de l'eau de boisson peut modifier sensiblement la concentration de l'ion hydrogène, de plus lorsque le pH est supérieur à 8, il y a diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. Le pH est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température... Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau (Chaden, 2014).

c. Matières en suspension

C'est l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Les MES comportent souvent des particules de nature argilo- humique provenant de l'érosion des sols et d'autres constituants d'origine biologique. Elles représentent une cause essentielle de la turbidité de l'eau. Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres et de la dissolution de substances organiques. A cet apport naturel, il faut ajouter les déversements d'eau d'égout domestique, industrielle et agricole (Chafaa, 2015).

d. Couleur

La couleur des eaux varie du jaune pâle à peine perceptible au brin rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation des matières végétales. La couleur dépend aussi du pH et de la turbidité, ce qui explique les différentes méthodes proposées pour son examen (Benameur, 2015).

e. Turbidité

La turbidité permet de visualiser la qualité de l'eau, en traduisant la présence des matières en suspension dans l'eau. En effet, une turbidité forte favorise la fixation des micro-organismes (Benameur, 2015).

f. Conductivité

La mesure de la conductivité donne un aperçu général sur la qualité des sels dissous dans l'eau. Cette dernière varie en fonction de la température de l'eau. En effet, l'augmentation de la température entraîne également l'augmentation de la conductivité électrique.

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température, et diminue avec celle de la viscosité (Benameur, 2015).

j. L'Oxygène Dissous

Alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des microorganismes est sous saturée. En effet, la forte présence de matières organiques dans l'eau souterraine permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (Kendouci, 2017).

1.2. Principaux polluants métalliques

1.2.1 Définition des métaux lourds

En chimie, les métaux lourds sont des éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux.

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g.cm³ (Adriano, 2001).

Ils participent aux réactions sous forme de cations. Parmi les 118 éléments de la classification de Mendeleïev, 94 sont considérés comme des métaux (tableau N° 05), Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement en quantités très faibles sous forme de traces, Ils ont également tendance à être très toxiques pour les êtres vivants, même à de très faibles concentrations (Berthelot et *al.*, 2017).

																				18					
1																		2							
H																		He							
3	4											5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne								
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18								
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar								
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr								
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54								
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe								
55	56	57 *	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86								
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	En								
87	88	89 **	104	105	106	107	108	109																	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																	

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

* Lanthanide series

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

** Actinide series

Figure 1 : La classification périodique des ETM (Meharg, 2011)

1.2. Différent types de métaux lourds

On en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

1.2.1. Métaux lourds essentiels

Un élément-trace dit « essentiel » s'il est nécessaire à la vie, sa carence entraînant soit la mort de l'individu, soit un dysfonctionnement grave de son organisme. En utilisant une définition plus large, on peut considérer comme « essentiel » tout élément minéral dont la carence a pour conséquence l'altération d'une ou plusieurs fonctions de l'organisme, ces dernières pouvant être corrigées par un apport adéquat (Nys, 2001 ; El-Sheekh *et al.*, 2003 ; Picaud, 2017).

1.2.2. Métaux lourds non essentiels

D'après (Aranguren, 2008). Certains métaux lourds ne participent à aucun processus vital ou physiologique et sont connus seulement pour leurs effets purement toxiques sur l'organisme
Ex : le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb).

1.2.3. Les sources des métaux lourds

1.2.3.1. Source naturel

Ils sont en partie libérés lors de l'altération de la roche mère, par l'altération des minéraux primaires et secondaires comme les argiles. Résultant de l'évolution géologique et pédologique, à l'exclusion de tout apport d'origine anthropique, et sont diffusés vers l'atmosphère lors de processus naturel (Baize et Tercé, 2002).

1.2.3.2. Les sources anthropiques

En raison de leurs différentes caractéristiques spécifiques, les métaux lourds ont été largement utilisés dans les nouvelles technologies (métallurgiques et électroniques).

La source anthropique englobe les activités pétrochimiques, l'utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières, fours à ciment), les activités industrielles, le transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations), l'incinération des déchets, les déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères) et agricole et certains produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents) (Mckenzie, 1997 ; Gouin et *al.*, 2016).

1.2.4. Propriétés physico-chimiques et la toxicité les métaux lourds

1.2.4.1. Le fer (Fe)

a. Propriétés physico-chimiques (Stewart, 2012)

Symbole	Fe
numéro atomique	26
Masse atomique	55,85
Densité	7,8 à 20°C
Température de Fusion	1535 °C
Température d'ébullition	2750 °C
Rayon atomique	0,126
Isotopes Configuration électronique	[Ar] 3d6 4s2

b. toxicité de fer

Le mécanisme toxique principal du fer réside dans sa capacité à induire la formation de radicaux libres, avec, pour conséquence, une peroxydation lipidique. Classiquement, l'intoxication au fer est décrite comme évoluant en cinq phases : troubles digestifs ; amélioration clinique transitoire ; toxicité systémique avec choc, acidose métabolique et coma ; toxicité hépatique avec coagulopathie; séquelles digestives à type de sténose. Il peut causer des conjonctivites, et des problèmes de rétines.

L'inhalation de concentrations excessives d'oxyde de fer peut augmenter le risque de développement de cancer du poumon (Attar et *al*, 2020).

1.2.4.2. 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'oxyde et le sulfure de cadmium sont pratiquement insolubles dans l'eau. Le sulfate, le nitrate et le chlorure de cadmium sont au contraire très solubles dans l'eau (INRS, 1997).

a. Propriétés physico-chimiques (Lenntech, 2007)

Symbol	Cd
numéro atomique	48
Masse volumique	8.65 g/cm ³ à 20°C
Masse atomique	112,41g/mol
Etat d'oxydation	+2
Température de fusion	321°C
Température d'ébullition	767°C
Isotopes Configuration électronique	[Kr] 4d ¹⁰ 4s ²

1.2.2.2. Toxicité de cadmium

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. Ces premiers symptômes sont souvent accompagnés de crampes musculaires et d'une hyper-salivation. A doses élevées, les pertes digestives sont responsables d'une 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).

1.2.4.3. Chrome (Cr)

Il appartient au groupe 6 (ou VI b) du tableau périodique. Cet élément est un métal de transition, existe de nombreux composés du chrome suivant le nombre de valences les plus importants sont les composés de l'état II (chromeux), de l'état III (chromiques) et de l'état VI (chromates) (Trifi, 2012).

a. Propriétés physico-chimiques (TRIFI, 2012)

Symbol	Cr
masse atomique	51,99 g/mol
numéro atomique	24
Point de fusion	1875°C
Point de d'ébullition	2671°C
Masse volumique	7,19g/cm ³ à 20°C
Configuration électronique	[Ar] 3d ⁵ 4s ¹

b. Toxicité de chrome

Par inhalation, il provoque une irritation trachéo-bronchique sévère. La toxicité chronique se manifeste par une allergie dermique, une irritation de la membrane nasale et un cancer de la peau. La forme hexavalente du chrome est la plus problématique ; elle est très toxique et aussi très soluble dans l'eau sous cette forme. Cette solubilité lui confère une grande mobilité dans les écosystèmes. Le chrome hexavalent a été considéré comme l'un des polluants les plus toxiques à cause de ses propriétés cancérogènes et tératogéniques sur l'être humain. Il est devenu un grave problème de santé (Sellal, 2015).

1.2.4.4. Cobalt (Co)

La masse atomique 27, appartient à 4ème période, colonne 9 (ou groupe VIIIB) du tableau périodique, fait que c'est un métal de transition. Ses principales caractéristiques physico-chimiques sont regroupées sur le tableau.

Le cobalt possède plusieurs états d'oxydation variant de +I à +IV, le plus courant est le monoxyde de cobalt Co(II) qui existe sous forme cristalline de couleur vert-violet et qui se transforme en rose lorsqu'il est hydraté (Lounas, 2018).

a. Propriétés physico-chimiques (Lounas, 2018).

Symbol	Co
Etat	Blanc argenté
couleur	58,93
Masse molaire(g /l)	1,25
Rayon atomique(A°)	Electronégativité
Electronégativité	1,88
T de fusion(°C)	T de fusion(°C)

b. toxicité de Cobalt

Chez l'animal, l'absorption pulmonaire du cobalt et de ses composés est rapide et varie en fonction de la taille des particules et de la solubilité des composés étudiés. Une fois absorbé, le cobalt est retrouvé au niveau des poumons, de la thyroïde, de la rate, du foie et des reins ; il est ensuite éliminé principalement par voie urinaire. A la suite d'une administration par voie orale, seul le foie présente une accumulation significative, le cobalt étant éliminé majoritairement par les fèces. L'absorption cutanée est négligeable (INRS, 2015)

Chez l'homme, les absorptions pulmonaire et orale sont importantes et dépendent de la taille des particules et de la solubilité du composé. Le cobalt est largement distribué dans l'organisme humain, avec une accumulation plus importante au niveau du foie. A la suite d'une exposition par voie respiratoire, il est éliminé par les urines et par les fèces ; après ingestion, l'élimination est majoritairement fécale. Comme chez l'animal, l'absorption cutanée est négligeable (INRS, 2015)

1.2.4.5. Plomb (Pb)

Le plomb est un métal, il appartient au groupe IVA de la classification périodique des éléments. Le plomb se rencontre dans de nombreux minerais, mais le plus important est la galène ou sulfure de plomb à partir de laquelle s'effectue sa préparation métallurgique (Traore, 2007).

a. Propriétés physico-chimiques : (Lenntech, 2007)

Symbole	Pb
numéro atomique	82
Masse atomique	207,2 g/mol
Isotope	4
Température de Fusion	327 °C
Température d'ébullition	1755 °C
Masse volumique	11,34 g/cm ³ a 20 OC
Isotopes Configuration électronique	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²

b. toxicité de Plomb

Le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) sont inclus dans la liste des produits hautement toxiques, polluants environnementaux, car ils constituent tous deux une menace considérable à tous les organismes, y compris les plantes et les humains (Kabir et *al.*, 2018). Il est toxique pour les systèmes hématopoïétiques, rénaux, cardiovasculaires et nerveux... (Karri et *al.*, 2008). La toxicité du plomb dépend de sa concentration dans le milieu, des propriétés du sol, et enfin de l'espèce végétale concernée (Sharma et Dubey, 2005).

1.2.4.6. Cuivre (Cu)

Le cuivre appartient au groupe IB de la classification périodique en même temps que l'argent et l'or. Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et particulièrement de sa conductibilité électrique. Il est utilisé en métallurgie dans la fabrication des alliages avec d'autres métaux comme: le Zinc, l'or, l'argent, le nickel, etc. (Traore, 2007).

a. Propriétés physico-chimiques (Kropp, 2014)

Symbole	Cu
Numéro atomique	29
Masse atomique	63,54 g/mol
Masse volumique	8,9 g/cm ³
Isotopes stables	63 et 65
Température de fusion	1083 °C
Température d'ébullition	2570 °C
Structure électronique	1s ² , 2s ² 2p ⁶ , 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ , 4s

c. Toxicité de Cuivre

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 (Joly, 2007)

Il intervient dans la fonction immunitaire et contre le stress oxydant, son manque cause le syndrome de Menke et anémie, mais à des doses plus élevées et sous ses formes oxydées il présente une action toxique causant une atteinte rénale, hépatique, le système gastro-intestinal est aussi, une atteints génétique nommé la maladie de Wilson résulte d'une intoxication au cuivre (Plumlee et *al.*, 2003).

1.2.4.7. Zinc (Zn)

Le zinc, dernier élément de la première série de transition de la classification périodique des éléments, il est présent sous l'état d'oxydation (+2) dans le milieu naturel. Les principaux gisements minéraux de zinc sont constitués de sphalérite et de wurtzite (blende) (ZnS) et de smithsonite (ZnCO₃) (Titri et *al.*, 2021).

a. Propriétés physico-chimiques :(Stewart, 2012)

Symbole	Zn
Masse atomique	65,41 g/mol
Numéro atomique	30
Densité	7,14 g/cm
Température d'ébullition	910 °C
Température de fusion	419.53 °C
Configuration électronique	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²
Rayon atomique	0,138 nm

b. Toxicité de zinc

La toxicité du zinc vis-à-vis des plantes se traduisant par une chlorose en fer pouvant aller jusqu'à la nécrose des tissus, se situe vers des teneurs dans les sols de 150 mg/kg. Cette phytotoxicité est accrue par la pollution en cadmium qui accompagne celle du zinc. Cependant les seuils de toxicité sont variables en fonction de variétés et des substrats de culture (Adriano, 2001).

1.2.5. Biodisponibilité des métaux lourds

La biodisponibilité des métaux lourds implique des fractions instables, c'est-à-dire libres dans l'eau et les sédiments, qui peuvent être absorbées par les organismes aquatiques et transportées jusqu'au site pour fonctionner, et la biodisponibilité d'un même polluant dépend de caractéristiques environnementales (caractéristiques, physiques, chimiques, pH etc.), indicateurs biologiques (récepteurs écologiques), nature des polluants et ancienneté de la pollution (Allen, 1996; Belabed, 2010).

1.2.6. Bioaccumulation des métaux lourds

La bioaccumulation est l'accumulation de substances toxiques dans les tissus vivants. Les toxines accumulées, par exemple, s'accumulent dans les tissus de l'organisme et ne produisent des effets toxiques que lorsque leurs doses efficaces sont atteintes. Par conséquent, tous les organismes vivants sont capables d'accumuler des substances toxiques à des degrés divers, et dans certains cas, cela conduit au phénomène de transfert amplifié dans la chaîne alimentaire, plus le niveau observé est élevé, plus la position de l'organisme dans la chaîne alimentaire est élevée. Chaîne alimentaire. Le facteur de bioconcentration (BCF) et le facteur de bioaccumulation (BAF) sont deux paramètres utilisés pour mesurer la concentration de polluants dans l'organisme (Boudin, 2005).

1.2.7. Sources des éléments métalliques dans les écosystèmes aquatiques

Eléments	Secteur d'activité
Cd	Production de soufre, photographie, plastique, fongicides, insecticides, peinture antisalissure, céramique, verreries, cimenteries, raffinage du pétrole, engrais...
Cu	Métallurgie, papeterie, engrais, raffinage, tannerie, photographie, peinture antisalissure, céramique...
Zn	Papeteries, peintures, plastiques, lubrifiants...
Pb	Papeterie, engrais, raffinage, métallurgie, imprimerie, canalisations, accumulateurs céramiques, antirouille...
Cr	Productions d'aciers, textiles, métallurgie, tannage du cuir, cimenterie, teintures et pigments...
Ni	Productions d'aciers, d'alliages non ferreux, ustensiles de cuisines, batteries alcalines, pigments minéraux, boues...
Co	Industrie électrique, aéronautique et automobile, métallurgie réfractive, industrie des peintures et vernis, fertilisants agricoles, industrie pharmaceutique, fabrication des semi-conducteurs...
Mn	Industrie électrique, construction navale, fabrication d'aciers, industrie automobile, agriculture (fongicide, engrais), teinturerie, tannerie, industrie de textile, industrie des céramiques et verre...

Tableau 1: Principales sources d'ETM dans les écosystèmes aquatiques (Synthèse d'après : Förstner, 1987 ; Michel, 1993 ; INERIS, 2004)

1.2.8. Utilisation des métaux lourds

On peut ainsi les employer dans les aciers inoxydables, les matériaux du bâtiment, les munitions, les matériaux médicaux, la bijouterie, ... (Aranguren, 2008) et même les produits chimiques utilisés en agriculture, tel que les fongicides, les insecticides, les herbicides peuvent contenir plusieurs métaux toxiques comme Cu, Cd, Zn et Pb (Compaoré et Nanéma, 2010).

1.2.9. Impact sur l'environnement

Les produits chimiques qui peuvent constituer une menace pour la vie aquatique comprennent les métaux lourds, dont certains sont hautement toxiques et sont de plus en plus utilisés dans divers secteurs de l'industrie moderne. Comme il n'y a pas de biodégradation, ces métaux ne sont souvent pas éliminés, ce qui les rend plus dangereux. De ce fait, ils finissent par se répartir dans différentes parties de l'écosystème aquatique (eau, matières en suspension, algues, poissons, sédiments, etc.), entraînant parfois une perturbation de certains équilibres biologiques. (Coulibaly et *al.*, 2009 ; Abdallaoui,2014).

Les métaux lourds peuvent contaminer les eaux de surface et souterraines, et perturbant l'équilibre des écosystèmes aquatiques. Ces métaux deviennent toxiques à des concentrations élevées en raison de leur capacité à s'accumuler dans les organismes vivants (Belabed,2010).

1.2.9. 1. Contamination de l'eau

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes: les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc. (Fishbein, 1981).

1.2. 9.2. Contamination de l'air

Les principales sources de métaux dans l'air sont les sources fixes. Beaucoup de Les particules atmosphériques produites par la combustion à haute température, la fusion métallurgique, les incinérateurs municipaux, les véhicules, etc. contiennent des éléments traces. Les effets biologiques, physiques et chimiques de ces particules dépendent de la taille, de la concentration et de la composition des particules, et le paramètre le plus efficace pour l'environnement est la taille de ces particules. L'air ambiant contient de nombreux éléments tels que le plomb, le cadmium, le zinc, le cuivre, etc. Plus les particules sont fines, plus la concentration est élevée. (Mitchelle et *al.*, 1992).

1.2.9. 3. 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).

1.2.10. Impact sur l'homme

Eléments	Effets
As	Toxique, possible cancérigène
Cd	Hypertension, dommage sur le foie
Cr	Cancérigène sous forme de Cr (VI)
Cu	Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Hg	Toxicité chronique et aigue
Ni	Allergies de peau, maladie respiratoires possible cancérigène
Pb	Toxique
Se	Essentielle à faible doses, toxique à doses élevées
Zn	Toxique pour les végétaux à fortes teneurs

Tableau 2: Principaux effets des métaux lourds (El hraiki et *al.*, 1992)

Chapitre 02:Présentation de la zone d'étude

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. La situation géographique et administrative

Biskra est localisés entre la latitude 34° 51' 00'' Nord et la longitude 5° 44' 00'' au Sud – Est Algérien, plus précisément au Sud des montes des Aurès, qui constitue la limite Nord, elle se propage vers le Sud jusqu'à ce que la zone de chotts Melghir et au Sud-Ouest jusqu'au début du grand Erg oriental (Figure 1). Sa surface est de 21.671,20 Km². Celle-ci est limitée par la wilaya de Batna en Nord, la wilaya de M'sila au nord-ouest, la wilaya de Djelfa au sud-est, la wilaya de OuadiSouf au Sud et la wilaya de Khenchla au Nord. Biskra est situé dans une zone saharienne. Selon le recensement de 2016, notre zone d'étude regroupe une population de 205.162 habitants avec une densité de 33 habitants / km² (Benameur,2018).

Elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Au Nord : Wilaya de BATNA.
- Au Nord-est : Wilaya de KHENCHLA.
- Au Sud-est : Wilaya d'EL-OUED.
- Au Nord-Ouest : Wilaya de M'SILA.
- Au Sud-ouest : Wilaya de DJELFA.

Le chef-lieu de la wilaya est située à 400 km au Sud-est de la capitale, Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 21 671 Km² avec une altitude 128 mètre par rapport au niveau de la mer. Actuellement, la wilaya compte 12 Daïra et 33 communes.



Figure 2: Situation de la Wilaya de Biskra dans la carte de l'Algérie (A.N.I.R.E.F, 2013).

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 3: carte des limites administratives de wilaya de Biskra (A.N.I.R.E.F., 2013).

Hydrogéologie

Malgré la faiblesse des précipitations, les oasis de Biskra conservent des ressources d'eau renouvelable très variée (*Deghnouche, 2011*).

Le bassin hydrogéologique de Biskra englobe :

- La vallée de l'Oued Djeddi.
- La région de Biskra.
- La cuvette d'El Outaya

La lithologie et les considérations hydrodynamique permettent d'individualiser 4 unités aquifères principales sont les suivants :

- La nappe phréatique du Quaternaire.
- La nappe des sables du moi-pliocène et Pontien.
- La nappe des calcaires de l'éocène inférieur et sénonien.
- La nappe des grés du continental intercalaire (A.N.R.H, 2011).

2.1.2. Climatologie

La zone de Biskra est considérée comme une zone a climat semi-aride avec des hivers doux a semi-rigoureux et des étés chauds et secs (A.N.A.T., 2002). Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, pour définir le climat de la région d'étude nous avons exploités les données climatiques de la station météorologique de Biskra portées sur une période (2013/2014).

2.1.2.1. La Température

Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale, les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques. La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de fait les mares, les Suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec. La température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration. (A.N.A.T, 2002).

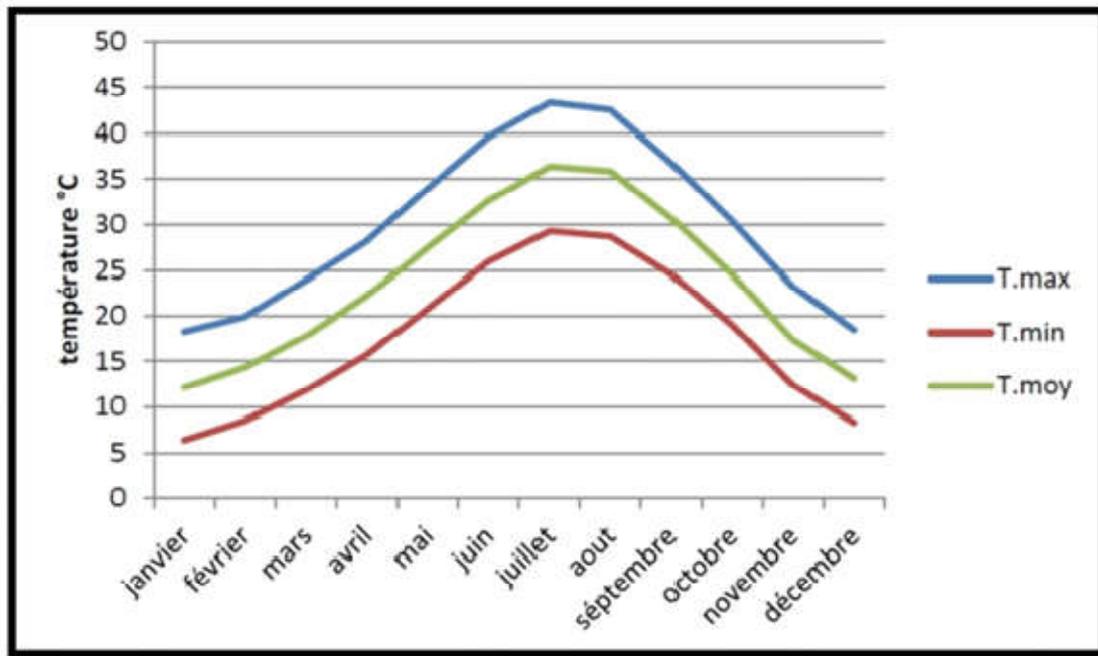


Figure 4: Températures moyennes des minima, des maxima et des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (1984- 2014).

D'après la figure (2); la région de Biskra est caractérisée par de fortes températures qui sont enregistrées entre le mois le plus chaud qui est Juillet avec un maximum de 43.3°C et le mois le plus froid Janvier avec un minimum de 6.4°C et la moyenne annuelle est de 23.7°C . (Djennane, 2016).

2.1.2.2. Les précipitation

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 3: 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. Humidité relative

Les valeurs moyennes mensuelles interannuelles de l'humidité relative de la wilaya de Biskra sont généralement inférieures à 65 %, elles varient entre 26 % et 63 %. Les mois de Juillet et Août sont les mois les plus secs alors que les mois de Décembre et Janvier sont les mois les plus humides (Harkati, 2018).

Tableau 4: Données météorologiques de la ville de Biskra (Hamdi, 2020).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmoy (°c)	11.9	13.7	16.2	20.0	25.2	29.9	33.5	32.7	27.5	22.1	16.5	12.8
Hmoy (%)	57	52	44	40	37	31	29	31	40	49	57	60
Vmoy (m/s)	3.70	4.18	4.59	4.82	4.78	4.34	3.70	3.82	3.58	3.82	3.60	3.65
Rmoy (w/m²)	211.7	295.5	411.7	489.7	511.2	533.5	525.1	476	398.8	304.2	219.2	177.7

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 privés 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.

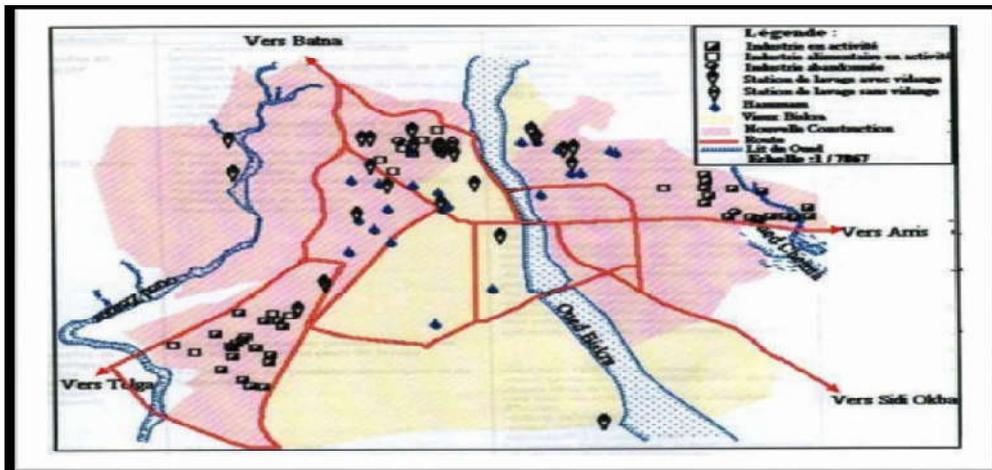


Figure 5: Localisation des différentes industries de la ville de Biskra (Bouchahm, 2008).

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 chargée en polluants et déversent leurs influents dans les oueds de la région.

L'Oued principale qui sert comme lieu de rejet de ces influents est Oued Z'mor qui reçoit un volume très important des déchets liquides pollués.

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

Le volume des eaux usées domestiques rejetées 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).

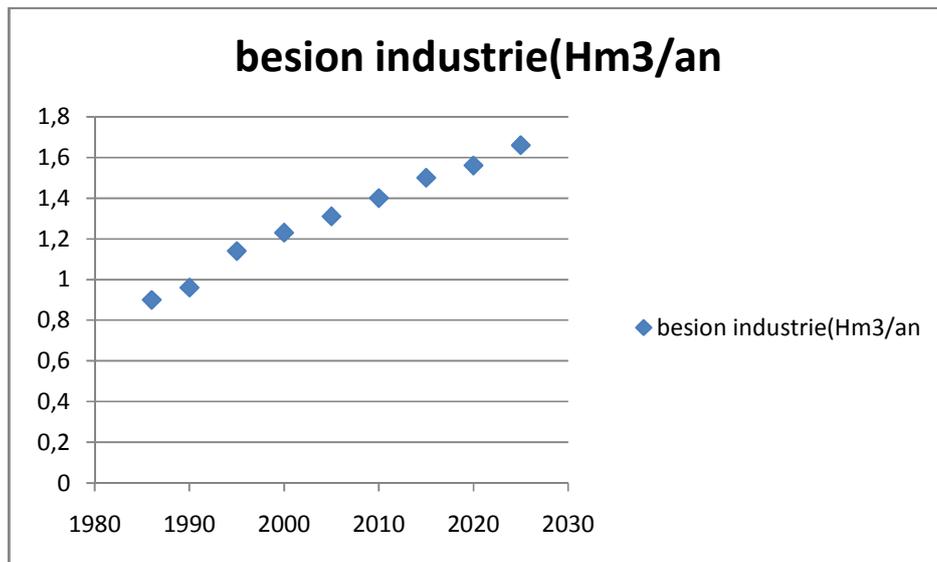


Figure 6: Evolution des besoins en eaux industrielles de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

3. Localisation du site de rejet des eaux usées de la ville de Biskra

3.2. Cadre d'étude

L'étude a été menée au niveau de la Wilaya de Biskra sur le site de rejet qui est : Oued z'mor. Ce rejet a été ciblé parce qu'il est un des principaux rejets de la ville de Biskra il est également utilisé à l'irrigation non autorisée.

Oued de Z'mor (WZM). Situé à l'ouest de la ville de Biskra, traverse les montagnes El-Corab à un endroit appelé Foum Mawya. Il est alimenté le long de son parcours par les oueds du Hammam, Hassi Mabrouk, El Tera et Leham. Il se caractérise par des conduits d'évacuation d'un diamètre de 1,5 m et d'une pente de 1,5%. Il collecte les eaux usées du secteur ouest de la ville de Biskra, qui comprend la zone industrielle, le centre de formation et la ville de 726 logements.



Figure 7: Les rejets de site (Oued Z'mor).

Echantillonnage de l'eau

Les prélèvements ont été effectués durant une période de six mois : de janvier à juin 2016

A partir des eaux usées provenant de Oued Z'mor sans aucune précaution particulière, sans addition d'agent de conservation dans des bouteilles en verre colorées de 0,1 litre remplies puis renfermés, protégés de la lumière par un Chatterton noir et transportés dans des caisses isothermiques 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.

Les matériaux et Les méthodes d'analyse

3.6.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

- **pH** : la mesure est faite avec un pH mètre.
- **Température** : la mesure est prise avec le thermomètre.

3.6.2. Analyse des paramètres métalliques

3.6.2.1. Dosage des éléments trace métalliques

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.

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 bidistillée. 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 8: Spectromètre d'absorption atomique à flamme (FAAS) (Photo original).

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

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome dans son état fondamental (pas d'excitation électronique) est converti en un état excitable par l'absorption d'un rayonnement (produit par une lampe cathodique creuse contenant l'élément doseur) qui correspond à une longueur d'onde propre à chaque élément. De plus, les résultats sont affichés sur l'écran de l'ordinateur (voir figure 2.5 à gauche) sous forme de graphiques, de valeurs d'absorbance, de gamme de concentrations d'étalonnage et d'échantillons (Traoere, 2007).

3.6.3. Analyse statistique des résultats

le but dans cette partie est d'établir une relation entre les différents paramètres physicochimiques et métalliques et pour visualiser et analyser les corrélations existantes entre les différentes variables qui contribuent à l'impact sur qualité de l'eau de l'Oued Z'mor, c'est pourquoi nous avons étudié un traitement statistique ACP (Analyse en Composante Principale) a été appliqué à l'ensemble des résultats physicochimiques et métalliques l'aide du logiciel SPSS 23.

ACP : est une méthode de la famille de l'analyse des données et plus généralement de la statistique multi variée, qui consiste à transformer des variables liées entre elles (dites «corrélées»), en statistique) en nouvelles variables dé corrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées « composantes principales » ou axes principaux. Elle permet au statisticien de résumer l'information en réduisant le nombre de variables. Ils sont également été utilisés Pour réduire la dimensionnalité élevée des paramètres d'un modèle 2D (**Site web 1**).

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 web2**).

Alors que le but de cette étude est :

- ✓ Etablir la relation entre les variables mesurées
- ✓ Etablie quelles sont les meilleurs variables
- ✓ Donner le meilleur variable

- ✓ Visualiser et analyser les meilleures observations (mois).
- ✓ D'homogénéité entre les observations.
- ✓ Etablir exactitude du notre modèle (ACP) et contribution variables et observation

Chapitre 04: Résultats et discussions

4-Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous verrons les différents résultats des tests physico-chimiques (PH, T) et des métaux lourds (Cd, Cr, Co, Pb, Cu, Fe et Zn) effectués sur les eaux usées de la ville de Biskra décharge (Oued Z'mor) de Décembre à Mai

Résultats obtenus sont comparés aux normes algériennes (JORA ,2009).

Tableau 5: Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Z'mor.

Parameters	Mois					
	D	J	F	M	A	M
PH	7.2	7.8	7	7.5	7.6	8
Temperature (°C)	14	14.5	14	24,4	18	25

4.1. Analyses des paramètres physicochimiques

4.1.1. PH

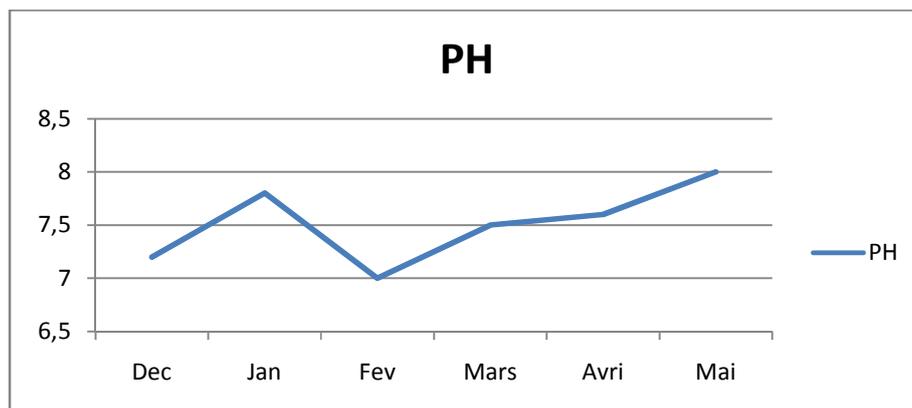
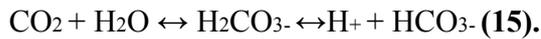
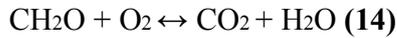


Figure 9: Teneur en PH dans le site de rejet (Oued Z'mor).

le pH doit être compris entre 5.5 et 8.5, donc le PH variant entre 7 et 8 (pH plus ou moins basique), elle ne dépassent pas la norme recommandé, la valeur maximale enregistrée est de 8 au niveau de Oued Z'mor durant le mois de (Mai), et une valeur minimale 7 dans le mois (Février).

Ce sont donc des eaux légèrement alcalines. On assiste à une décroissance de l'alcalinité en relation avec l'oxydation de la matière organique selon la formule (14) ou à l'augmentation de la pression du CO₂ qui conduit à une diminution du pH selon la formule (15) (Belhadj, 2017).



Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples. Il mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. La variation du pH causée par certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement est un indice de pollution (Chaouay et *al.*, 2016).

Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques (cuisson, lavage de résine: NaOH, Na₂S₂) ou acide (bioxyde, lavage de la résine: H₂S₄) (Fathallah et *al.*, 2014).

4.1.2. Température

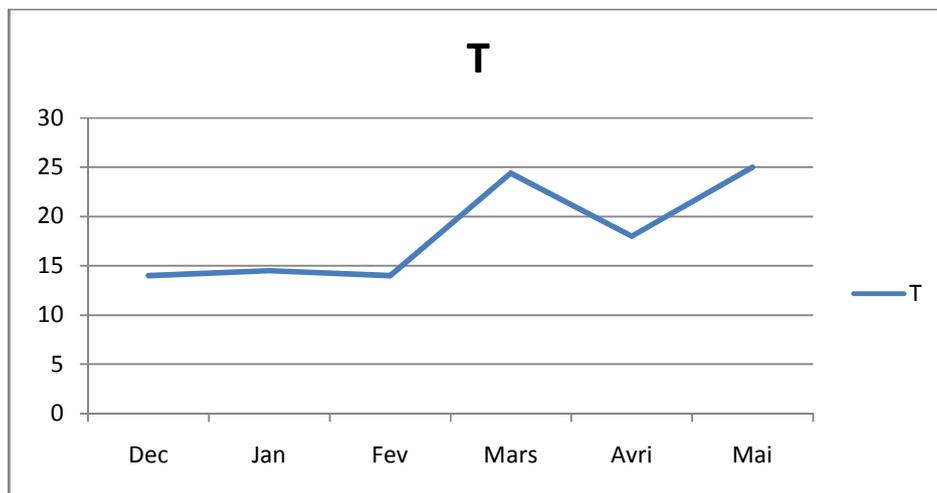


Figure 10: Teneur en température dans le site de rejet (Oued Z'mor).

Donc la température variant entre 14 et 25 °C, elles ne dépassent pas la norme recommandé (30°C), la valeur maximale enregistrée est de 25°C au niveau de Oued Z'mor durant le mois de Mai, et une valeur minimale 14°C dans les deux mois (Décembre et Février).

Ces résultats obtenus sont similaires à ceux signalés par Bengherbia et *al.* (2014), au niveau d'Oued Beni Aza (Blida, Algérie).

Selon (Chaouay et *al.*, 2016), La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques . Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les micro-organismes.

4.2.Résultats et discussions d'analyse des paramètres métalliques des sites de rejets

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.

Tableau 6: Les résultats de la variation des teneurs en métaux

Métal	Mois					
	D	J	F	M	A	M
<i>Fe (mg/l)</i>	0.7	0.98	0.43	0.6	0.5	0.9
<i>Co (mg/l)</i>	0.2	0.30	0.7	0.60	0.50	0.5
<i>Cu (mg/l)</i>	0,27	0,30	0,23	0.2	0.2	0.1
<i>Cd (mg/l)</i>	0.15	0.17	0,12	0,01	0.14	0.16
<i>Pb (mg/l)</i>	0.1	0.2	0.3	0	0	0.02
<i>Zn (mg/l)</i>	0.2	0.3	0.5	0.3	0.04	0.7
<i>Cr (mg/l)</i>	0.15	0.17	0.18	0.1	0.13	0.2

4.2.1. Fer(Fe)

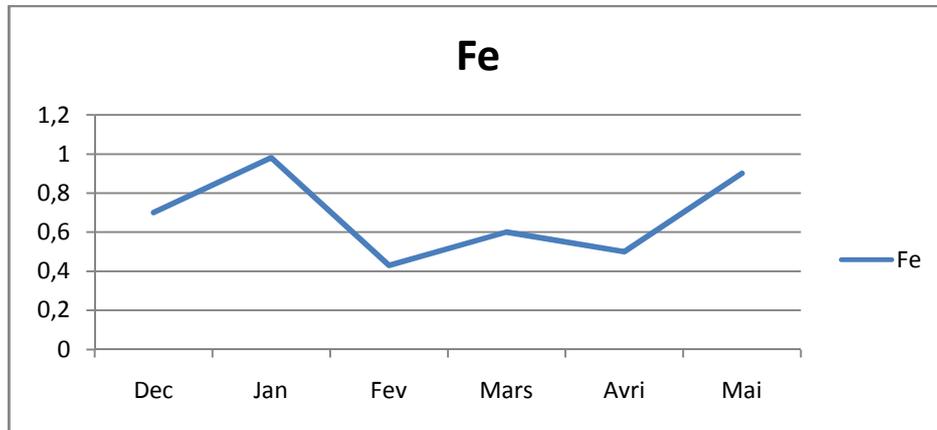


Figure 11: Teneur en Fer dans le site de rejet (Oued Z' mor).

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Fer du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). Les teneurs en Fer ne dépassent pas la norme établie (1mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0.98 mg/l dans le mois (Janvier) et une valeur minimale 0.43 mg/l dans le mois(Février).

Ces résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvés par Tohouri et *al.* (2017), au niveau les eaux de surface de la région de Bonoua .Cette différence s'expliquait par l'importance de la charge en Fe dans les eaux d'Oued issu essentiellement des activités industrielles à Biskra.

Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde, $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Dans les eaux souterraines, au contraire, l'absence d'oxygène fait que le fer reste en solution. Sous l'action de bactéries, le fer ferrique peut être réduit en fer ferreux dans les sédiments, en présence de composés organiques (Sellal, 2015).

4.2.2. Cadmium (Cd)

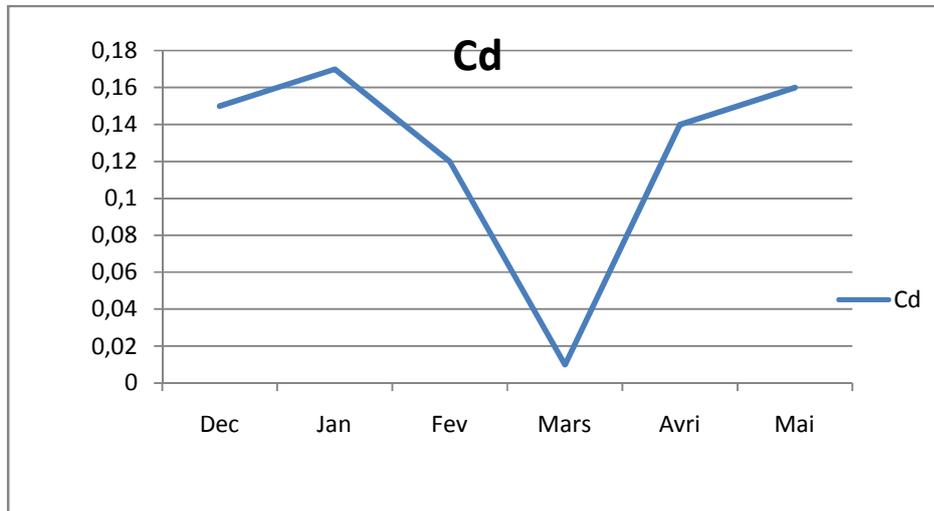


Figure 12: Teneur en Cadmium dans le site de rejet (Oued Z`mor)

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Cadmium du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). les teneurs en Cadmium dépassent la norme établie (0,1 mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0.17mg/l dans le mois (Janvier) et une valeur minimale 0,01 mg/l dans le mois(Mars).

Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvés par Kaimoussi et *al.* (2004), au niveau des eaux côtières atlantiques d'El Jadida(Maroc).

Dans l'environnement, le Cd provient pour la plus grande partie des usines élaborant ou traitant les métaux et des unités d'incinération de déchets. Il parvient dans le sol par le processus de déposition par les engrais qui en contiennent et par les boues d'épuration. Il parvient dans les eaux avant tout par dépôt à partir de l'air, mais aussi par les eaux de précipitation et par l'eau de ruissellement de décharges d'ordures (Idrissi, 2009).

Il n'est pas essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du zinc et du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus. Le cadmium est identifié comme un polluant extrêmement toxique (Sellal, 2015).

La géochimie du Cd est étroitement liée à celle du Zn, mais elle diffère toutefois puisque le Cd présente une grande affinité pour le soufre ((Tahar, 2012).

4.2.3. Chrome (Cr)

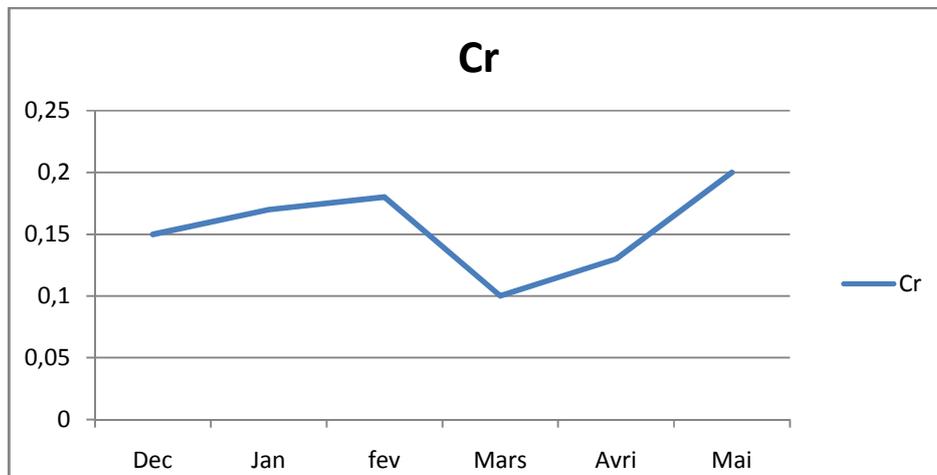


Figure 13: Teneur en Chrome dans le site de rejet (Oued Z`mor).

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Chrome du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). les teneurs en chrome ne dépassent pas la norme établie (2 mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0.7mg/l dans le mois (Mai) et une valeur minimale 0.04 mg/l dans le mois (avril),

Ces résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvés par niveau deux sites du littoral atlantique marocain la région de Maroc (Moustaid ,2005).

Le Chrome est extrait essentiellement de la chromite, minéral qui contient entre 40 à 60 % d'oxyde de chrome. La présence du chrome dans l'environnement peut avoir une origine naturelle (altération des roches, précipitations, retombées atmosphériques) ou une origine anthropique (mise en décharge, rejets pétroliers, tanneries) selon Dragunski et *al.*, (2012).

4.2.4. Cobalt (Co)

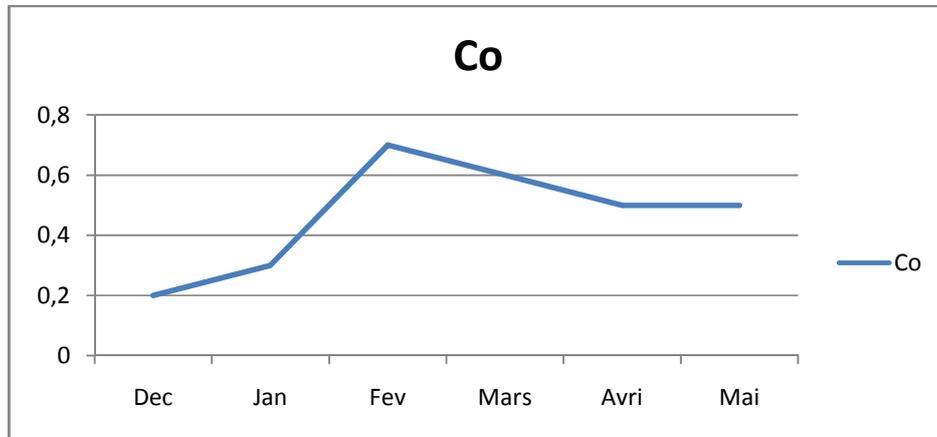


Figure 14: Teneur en Cobalt dans le site de rejet (Oued Z'mor)

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Cobalt du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). les teneurs en Cobalt ne dépassent pas la norme établie (2mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0.7 mg/l dans le mois (Février) et une valeur minimale 0.2 mg/l dans le mois (Décembre), ces valeurs sont très faibles .

Ces résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvés par niveau deux sites du littoral atlantique marocain la région de Maroc (Moustaid *et al.*, 2005).

4.2.5. Plomb (Pb)

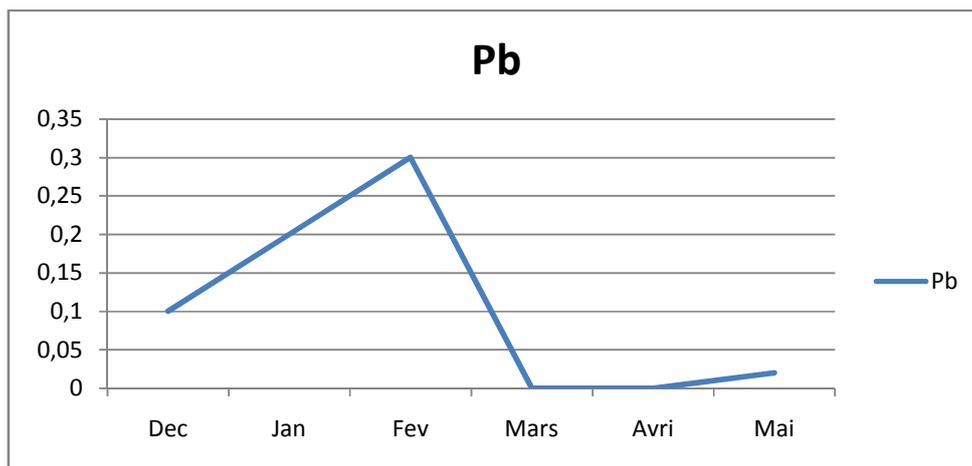


Figure 15: Teneur en Plomb dans le site de rejet (Oued Z'mor)

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Plomb du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). Les teneurs en plomb ne dépassent pas la norme établie (0.5mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0.3 mg/l dans le mois (février) et une valeur minimale 0 mg/l dans les deux mois (mars et avril), ces valeurs sont très faibles.

Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvées par *Khaled-Khodja et al.* (2016), au niveau des eaux et du sédiment d'Oued Bouhamra(Annaba).

C'est un métal non essentiel dont la toxicité se manifeste par inhibition des enzymes responsables de la synthèse de l'hémoglobine et par sa compétition avec le calcium dans les réactions métaboliques (Sellal, 2015)

4.2.6. Cuivre (Cu)

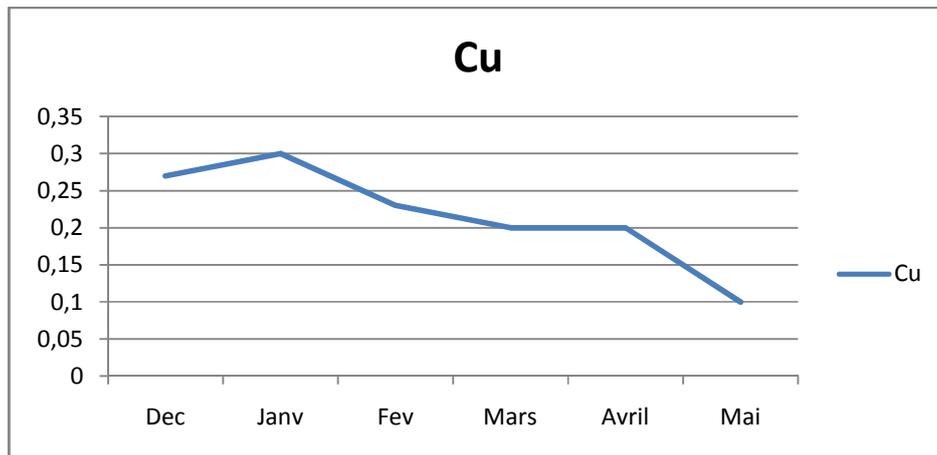


Figure 16: Teneur en Cuivre dans le site de rejet (Oued Z'mor)

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Cuivre du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). Les teneurs en Cadmium ne dépassent pas la norme établie (1 mg/l), la valeur maximale enregistrée est 0,30 mg/l dans le mois (janvier) et une valeur minimale 0,1 mg/l dans les deux mois (Mai).

Ces résultats obtenus sont supérieurs à ceux trouvées par *Tohouri et al.* (2017), au niveau les eaux de surface de la région de Bonoua .

Le cuivre peut être réintroduit dans l'environnement par des moyens naturels et anthropiques (Nriagu, 1990).

C'est un très bon conducteur électrique et thermique. Lorsque le cuivre est découvert dans le sol, il est fortement attiré par les matières organiques. En conséquence, il ne nage presque jamais dans l'eau saumâtre. Le cuivre peut être mis en suspension sur des particules de boue ou utilisé comme ion libre dans les eaux de surface (Khandanlou et *al.*, 2015).

Le cuivre est le plus souvent complexé aux matières organiques du sol (exsudats racinaires, composés humiques, etc.), bien qu'il puisse également se trouver sous forme minérale dans des proportions variables selon le milieu. Les quantités absorbées par les plantes sont liées à la quantité d'ions libres en solution près des racines (Quartacci et *al.* 2009), et donc à la Ph.

4.2.7. Zinc (Zn)

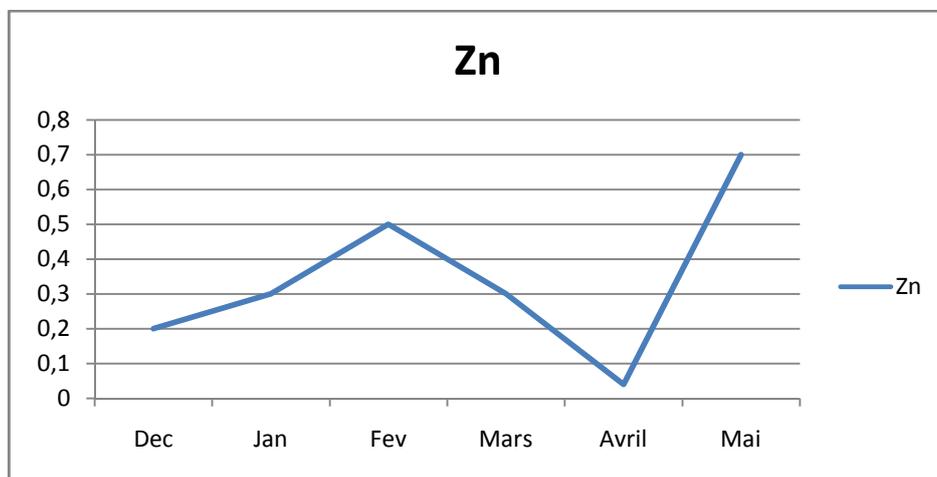


Figure 17: Teneur en Zinc dans le site de rejet (Oued Z'mor)

D'après le graphique obtenu à partir des résultats des concentrations de Zinc du site de rejet Biskra (Oued Z'mor). Les teneurs en Zinc ne dépassent pas la norme établie (2mg/l), donc ils n'ont pas un effet remarquable, la valeur maximale enregistrée est 0.7 mg/l dans le mois (Mai) et une valeur minimale 0.04 mg/l dans le mois (avril),

Les résultats obtenus (0.7 mg/l), sont supérieurs à ceux trouvés par Fouad et *al.* (2014), au niveau d'Oued Hassar (Maroc). Cette différence provient des activités industrielles et urbaines à la région de Biskra.

Le zinc existe dans le sol comme composant de la structure minérale, en particulier dans les silicates ferromagnésiens sur les complexes adsorbants, en complexes organiques solubles et insolubles, et sous forme ionique dans l'eau du sol (Lozet et Mathieu, 1997). Selon Benmessoud

(2007), 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 poisons), ces organismes constituent des bases de nombreuses chaînes alimentaires.

4.3. Traitement statistique

Durant la période de l'étude, l'état hydro chimique de l'eau est appréhendé à partir de la mesure de 9 variables physicochimiques et métalliques.

- **9 variables:** La température, le pH, et les éléments traces métalliques (Fe, Pb, Zn, Cd, Cr, Co, Cu).
- **6 individus:** Qui sont les mois (Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril, Mai)

4.3.1. Plan factorielle (F1, F2)

L'analyse des résultats permet de constater que la majeure partie des informations est expliquée par les deux premiers axes factoriels. Dans deux axes factoriels F1 et F2, Les deux axes pris en considération pour décrire les corrélations entre les variables liées aux structures spatiales, L'axe F1 permet explique 35,530% de l'information total et l'axe F2 permet explique 32, 115% de l'information total que le plan factorielle (F1,F2) est explique de 67,646% d'information total.

Tableau 7: Valeurs propres et pourcentage de la variance expliquée par les axes.

Composante	Valeurs propres initiales		
	Total	% de la variance	% cumulés
1	3,198	35,530	35,530
2	2,890	32,115	67,646
3	2,001	22,232	89,877
4	,616	6,844	96,721
5	,295	3,279	100,000
6	1,058E-016	1,175E-015	100,000
7	4,789E-018	5,321E-017	100,000
8	-1,080E-016	-1,200E-015	100,000
9	-2,313E-016	-2,570E-015	100,000

Principaux des paramètres physicochimiques et métalliques.

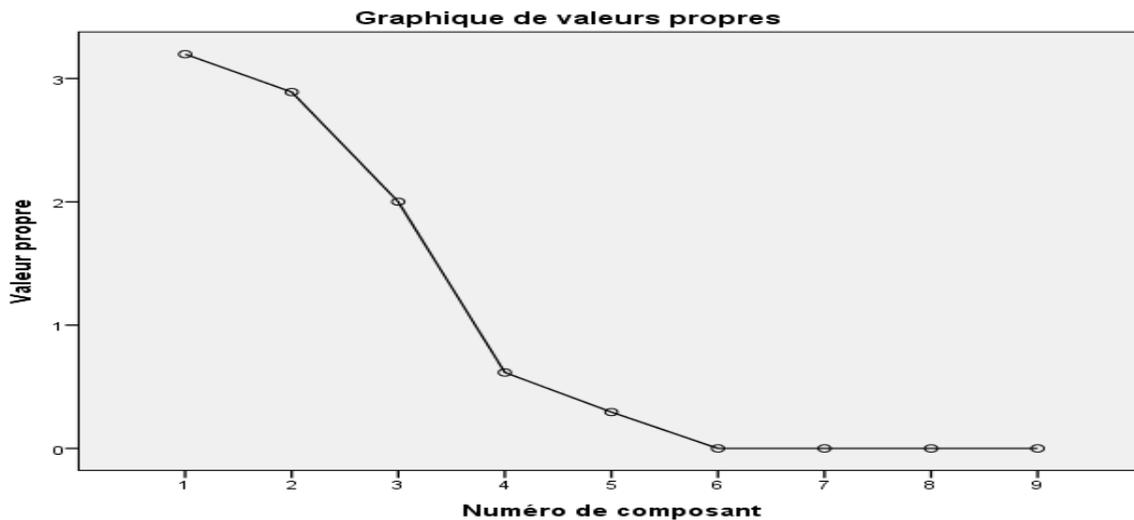


Figure 18: graphique représente les valeurs propres.

4.3.1. Contribution des les variables

4.3.1.1. Matrice de corrélations

On à coefficient de corrélation R notamment varie entre -1 et 1, dans l'interruption des résultats en utilise souvent les règles suivants.

- SI $R=0$ donc pas de la relation
- SI $R>0$ donc la relation est Croissante (positive)
- SI $R<0$ donc la relation est Décroissante (négative)
- $0<r<0,4$ donc la relation est faiblement corrélée
- $0,4<r<0,6$ donc la relation est bien corrélation
- $r>0,6$ donc la relation est fortement corrélation
- $r=1$ donc la relation est très bien corrélée

Tableau 8: Matrice de corrélation entre les variables physico-chimique et métalliques.

Corrélation	FE	CO	CU	CD	PB	ZN	CR	PH	T
FE	1,000	-,603	,018	,456	-,086	,322	,428	,739	,157
CO	-,603	1,000	-,490	-,529	,093	,362	-,059	-,193	,375
CU	,018	-,490	1,000	,127	,551	-,560	-,207	-,447	-,825
CD	,456	-,529	,127	1,000	,294	,097	,746	,252	-,478
PB	-,086	,093	,551	,294	1,000	,232	,487	-,525	-,738
ZN	,322	,362	-,560	,097	,232	1,000	,716	,233	,388
CR	,428	-,059	-,207	,746	,487	,716	1,000	,201	-,181
PH	,739	-,193	-,447	,252	-,525	,233	,201	1,000	,586
T	,157	,375	-,825	-,478	-,738	,388	-,181	,586	1,000

D'après la matrice des corrélations, on observe que les corrélations entre les variables (Co - Fe) avec le coefficient de corrélation est -0,603 et (T-Pb) dont le coefficient de corrélation est (-0,738), en fait (T-Cu) le coefficient de corrélation est égale (-0,825) donc la relation entre ces trois couples est décroissante et fortement corrélée. Par contre on remarque qu'il existe une corrélation croissante et forte entre les couples (Cr-Cd) avec le coefficient de corrélation est (0,746), ensuite (PH-Fe) le coefficient de corrélation est égale (0,739), enfin (Cr-Zn) dont le coefficient de corrélation est 0,716 indiquant qu'ils sont issus de sources communes. On remarque aussi qu'il existe une corrélation croissante mais faible entre (Cd- Cu) est égale(0,127), de plus (Pb-Cd) le coefficient de corrélation est égale(0,294) ainsi que (Fe -T) le coefficient de corrélation est égale(0,157). D'autre part la corrélation entre (Cu - Fe) le coefficient de corrélation est (0,018) donc pas de relation. Température et le Cu le taux de corrélation entre eux c'est (-0,825) donc la relation entre deux variables est décroissante et très bien corrélée.

Donc, on a une corrélation importante entre le chrome et le cadmium et chrome et zinc ce qui explique que ces éléments pourraient provenir de la même origine et existe une grande affinité chimique entre PH et Fe dans l'eau du site de rejet. Les teneurs en chrome et zinc ne dépassent pas les normes algériennes par contre les teneurs en cadmium dépassent les normes algériennes.

4.3.1.2. La qualité des variables

D'après de La Qualité de représentation on a remarque qu'il existe très bonne représentation des paramètres dans le oued Z'mor sont suivants : la qualité température est égale à 0,981. Le Cuivre sa qualité est égale 0,805, encore pour le Cadmium qualité est égale 0,792. Donc le plus influence sur les mois est la température.

Tableau 9: Qualité de représentation.

	Initial	Extraction
FE	1,000	,700
CO	1,000	,378
CU	1,000	,805
CD	1,000	,792
PB	1,000	,551
ZN	1,000	,455
CR	1,000	,717
PH	1,000	,708
Temperature	1,000	,981

4.4. Contribution des observations (mois)

Cercle des corrélations permettent de schématiser les liens existant entre les différents variables (paramètres) sur l'axes factoriels, dans un site étudié (Oued Z'mor).

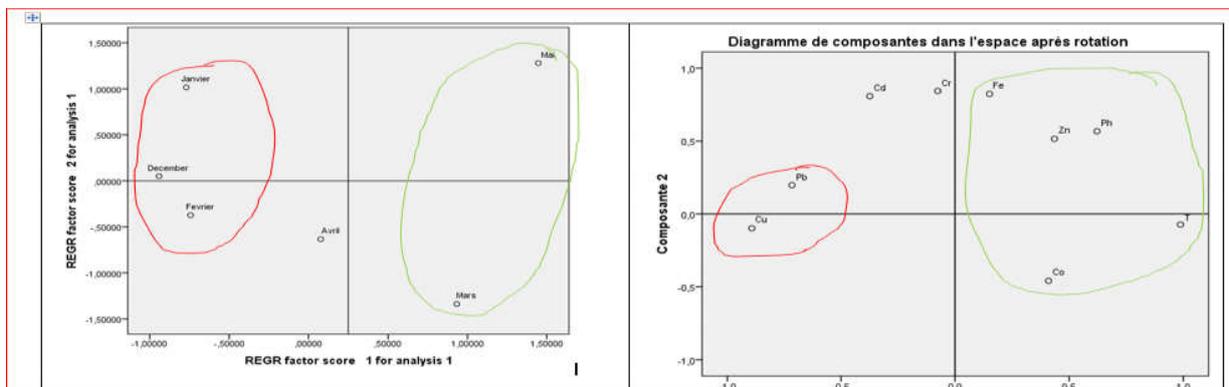


Figure 19: Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l'axe F1 et F2 des Paramètres physicochimiques et métallique.

D'après cercle des corrélations (figure), on obtient la corrélation croissante entre FE avec ZN et PH ,ces paramètres possèdent une corrélation décroissante avec CU, aussi on observe une corrélation croissante entre la T et CO ,par contre possède une corrélation décroissante avec plomb, CD .D'autre part, il ya une corrélation globalement croissante entre PB, CD et CR.

Selon le nuage des points et l'arbre hiérarchique permettent identifier certain relation entre les variables étudiées par suite il ya deux variables d'homogénéités sont groupes 1 (Janvier, Décembre, Février) caractérisé par une homogénéité pour les variables (Cu, Pb) grâce à (Cu) avec des concentrations moyenne dans un trois mois sont égales (0,27mg /L),(0,30mg/L) et (0,23mg/L).

Groupe 2 (Mars, Mai) caractérisé par une homogénéité pour les variables (T, Fe, Zn, Co, PH) grâce à (T) avec des concentrations moyenne dans un trois mois sont égales (24,4°c) et (25°c).

De plus, il ya deux groupes hétérogénéités pour G1et G2 (Cd, Cr) a cause de Cd dans les deux mois (Février et mars) avec des concentrations moyenne dans un deux mois sont égales (0,12 mg/L) et (0,01mg /L).

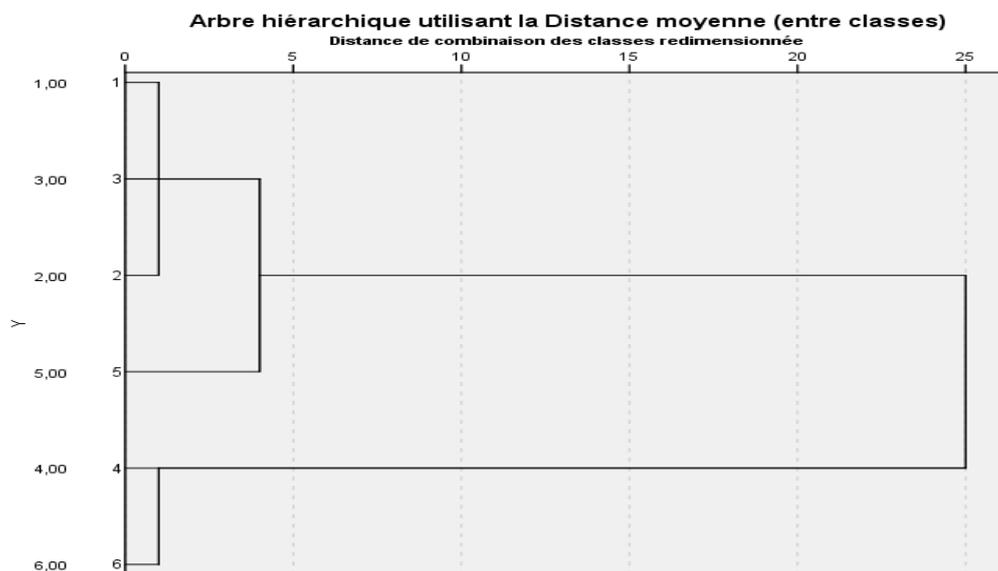


Figure 20: Analyse hiérarchique de grappes.

Conclusion

Conclusion

Les eaux usées sont de plus en plus utilisées par l'agriculture des pays en développement et des pays industrialisés.

La pollution des eaux usées est devenue le plus gros problème pour les pays en développement, comme dans notre zone d'étude à Biskra. Pour cette raison, nous avons étudié l'analyse physico-chimique et métalliques à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme montrée que l'oued étudié (Oued Z'mor), présentent des faibles concentrations pour tous les éléments (Fe ,Pb, Cr ,Cu, Zn, Co), contrairement Le Cd dépassent les normes algériennes qui est augmenté pendant l'hiver (Janvier).

L'utilisation des analyses statistiques à savoir l'Analyse en Composantes Principales

(ACP), ce qui nous donne une idée sur la source de pollution au moyen d'une étude les corrélations existant entre les différents types des paramètres.

D'après ces résultats on a des trois couples qui se présentent la même source anthropiques (les activités industrielle...). Le premier couple est formé par le cadmium (Cd) qui dépend fortement avec le chrome (Cr). Le deuxième couple est représenté par le fer(Fe) corrèle avec le PH, Le troisième couple est formé par le chrome(Cr) corrèle avec le zinc (Zn). Le danger des métaux lourds est que lorsqu'ils transpirent par l'agriculteur pour atteindre le corps humain.

Après cette étude, nous concluons que la source de pollution dans l'oued z'mor est le cadmium, qui fait partie des métaux lourds les plus dangereux qui ne sont nécessaires dans processus vital mais toxiques sur l'organisme (la toxicité des métaux lourds se sent à long terme). Pour éviter ces problèmes, il est nécessaire de réaliser une station de dépollution des eaux usées.

Références

Liste des références

- A.N.A.T. 2002.** Schéma directeur des ressources en eau. Rapport Préliminaire.
- A.N.A.T. 2003.** Schéma directeur des ressources en eau (wilaya de Biskra).
- A.N.I.R.E.F. 2013.** Rubrique Monographie Wilaya de Biskra. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, pp.3-5.
- A.N.R.H. 2011.** Étude sur modèle de mathématique de système Aquifère de la région de Biskra. Ministère des ressources en Eau. Agence Nationale des Ressources Hydraulique.
- Abdellaoui A. (2014).** Les métaux lourds dans l'environnement, Ed. Édilivre. France, pp : 57.
- Abid F., Izeboudjen N., Lazib D., Bakiri M., Titri S., Louiz F. (2021).** SoCs Based Openrisc And Microblaze Soft Processors Comparison Study Cases: Audio Implementation And Network Implementation Based SoCs. Artificial Intelligence.
- Adriano D. C. (2001)** - Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals (2nd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Allen H. E., Hansen D. J. (1996).** The importance of trace metalspeciation to water qualitycriteria, Water Environment Research, 68(1): 42-54.
- Aranguren M. M. S. (2008).** Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Th. Doc : Univ. Toulouse III - Paul Sabatier.France.490 p.
- Attar T. 2020.** A mini-review on importance and role of trace elements in the humanorganism.
- Baize D., Tercé M. (2002).** Les éléments traces métalliques dans les sols. Approches.
- Belabed B. (2010).** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques ». Th. Doc : Univ.Badji Mokhtar Annaba. Algérie. 199p
- Belhadj M. Z. (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact. Thèse Doctorat, Université Mohamed Khider Biskra.

Benameur N., Debabeche M., Chabi H. (2018). Détermination et répartition cartographique du degré de pollution des eaux usées des trois principaux rejets de la ville de Biskra; Oued z'mor, Chaabet Roba et Oued Biskra.

Benameur N. (2015). Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra. Thèse de Doctorat. Université Mohamed Khider–BISKRA.

Bengherbia A., Hamaidi F., Zahraoui R., Hamaidi M. S., Megateli S. (2014). Impact des rejets des eaux usées sur la qualité physico-chimique et bactériologique de l'Oued Beni Aza (Blida, Algérie). *Lebanese science journal*, 15(2), 39-51.

Benmessoud F. 2007. Qualité physico-chimique, métallique et bactériologie de *Venerupis decussata* (LINNE 1758) et *Cardium edule* (LINNE 1767). Thèse de doctorat en Écologie animale, Université Mohamad V-Agdal, Rabat, pp. 62-63.

Berthelot C., Blaudez D., Leyval C. (2017). Differential growth promotion of poplar and birch inoculated with three dark septate endophytes in two trace element-contaminated soils. *International Journal of Phytoremediation*, 19(12), 1118-1125.

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.

Boudin N. (2005). Contamination des crustacés décapodes par les composés organohalogénés: Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l'araignée de mer *Maja Brachudactyla*. Thèse de doctorat. Université Bretagne Occidentale France. 309p.

Chaden M. H. (2014). Évaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse en géosciences. Université de Lorraine (Français).

Chafaa M. (2015). Bio-surveillance des métaux lourds (Pb, Zn, Cu) à la sortie de la station d'épuration de tiaret (Algérie) au moyen des végétaux aquatiques : plante *Lemna minor*, algue *Spyrogyra link sp* et bryophyte *Fontinalis antipyretica*. Thèse de doctorat en science. Université Djillali Liabés de Sidi Bel Abbés, p27,28.

Chaouay A., Okhrib R., Hilali M., Bazzi L, Chahid A., Khiri F. (2016). Contribution à l'étude de l'analyse physico-chimique et de la contamination métallique de l'eau de mer du littoral d'Agadir (Sud du Maroc). *J. Mater. Environ.* , 2748-2759.

Compaoré E., Nanéma L. S. (2010). Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, *Tropicultura*, 28(4) : 232-237.

Coulibaly A. S., Monde S., Wognin V. A., Aka K. (2009). Analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans les baies estuariennes d'Abidjan en Côte d'Ivoire, *Afrique sciences*, 5(3) : 77-96.

Deghnouche E. K. 2011. Étude de certains paramètres zootechnique et du métabolisme énergétique de la brebis dans les régions arides (Biskra). Thèse de doctorat. Sciences et Nutrition, université El-Hadj Lakhdar-Batna, p. 86.

Djennane K. 2016. Identification et étude de la valeur nutritionnelle des espèces fourragères spontanées de la région de Doucen wilaya de Biskra. Mémoire de magistère, département d'agronomie, université de Biskra, 154p.

Dossier pollution des eaux.

DPAT. 2008. Annuaire statistique de la wilaya de Biskra. Wilaya de Biskra.

Dragunski ADPASEDC, Dos-Santos VCG, Tarley DNCPECRT, Caetano J (2012). Highly improved chromium (iii) uptake capacity in modified sugarcane bagasse using different chemical treatments. *Quim Nova*. **35 (8)**, 1606-1611.

écologie végétal et environnement. Université de Biskra.

El Hraiki A., Kessabi M., Sabhi Y., Bernard P., Buhler D. R. (1992). Contamination par le Cd, Cr, Hg et Pb des produits de la pêche marocaine prélevés en mer Méditerranée. *Rev. Med. Vét*, 143(1), 49-56.

El-Sheekh M. M., El-Naggar A. H., Osman M. E. H., El-Mazaly E. (2003). Effect of cobalt on growth, pigments and the photosynthetic electron transport in *Monoraphidium minutum* and *Nitzschia perminuta*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 15(3), 159-166.

- Farhi Y. 2014.** Structure et dynamique de l'avifaune steppiques présahariens et phoenicicole des Ziban Thèse Doctorat, Univ. M. Khider, 354p
- Fathallah Z., Elkharrim K., Fath-allah R., Hbaiz E. M., HamidC., Ayyach A., Belghyti D. (2014).** Etude physico-chimique des eaux usées de l'unité industrielle papetière (CDM) a Sidi Yahia El Gharb (Maroc). *Iarhyss Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (20).
- Fishbein L. 1981.** Sources, transports and alterations of metal compounds: an overview. I.arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel.
- Förstner U. 1987.** Sediment-associated contaminants-an overview of scientific bases for developing remedial options. *Hydrobiologia*, 149, 221-246.
- Fouad S., Hajami 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
- 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.
- Gouin C. A., Aka N., Adiaffi B., Bamba B. S., Soro N. (2016).** Pollution saisonnière des sédiments de lagune par des métaux lourds (Cu, Pb et Zn) en zone tropicale humide: cas de la lagune Mondoukou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 835-845.
- Hamdi O. 2020.** Contribution à l'étude de l'efficacité d'un système géothermique (air-sol) placé dans une zone aride « cas de la région de Biskra ». Thèse de Doctorat d'état, Université Mohamed Khider Biskra, 72p
- Harkati D. décembre 2018.** Prévission de la salinité de la couche active des sols et optimisation du régime d'irrigation à caractère lessivant des terres mise en valeurs dans le sud-est Saharien : cas de Biskra et l'Oued Righ. Thèse de Doctorat d'état, Université Mohamed Khider Biskra, pp8-12.
- Idrissi L.E.(2009).** Cytoxicité du cadmium du plomb et du mercure et caractérisation du transport membranaire de cadmfum dans les cellules alvéolaires(A549). Mémoire de la maitrise en biologie, université du Québec à Montréal .

INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). 2004. Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM. Rapport technique. Paris: INERIS. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Direction de l'Eau. Unité "Evaluation des Risques Ecotoxicologiques", 85p.

INRS. 1997. Fiche toxicologique n°60, Cadmium et composés minéraux.

INRS. 2015. Fiche toxicologique n°128, Cobalt et composés minéraux.

Joly L. (2007). Antisémites et antisémitisme à la Chambre des députés sous la IIIe République. Revue d'histoire moderne contemporaine, (3), 63-90.

JORA 2009 (journal officiel de la république algérienne) N° 36. Décrets N° 09-209, pp. 18

Kaimoussi A., Mouzdahir A., Saih A. (2004). Variations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue *Ulva lactuca* prélevée au niveau du littoral de la ville d'El Jadida (Maroc). Comptes rendus biologies, 327(4), 361-369.

Kendouci M. A. (2017). Étude De Risque De Pollution Des Eaux Souterraines De La Ville De Béchar Et Valorisation Du Sable En Vue De Son Utilisation. Thèse de Doctorat en Science. Université des Sciences et de la Technologie Oran Mohamed-Boudiaf, P.31.

Khadraoui A. 2012. Qualité des eaux dans le Sud Algérien, Troisième édition, Office des Publications Universitaires, Algérie, pp. 92 -193.

Khaled-Khodja S., Durand G. (2016). Contamination métallique de l'eau et du sédiment d'Oued Bouhamra. Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 32, 135-146.

Khalifaoui A. (2012). Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane. Thèse du doctorat en science en génie des procédés. Université Mentouri de Constantine

Khandanlou R., Ahmad MB., Fard Masoumi H.R., Shameli K., Basri M., Kalantari K (2015) Rapid Adsorption of Copper(II) and Lead(II) by Rice Straw/Fe₃O₄ Nanocomposite: Optimization, Equilibrium Isotherms, and Adsorption Kinetics Study. *Plos one*. 10 (3), 1-19.

Khelif S. (2017). Impact de l'irrigation avec les eaux usées sur la qualité des sols agricoles et des eaux souterraines de la région de Fesdis. Région Nord de Batna. Thèse doctorat en sciences agronomiques. Université El Hadj Lakhdar de Batna, p.47.

Kropp T. 2014. Paier, J. Sauer, Journal of American Chemical Society 131(41) 14616-14625.

l'environnement. 2^{ème} édition, DUNOD, Paris, 1075 p.

Lenntech, (2007c) - Zinc (Zn). Propriétés chimiques-Effets du plomb sur la santé- Effets du plomb sur l'environnement. <http://www.lenntech.com/français/data-perio/Zn.htm> .

Lounas I. (2018). Préparation et caractérisation des catalyseurs à basse de cuivre et cobalt supportés. Etude propriétés catalytiques. Thèse du Doctorat 3^{ème} Cycle (LMD) en chimie, Université des Sciences et la Technologie Houari Boumediene, p.20.

Lozet J., Mathieu C. (1997)- Dictionnaire de science du sol. Coll. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

Mckenzie A. B. (1997). Isotope evidence of the relative retention and mobility of lead, and radiocesium in swedish ombrophilic peats, The science of the total environment, 203(2) :115-127.

Meharg A. A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants. By A. Kabata-Pendias. Boca Raton, FL, USA: CRC Press/Taylor Francis Group (2010), pp. 548. ISBN 9781420093681. Experimental Agriculture, 47(4), 739-739.

Michel X. 1993. Contribution à l'étude des interactions entre les contaminants chimiques, organiques et les organismes marins : bases moléculaires et applications à la biosurveillance de l'environnement côtier. Thèse de doctorat de l'Université Bordeaux 1. 234 p.

Mitchell DJ, Wild SR e Jones KC. 1992: Arrested municipal solid waste incinerator fly ash lourds 5306014f2e326 (Consulté Le 20.07.2020).

Moustaid K., Nasser B., Baudrimont I., Anane R., El Idrissi M., Bouzidi A., Creppy E. E. (2005). Évaluation comparée de la toxicité des moules (*Mytilus galloprovincialis*) de deux sites du littoral atlantique marocain sur des souris. Comptes Rendus Biologies, 328(3), 281-289.

Noureddine N. (2016). Contribution à la réduction du Cr(VI) par voie biologique : Effet du l'azote et du carbone. Thèse de doctorat Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

Nriagu J.O. (1990). Global metal pollution: Poisoning the biosphere. *Environment*. 32, 28-33.

Nys Y. (2001). Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair, *Productions animales*, 14(3) : 171-180.

Picaud C. (2017). Oligo-éléments : excès, carences et conseil officinal. Th. Doc : Univ.Limoges. France. 145 p.

Plumlee G.S. et Ziegler T.L.2003.The medicalgeochemistry of dust, soils and otherearthmaterials. In: B.S. Lollar (Ed.), *EnvironmentalGeochemistry. Treatise on Geochemistry*. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 264-310.

Quartacci M. F., Irtelli B., Gonnelli C., Gabbrielli R., et Navari-Izzo F. (2009). "Naturallyassisted metal phytoextraction by *Brassica carinata*: Role of root exudates." *Environmental Pollution*, 157(10), 2697-2703.

Ramade F. 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P. (2005) : Chambon P.,Champsaur, H. et Rodi, L. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer.Ed Dunod, Paris.

Sawadogo B. 2018. Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso. Génie des procédés. Thèse en cotutelle. Université Montpellier. Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.

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

Seghairi N., Mimeche L., Debabeche M., Hamzaoui A. (2013). Elimination du cuivre présent dans les eaux usées industrielles sur un filtre planté de Tamarix. *Courrier du Savoir* (N°15), pp.53-57.

Sellal A. (2015). *Etude de la pollution de Oued K'sob (région de Bordj Bou Arreridj) et de l'effet phyto-accumulateur de Phragmites australis (roseau).* Thèse Doctorat en Sciences. Université Ferhat Abbas Sétif 1, p.34.

Sharma P., Dubey R.S., 2005. Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17 (1): 35-52.

souterraines par les eaux usées. Cas de la ville de Biskra. Thèse d'ingénieur en

Stewart D. 2012. Iron element facts. Chemicool.

Tahar K.(2012). *Etude de Contamination, d'Accumulation et de Mobilité de Quelques Métaux Lourds dans des Légumes, des Fruits et des sols Agricoles Situés près d'une décharge industrielle de l'usine al zinc de la ville de ghazaouet. Thèse en doctorat. Université Abou Bekr belkaid Tlemcen .*

Tohouri P., Soro G., Kouassi E. A., MIESSAN G. A., GABRIEL E. A., BIEMI J. (2017). pollution by trace metals of the surface water of bonoua area in high water time (southeast of ivory coast). *Iarhyss journal* p-issn 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (29), 23-43.

Traore S. (2007). Mise au point d'une méthode d'analyse de trois métaux lourds dans le sel de consommation: le cadmium, le cuivre et le plomb. THESE, Faculté de Médecine de pharmacie et d'odontostomatologie(FMPOS) de Bamako, Bamako.

Trifi I. M. (2012). Etude de l'élimination du chrome (VI) par adsorption sur l'alumine activée et par dialyse ionique croisée. Thèse de Doctorat en cotutelle, Université Paris-Est Créteil.

Sites web:

Site web 1. https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_en_composantes_principales

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

Annexes

Annexes**Tableau : Norme Algérienne de rejet des métaux lourds (Journal officiel de la république algérienne n° 36, 2009).**

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Température	inférieure ou égale à 30° C
PH	compris entre 5,5 et 8,5
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Bérylium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2

Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène(DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium 300	300
Mercuré	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1

Sulfates	400
Zinc et composés	2

Résumé

الملخص

تتعرض مياه الصرف الصحي للعديد من مشاكل التلوث، بما في ذلك تلوث المعادن الثقيلة في النفايات السكنية والزراعية والصناعية. الغرض من هذه الدراسة هو دراسة التلوث المعدني في مياه الصرف الصحي في مدينة بسكرة (واد زمور). وأجريت الدراسة على مدى 6 أشهر (من كانون الأول/ديسمبر إلى أيار/مايو). وفي هذا السياق، أجرينا تحليلات فيزيائية - كيميائية ومعدنية. باستخدام مطياف الامتصاص الذري للهب، قمنا بقياس تركيز المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها تلوثًا معدنيًا كبيرًا لمياه الصرف الصحي. وفقًا للمعايير الجزائرية، فإن المياه ملوثة بالكاديوم مما يعطيها نوعية رديئة جدًا. أخيرًا، سمح لنا التحليل الإحصائي للمكونات الرئيسية الرئيسية ACP بتحديد الأصول الصناعية والزراعية والمحلية لهذا التلوث.

الكلمات الرئيسية: مياه الصرف الصحي، وادي زمور، والمعايير الفيزيائية الكيميائية، والمعادن الثقيلة

Résumé

Les eaux usées sont exposées à de nombreux problèmes de pollution, dont la contamination par les métaux lourds présents dans les déchets résidentiels, agricoles et industriels. L'objet de cette étude est d'étudier la contamination métalliques dans l'eau usée de la ville de Biskra (Oued Z'mor). L'étude c'est déroulée sur 6 mois (décembre à mai). Dans ce cadre, nous avons effectué l'analyse physico-chimique et métalliques. À l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme, nous avons mesurer les concentration de métaux lourd dans les eaux usées. Les résultats obtenus montrent une importante contamination métallique de l'eau usée. Selon les normes algériennes, l'eau est contaminée par cadmium qui lui confère une très mauvaise qualité. Enfin, l'analyse statistique en composantes principales (ACP), nous a permis d'identifier les origines industrielle, agricole et domestique de cette pollution.

Mots clés : eaux usées, oued Z'mor, paramètres physico chimiques, métaux lourds

Abstract

Wastewater is exposed to many pollution problems, including heavy metal contamination in residential, agricultural and industrial waste. The purpose of this study is to study metal contamination in the wastewater of the city of Biskra (Oued Z'mor). The study took place over 6 months (December to May). In this context, we carried out physico-chemical and metallic analysis. Using a flame atomic absorption spectrometer, we measured the concentration of heavy metals in wastewater. The results obtained show significant metallic contamination of the wastewater. According to Algerian standards, the water is contaminated with cadmium which gives it a very poor quality. Finally, the statistical analysis into main components (ACP), allowed us to identify the industrial, agricultural and domestic origins of this pollution.

Keywords: wastewater, wadi Z'mor, physico-chemical parameters, heavy metals.