



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : de Biologie et Ecologie végétale.

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Gestion durable des écosystèmes

Spécialité : Pollution des Ecosystèmes et écotoxicologie

Intitulé :

***Dosage des métaux lourds Cd, Cr, Pb dans les rejets liquides de
trois industries de la wilaya de Constantine***

Présenté et soutenu par : *NEDJAR Romaiissa*

Le : 23/06/2016

Jury d'évaluation :

Président du jury : *Mlle. Sahli Leila* (M.C.A - UFM Constantine).

Rapporteur : *Mme. Zaimeche Saida* (M.C.B - UFM Constantine).

Examineurs : *Mr. Touati Laid* (M.C.B – UFM Constantine).

***Année universitaire
2015 - 2016***

Remerciements

Je tiens avant tous à remercier Dieu tout puissant de me donné la force et la volonté pour achever ce modeste travail.

*Je voudrais d'abord adresser toute ma gratitude et mes profonds remerciements à la directrice de ce mémoire Madame **Zaimeche Saida**, je la remercie de m'avoir encadrée, orientée, conseillée et l'intérêt qu'elle a donné à mon travail et aussi pour sa disponibilité et ses avis éclairés tout au long de mon projet.*

Mes remerciements vont à tous les membres de laboratoire de L'observation National de l'environnement et du développement durable O.N.E.D.D, qui m'ont offert des conditions de travail favorable.

*Je suis très honorées de la présence à ce jury Mademoiselle **Sahli Leila**, et Monsieur **Touati Laid**, et je les remercie chaleureusement d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Je remercie également les enseignants du département biologie et écologie pour tout le savoir qu'ils ont su nous transmettre durant ces années, sans oublier bien sur tout le corps professionnel de ce département.

*Je tiens à remercier tous mes amis en particulier **Hiba** et **Asma**, pour leur sincère amitié et confiance, leurs soutiens inconditionnels et leurs encouragements, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.*

Je veux exprimer mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont apporté l'aide et l'assistance nécessaire à l'élaboration de ce travail.

Enfin, je remercie mes amis et camarades de promotion pour ces années passées ensemble, dans les meilleurs moments comme dans les pires.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parent, mon père **Khierdine**, et ma mère **Zahira**, qui m'ont toujours aidé et soutenue durant toute ma vie, que dieu vous protège.*

*A mes sœurs ; **Rayen, Rabeb** et mon frère ; **Rostom**, merci infiniment pour ce que vous avez fait pour moi.*

*A ma chère belle sœur **Sarah** pour sa gentillesse.*

*A mes neveux et nièces ; **Mounib, Yasmine, Anouar, Ines, Yacine, Mimou**, et la petite adorable **Meissen**.*

A tous les membres de ma famille sans aucune exception.

A tous mes amis et mes collègues, et tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin.

Résumé :

Dans le but d'évaluer le risque de la pollution par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans les cours d'eau de la wilaya de Constantine. Des prélèvements d'échantillons de rejets industriels d'origine liquide ont été réalisés dans trois sites de trois zones industrielles: zone d'El Khroub, (SNTA Constantine), zone industrielle d'Ain smara, (SPAGERMAN), zone industrielle de palma, (Sarl I.T.A).

Les résultats représentatifs, des caractéristiques physico-chimiques (température, pH...), ainsi que, le dosage du cadmium, plomb et chrome dans ces rejets industriels révèlent que : la couleur de l'eau est de marron foncé à marron clair, l'odeur est supportable, la température et le pH sont selon les normes.

Les échantillons ont été analysés pour déterminer la concentration en métaux lourds (Cd, Pb et Cr) par la technique de spectrophotométrie à absorption atomique (SAA). La concentration des métaux lourds dépassent les normes (décret 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents industriels du journal officiel N° 26 du 23 avril 2006). Pour le (Cd et Cr) au niveau de site 1 et site 2. Par contre, les teneurs du Pb sont dans les normes autorisées.

Ces résultats montrent de façon générale, une variation des teneurs en métaux lourds dans les trois unités industrielles.

Mots clé : rejet industriel, pollution des eaux, les métaux lourds.

Abstract:

In order to assess the risk of pollution from heavy metals that may be found in the streams of the Wilaya of Constantine, samples of industrial liquid discharges origins were carried out in three locations: zone of El khroub, (SNTA Constantine), industrial zone d'Ain smara, (SPAGERMAN), de palma, (Sarl I.T.A).

In order to obtain representative results. The physico-chemical characteristics (temperature, pH...), and the rate of cadmium, lead and chromium in industrial discharges reveal than:

The color of the water is dark brown to clear brown, the odeur is bearable, the temperature and pH are according to the standards.

the samples were analyzed for heavy metal concentration (Cd, Pb and Cr) using the atomic absorption spectrophotometry technique (SAA).The concentration of two heavy metals (Cd and Cr) exceeded the standards(J-O N° 26 du 23 avril 2006) at the site 1 and site 2, however the third Pb metal was found below the threshold.

These results generally show a strong variation in levels of heavy metals according to the industrial units.

Key words: industrial waste, water pollution, heavy metals.

ملخص:

من اجل تقييم مخاطر التلوث بالمعادن الثقيلة التي قد تكون موجودة في المجاري المائية لمدينة قسنطينة أجرينا اختبارات لعينات من مياه النفايات الصناعية ذات مصدر مائي في ثلاث مناطق صناعية : منطقة الخروب ،منطقة الصناعية للسمارة، المنطقة الصناعية بالما

تم تحديد الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمعدل الرصاص والكروم و الكاديوم و(الحرارة وإمكانات المياه) في مختلف النفايات الصناعية المدروسة كشفت ان اللون بين البني الغامق إلى البني الفاتح و الرائحة مقبولة، الحرارة وإمكانات المياه تتماشى مع الشروط.

عملية تحليل النتائج كانت باستعمال تقنية الطيف ، نسبة المعادن الثقيلة التي وحدثت تفوق الحد المشروط بالنسبة للمعدنين و الكروم الكاديوم وفق المرسوم(رقم 26 ل: 23 افريل 2006) في الموقع 1 و الموقع 2، عكس ما تبين في تركيز الرصاص الذي لم يتعد الحد المشروط.

هذه النتائج تبين بصورة عامة' اختلاف واضح في تركيز المعادن الثقيلة في التلث مواقع المدروسة.

الكلمات الرئيسية:النفايات الصناعية، التلوث المائي، المعادن الثقيلة.

Liste des abréviations

pH: potentiel hydrique.

ETM: éléments traces métallique.

Hg: Mercure.

As: Arsenic.

Mn: Manganèse.

Ni : Nickel.

Pb : plomb.

Sn : Etain.

Zn : Zinc.

Cr : Chrome.

Cu : Cuivre.

Cd: Cadmium.

Fe: Fer.

Cr (III): Chrome trivalent.

Cr (VI): Chrome hexavalent.

Mo: Molybdém.

Sb: Antimoine.

Pb(s): galena.

PbSO₄(s): anglésiete.

ZnS(s): sulfure de zinc.

ZnCO₃: smithsonite.

CdS(s): greenckite.

µm: micromètre.

H₂O₂: Eau oxygéné.

HNO₃ : acide nitrique.

SAA : spectrophotomètre d'absorption atmique.

T min : température minima.

T max : température maxima.

°C : degré celsius.

P : précipitation.

Ppm : partie par million

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les caractéristiques physico-chimiques du Pb.....	13
Tableau 2 : Les caractéristiques physico-chimiques du cadmium.....	14
Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques du chrome.....	16
Tableau 4 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm (1981-2010).....	21
Tableau 5 : Moyennes mensuelles des températures (1981-2010).....	21
Tableau 6 : Information générale d'échantillonnage	30
Tableau 7 : Paramètre mesurés sur terrain	34
Tableau 8 : pH et température relevés dans le cas de l'échantillonnage.....	35

Liste des figures

Figure 1 : carte topographique de la wilaya de Constantine.....	19
Figure 2 : diagramme ombro-thermique de la willaya de Constantine (1981-2010).....	22
Figure 3 : localisation géographique des sites de prélèvements.....	25
Figure 4 : la verrerie du laboratoire immergée dans l'acide Nitrique.....	27
Figure 5 : Etape de la préparation des solutions pour la minéralisation.....	28
Figure 6 : Etape de la minéralisation.....	29
Figure 7 : Etape de la filtration.....	29
Figure 8 : Spectrophotomètres de flamme : (a) appareil à simple faisceau (b) appareil à double faisceau.....	31
Figure 9 : Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique.....	32

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I Synthèse bibliographique

I-1 Définition de rejet industriel4

I-2 Pollution des eaux et des cours d'eau.....4

I-2-1 Définition des cours d'eau.....4

I-2-2 Définition de pollution des eaux.....4

I-3 Origine des pollutions5

I-3-1 La pollution domestique.....5

I-3-2 Pollution urbaine5

I-3-3 La pollution industrielle.....6

I-3-4 La pollution agricole.....6

I-4 Impact des pollutions.....7

I-5 Les conséquences de la pollution des eaux.....7

I-5-1 Les conséquences écologiques.....7

I-5-2 Les conséquences sanitaires.....8

I-5-3 Conséquences industrielles.....9

I-5-4 Conséquences agricoles.....9

I-6 Les métaux lourds9

I-6-1 Source des métaux lourds10

I-6-2 Effets des métaux lourds et critères de qualité des eaux10

I-6-3 La toxicité des métaux lourds11

I-6-4 Effets des métaux lourds sur l'homme12

I-7 caractéristiques des métaux lourds Pb, Cr, Cd12

I-7-1 le plomb12

I-7-2 le cadmium	14
I-7-3 le chrome	15

CHAPITRE II Matériel et méthodes

II -1 Descriptions de la zone d'étude	19
II -1-1 Situation géographique	19
II -1-2 Topographie	19
II-1-3 hydrologies	20
II-1-4 Climat régional	20
II-1-4-1 les précipitations	20
II-1-4-2 les températures	21
II-1-4-3 Diagramme Ombro-Thermique	22
II-1-4-4 les vents	22
II-1-4-5 l'ensoleillement	22
II-1-5 Sources de contamination	23
II-1-5-1 Les usines	23
II-1-5-2 Les zones industrielles	23
II-1-5-3 Les rejets urbains.....	24
II-1-5-4 Le trafic routier	24
II-2 Techniques de dosage et d'analyses	24
II-2-1 Technique de dosage	24
II-2-2 Echantillonnage	25
II-2-2-1 Le choix et le mode de lavage du flacon	26
II-2-3-2 Déroulements des conditions d'échantillonnage	26
II-2-3-3 Les paramètres mesurés sur le terrain	26
II-2-4 Mode de prétraitement et préparation des solutions d'échantillons	27
II-2-4-1 Préparation de verrerie et de plastique	27
II-2-4-2 préparation des échantillons pour le dosage	27
II-2-4-3 Etalonnage	30
II-2-5 Dosage des métaux lourds par Spectroscopie d'absorption atomique	30
II-2-5-1 Principe de la Spectroscopie d'absorption atomique	30
II-2-5-2 Les lampes à cathode creuse.....	31
II-2-5-3 Le nebulisateur.....	32
II-2-5-4 la flamme	32

CHAPITRE III Résultat et discussion

III-1 Evaluation de la qualité des eaux des stations d'échantillonnage	34
III-2 Résultats physico-chimique	34
III-3 Résultat des métaux lourds	35
III-3-1 le cadmium	35
III-3-2 Le plomb	36
III-3-3 Le chrome.....	36
Conclusion	38
Perspective	39
Références	40

Introduction :

La relation entre les sociétés humaines et leur environnement a atteint un seuil critique de dégradation de ce dernier. Cette criticité est due au fait que la vitesse d'assimilation par la nature des déchets générés par l'humanité est restée constante, alors que celle de sa dégradation a augmenté d'une manière exponentielle.

L'eau est l'élément essentiel à la vie (l'eau est la vie). Elle recouvre plus de 71% de surface de la terre. Elle rentre dans toutes les compositions de la matière vivante. Elle est aussi responsable et indispensable à toutes les activités biologiques et chimiques. Il n'y a que 2.6% de l'eau douce sur terre ; moins de 1% est directement accessible, le reste est sous forme de glace. Cette eau est utilisée et souillée dans la nature et devient de plus en plus contaminée par les polluants générés par les activités humaines et/ou naturelles (Cazenave et *al.* 2002).

Le problème de la pollution des eaux par les métaux lourds représente sans aucun doute un des aspects le plus inquiétant de la dégradation du milieu naturel, le phénomène de contamination par les eaux urbaines ainsi que les eaux usées industrielles impose des traitements spécifiques pour chaque type de pollution avant leur rejet dans le milieu récepteur afin de ramener les teneurs en substances polluantes au-dessous des normes fixées par les organisations internationales de la protection de l'environnement.

La majeure partie de la contamination des eaux est due aux différentes activités de l'homme à savoir l'activité industrielle, agricole et le transport. Parmi les activités qui polluent, on peut citer l'activité industrielle qui est responsable de la majorité de la pollution dans ses différentes formes. Il y a aussi l'utilisation intensive des engrais qui contiennent des métaux lourds et aussi l'utilisation des pesticides et insecticides. On peut citer aussi les rejets de médicaments par les services de soins ou par les foyers. Ajoutant à toutes ces pollutions, celle générée par la nature à savoir les volcans, les tremblements de terre, les tsunamis et les incendies de forêts (Kadouche, 2013).

Bien que le niveau des activités industrielles soit relativement moins élevé dans des régions moins développées comme l'Afrique, on y observe néanmoins une prise de conscience croissante de la nécessité de gérer rationnellement les ressources aquatiques et notamment de maîtriser les déversements de déchets dans l'environnement, comme il est à prévoir que les activités industrielles et urbaines s'intensifieront dans toutes les régions du continent, cette question revêt désormais une importance encore plus grande.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne les apports (charge), la distribution et le sort des contaminants, y compris les métaux lourds qui se déversent dans les écosystèmes aquatiques. Il faut en particulier étudier les quantités et les caractéristiques qualitatives, Cette étude vise à évaluer la concentration du cadmium, du chrome et du plomb dans certains rejets industriels au niveau de la willaya de Constantine.

Ce travail comporte différentes parties. La 1^{ère} partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur les rejets industriels, la pollution des eaux et les métaux lourds, rappelant, leurs caractéristiques physico-chimiques, leurs toxicités (chapitre 1), la 2^{ème} partie matériel et méthodes regroupe les différentes techniques mises en œuvre tout au long de ce travail. La 3^{ème} partie, interprétation et discussion des résultats, nous permet d'interpréter et d'évaluer la qualité des trois sites de prélèvements. Ce travail sera finalisé par une conclusion.

CHAPITRE I Synthèse bibliographique

I-1 Définition de rejet industriel :

Les rejets industriels sont des émissions de substances d'origine industrielle dans l'eau, l'air ou le sol. Sont typiquement les déchets générés par les entreprises appartenant à différents secteurs d'activités économiques tels que les industries manufacturières, la construction, les services et l'agriculture (Ramade, 2000).

- **Le rejet industriel d'origine liquide :**

Une eau résiduaire urbaine ou industrielle, et plus généralement tout rejet liquide véhiculant une certaine charge polluante (dissoute, colloïdale ou particulaire). Rejeté directement ou indirectement dans l'environnement (Gaujous, 1995).

I-2 Pollution des eaux et des cours d'eau :

I-2-1 Définition des cours d'eau :

Ensemble des eaux courantes, désigne en écologie sous le terme générale d'écosystèmes lotiques. Les cours d'eau constituent les biotopes de prédilection pour le diversement d'effluents pollués d'origine domestique, urbaine et industrielle et sont de ce fait l'objet d'une pollution quasi systématique (Ramade, 2000).

Le cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont, directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme dans une mesure telle que celle-ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles auraient servi à leur état naturel ou certaines d'entre elles (Emillien, 2004).

I-2-2 Définition de pollution des eaux :

C'est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestre et aquatique, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux (Jora, 2003).

Les pollutions sont « des déversements, écoulements, rejets, dépôt direct ou indirect de matières de toute nature et, plus généralement tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer » (Faurie et *al.*, 2002).

I-3 Origine des pollutions :

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories : pollution domestique, urbaine, agricole et pollution industrielle.

I-3-1 La pollution domestique :

Elle est due principalement aux rejets domestiques caractérisés par : des germes fécaux, des sels minéraux (d'azote et de potassium), des détergents, de fortes teneurs en matières organiques (Faurie et *al.*, 2002).

I-3-2 Pollution urbaine :

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité. Le « tout à- l'égout » est une expression significative ; elle exprime cette diversité. On trouve les excréments, les restes d'aliments, les déversements d'abattoirs, les déversements hospitaliers, les lessives, les détergents, les insecticides, les hydrocarbures, les déchets de la petite industrie et divers produits toxiques (Oubagha, 2011)

-Les Déchets ménagers :

Les déchets ménagers sont des restes alimentaires ou des produits que les ménages n'utilisent plus et dont ils souhaitent se débarrasser (ENDA).

- Les déchets organiques :

Les déchets organiques sont des déchets biodégradables: épilures de fruits et de légumes, ou de viande, marc de café, coquille d'œuf. Les déchets verts du jardin sont également des déchets organiques.

- Les déchets non organiques :

Sont tous les produits que nous jetons et qui ont été fabriqués par l'homme. Quelques déchets non organiques comme les bouteilles et les sacs en plastiques, verre, papier et carton, textile. Tous ces déchets sont fabriqués à partir de matières premières qui proviennent du milieu naturel (sable : verre ; bois : papier et carton ; pétrole : plastique ; coton, laine : textile). Parmi les déchets non organiques, on distingue des déchets toxiques comme les médicaments ou les piles.

I-3-3 La pollution industrielle :

Elle provient des usines et contient une grande diversité de produits ou de sous-produits de l'activité humaine. On trouve des graisses de matières organiques, des hydrocarbures, des métaux, des produits chimiques divers, des matières radioactives... (Faurie et *al.*, 2002).

I-3-4 La pollution agricole :

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates.

Utilisation des engrais en agriculture :

La modernisation de l'agriculture et son intensification ont été généralement accompagnées d'une utilisation abusive et non rationnelle des engrais azotés. (Roques, 1979).

Utilisation des pesticides en agriculture :

Les pesticides sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures et les récoltes contre les insectes prédateurs afin d'augmenter les rendements. Le lessivage de ces produits phytosanitaires utilisés en agriculture entraîne la contamination des eaux par des substances toxiques (pesticides). Par ailleurs, les pesticides ne sont pas biodégradables (Roques, 1979).

Les pesticides contaminent les eaux de surface par ruissellement et les eaux souterraine par infiltration notamment en cas de très forte pluie (lessivages) (Bordet, 2007).

I-4 Impact des pollutions :

Les impacts des polluants sont multiples, avec une diminution des ressources, une altération de la production des organismes et des modifications des caractères organoleptiques (Gaujous, 1995).

Dans le cas des milieux aquatiques :

- Une modification de la température, perturbe la faune et la flore généralement sténotherme. A cela s'ajoute une diminution de la quantité d'O² dissout, par augmentation de la température.
- Variation du pH.
- Consommation d'oxygène, lorsque la pollution organique est biodégradable, Elle peut être auto épurée par les bactéries de la rivière. Si la pollution est très importante, tout l'oxygène est consommé et la rivière meurt.
- La toxicité est immédiate ou à plus long terme par le phénomène de bioaccumulation (maladies, perturbations génétiques, décès).

Toutes ces modifications entraînent un déséquilibre de l'écosystème et les conséquences sont extrêmement diverses. Il convient donc de définir un cadre légal pour caractériser et identifier ces polluants.

I-5 Les conséquences de la pollution des eaux :

I-5-1 Les conséquences écologiques :

Comme tout milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre «d'autoépuration» (Blifert et Perraud, 2001; Koller, 2004). Cependant, lorsque l'apport des substances indésirables est trop important et que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures. Elles se traduisent principalement par :

- Une diminution de la teneur en oxygène dissous : plus la pollution organique est forte, plus le milieu concerné s'appauvrit en oxygène (Koller, 2004). Ceci accroît les risques d'absorption de quantités mortelles de tel ou tel polluant chimique, par les animaux aquatiques (Ramade, 2002).

- Une modification physique du milieu récepteur : Qui se traduit par une augmentation de la turbidité et de la température de l'eau, une modification de la salinité.

- **Eutrophisation**

La présence en excès dans l'eau du phosphore et d'azote est à l'origine de l'eutrophisation. Ces sels nutritifs peuvent provenir de certains produits de nettoyage (comme des produits pour lave-vaisselle ou des détergents industriels), des rejets de pollution domestique, des engrais utilisés en agriculture ou des déjections des animaux. Ils constituent une vraie nourriture pour la flore aquatique (plantes aquatiques, algues fixées ou en suspension dans l'eau) qui va donc se développer et se multiplier, révélant ce que l'on appelle le phénomène d'eutrophisation.

La flore prolifère dans le cours d'eau et réduit la transparence de l'eau (eau verte). Ces végétaux, en mourant, vont constituer un apport nutritif supplémentaire pour les bactéries. Elles vont se multiplier et consommer encore plus l'oxygène dissous dans l'eau. Ne pouvant plus respirer convenablement, les invertébrés benthiques et les poissons peuvent disparaître. La prolifération d'algues planctoniques peut gêner la production d'eau potable et compromettre la baignade (Onema, 2012).

L'eutrophisation est un phénomène d'enrichissement des eaux continentales ou littorales en sels minéraux nutritifs (phosphate ou nitrate...etc.) résultant des phénomènes naturels mais qui peut aussi être induit par une pollution des eaux par des nutriments résultant du rejet d'effluents d'origine urbaine ou d'activités agricoles. L'eutrophisation se caractérise par la présence de grandes populations d'algues, de leurs produits organiques et d'un plus grand nombre de bactéries qui peuvent vivre de ces grandes quantités de matières organiques (Ramade, 2000).

I-5-2 Les conséquences sanitaires :

Les maladies d'origine hydrique tuent, encore aujourd'hui, des millions de personnes : 5 par an dans le tiers-monde (Bernard, 1994).

Il peut s'agir, de pathologies liées à l'absorption d'eau polluée, vecteur d'épidémies microbiologiques ou de produits toxiques, ou de pathologies liées à un simple contact avec le milieu aquatique (ce qui est le cas d nombreuses parasitoses), (Ramade, 2002).

I-5-3 Conséquences industrielles :

L'industrie est un gros consommateur d'eau, il faut par exemple 1 m³ d'eau pour produire 1 kg d'aluminium.

La qualité requise pour les utilisations industrielles est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problèmes de biofouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes).

Le développement industriel peut donc être stoppé par la pollution. C'est une des raisons pour laquelle la préoccupation de pollution est apparue d'abord dans les pays industrialisés (Gaujous, 1995).

I-5-4 Conséquences agricoles :

L'eau est dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée).

La texture du sol (complexe argilo humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux traces) être à l'origine de la pollution des sols (Gaujous, 1995).

I-6 Les métaux lourds :

Le terme métaux lourds désignant l'ensemble des métaux toxiques de forte masse atomique, cadmium ou mercure par exemple. Certains étant des oligo-éléments biogènes souvent doués de propriétés hermétique, d'autre étant sans intérêt pour les êtres vivants et souvent très toxique : le chrome et le cadmium (Ramade, 2005).

Les éléments trace sont les éléments constituant de la croûte terrestre, dont la teneur est pour chacun inférieur à 0.1%. Le terme élément trace métallique (ETM) regroupe les éléments traces qui présentent une masse volumique supérieure à 6g/cm³ (Baize, 1997).

Certain chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques.

Dans la science environnementale, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le chrome (Cr), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn) (Stéphanieet *al.*, 1997).

Chez les végétaux, certains métaux lourds sont indispensables aux processus physiologiques majeurs, en particulier la respiration, la photosynthèse ou l'assimilation des macronutriments (Cu, Zn, Ni, Fe, Co) (Kabata-Pendias et Pendias, 2001).

I-6-1 Source des métaux lourds :

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de source naturelle et de source anthropogène. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans l'écosystème marins, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas de la décharge sèche et humide et du ruissellement agricole. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies des forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émission volumineuse mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émission continues de faible volume, résultat notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (Zoller, 1984)

Les sources anthropogènes sont les suivants :

- Effluents d'extraction minière.
- Effluents industriels.
- Effluents domestique et ruissellement orageux urbains.
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides.
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides.
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles.
- Activités pétrochimiques. (Biney *et al.*, 2008 ; Belanger, 2009).

L'origine des métaux présents dans le milieu marin est double. Naturellement présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols (Lacoue-Labarthe, 2007).

I-6-2 Effets des métaux lourds et critères de qualité des eaux :

Quelques métaux lourds, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris de l'homme. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration

supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Cr et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

La contamination de l'environnement aquatique par les métaux lourds peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques.(Biney, 2008).

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. (Lacoue-Labarthe, 2007)

Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'Arsenic et le Cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autre, comme Cr et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques. A de faible concentration, beaucoup de métaux lourds, dont Cd, Pb et Cr inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton.

Déjà dans les années 50, leurs effets hautement nocifs ont été mis en évidence suite à L'intoxication mortelle survenue à Minamata au Japon. Les habitants avaient mangé du Poisson contaminé par des rejets Mercuriels d'une usine située à proximité. Cette maladie s'est en suite propagée à toute la jeune génération par le lait maternel (Jicaet *al.*, 2008)

Ces vingt dernières années, de nombreuses études ont été consacrées à la toxicité des métaux et sur la base des résultats, plusieurs organisations internationales et nationales ont élaboré des critères de qualité des eaux pour la vie aquatique (Biney, 2008).

I-6-3 La toxicité des métaux lourds :

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-élément), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Molybdém (Mo), du Manganèse (Mn). Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces nécessaires à la vie peuvent entraîner des effets néfastes, certains métaux lourds peuvent être préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb). (Casas-stellio, 2005).

I-6-4 Effets des métaux lourds sur l'homme :

Les métaux lourds provoquent des dommages neurocomportementaux irréversibles se développant chez beaucoup de mammifères, mais les mécanismes de ces dommages sont inconnus (Akins, 1992).

De nombreux métaux sont considérés comme cancérigènes pour l'homme et les animaux ou les deux. Le Chrome, le Platine et les dérivés inorganiques du Mercure sont responsable aussi de dommage, principalement au niveau des tubules proximaux des reins (Lu, 1991).

I-7caractéristiques des métaux lourds Pb, Cr, Cd :

I-7-1 Le plomb :

Le plomb est métal bleuté brillant, très mou, très malléable et ductile. Il ternit au contact de l'air humide, ne réagit ni avec l'oxygène, ni avec l'eau il est attaqué par l'acide nitrique.

Ses composés sont toxiques par inhalation ou ingestion. Les effets sont cumulatifs. (Witterners et *al.*, 2002).

Le plomb est l'un des métaux les moins facilement transférés dans les parties aériennes des plantes (Baize, 1997).

Il est concentré dans les gisements de sulfures ou il est communément rencontré sous forme de galène (PbS(s)). Il peut également être rencontré sous la forme d'anglésite (PbSO₄ (s)). A l'air, le plomb métallique forme une couche protectrice d'oxyde de plomb qui le protège contre la corrosion (Burnol et *al.*, 2006).

Le Plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la Biosphère.

Dans l'air, les émissions de Plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'une importance mineure. Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, et au niveau urbain ou routier, des rejets des véhicules à moteur (Pichard, 2003).

Tableau 1 : caractéristiques physico-chimiques du Pb (Miquel, 2001)

Masse atomique	207.2
Masse volumique	11.35g/cm ³
Température de fusion	327° C
Température d'ébullition	1.740° C
Symbole chimique	Pb
Minerai d'origine	Galène

- **La toxicité du plomb :**

Le plomb est un élément chimique toxique, par effet cumulatif, pour l'homme, la faune et la flore (Chassard-Bouchaud, 1995).

Chez les végétaux, le plomb affecte les membranes cellulaires et certains systèmes enzymatiques perturbant le flux des électrons dans les chaînes de transfert (Miles et *al.*, 1972).

Le plomb peut être absorbé par l'organisme par inhalation, ingestion, contact cutané (Principalement lors d'une exposition professionnelle) (Moore et *al.*, 1980). Ou par transmission à travers le placenta (Angell et Lavery, 1982). La présence de plomb dans l'organisme peut provoquer des troubles tels que le saturnisme, des crises d'épilepsie voire même des troubles nerveux et psychiques. Pour les personnes les plus exposées, il existe un risque d'avortement spontané, et d'accroissement du nombre de cancers du poumon ou du tractus gastro-intestinal (Chassard-Bouchaud, 1995).

Il provoque la toxicité sur les organismes à partir de 0.1mg/l (Gaujous, 2005). L'intoxication aiguë provoque une néphropathie tubulaire, avec anurie, parfois associée à des troubles neuromusculaires (Ramade, 2000). Une exposition chronique peut entraîner des risques d'hypofertilité, de malformation fœtale (Savary, 2003). Une dose de 1mg de plomb est suffisante pour engendrer rapidement le saturnisme (Viala et Botta, 2005).

L'intoxication chronique se caractérise par l'apparition d'une anémie, d'un liseré du au plomb au niveau de la gencive, d'une anoxie, de gastralgie, etc. (Benecke, 2004).

I-7-2 Le cadmium :

Le cadmium est un métal relativement rare, mais il est utilisé pour plusieurs buts. Dans sa forme pure c'est un métal blanc argenté avec une couleur bleuâtre. Le cadmium est également très malléable (Cobb, 2008). Il associé généralement au zinc les deux éléments ont des structures ioniques et une électronégativité proches (Burnolet *al.*, 2006). Présent naturellement dans la croûte terrestre à une concentration moyenne de 0.2mg.kg⁻¹, les plus faibles teneurs en cadmium sont trouvées dans les sols issus des roches éruptives (moins de 0.1 mg/kg sol sec). Les sols issus des roches métamorphiques ont des concentrations comprises entre 0.1 et 1 mg.kg⁻¹ alors que ceux dérivés des roches sédimentaires montrent les concentrations les plus élevées (jusqu'à 11 mg.kg⁻¹) (justeet *al.*, 1995 ; Baize, 1997).

Dans les sols, le cadmium est considéré comme un élément relativement mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le cuivre ou le plomb (Bourrelier et Berthelin, 1998).

Le cadmium peut se présenter sous forme de sulfures de zinc (ZnS(s)) et de carbonates tels que la smithsonite (ZnCO₃). Il peut également se trouver dans des gisements de sulfures ou il est présent sous la forme de greenockite (CdS(s)) (Burnol, *et al.*, 2006).

Le Cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées. (Casas et Stellio, 2005).

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques du cadmium (Miquel, 2001)

Masse atomique	112 g/mol
Masse volumique	8.6g/cm ³ à 20°C
Température de fusion	320°C
Température d'ébullition	765°C
Symbole chimique	Cd
Minerai d'origine	Scories de zinc

- **La toxicité de cadmium :**

On identifie le cadmium comme un polluant extrêmement toxique (Godtet *al.*, 2006). Quelle que soit son origine, il est présent dans le sol, dans l'eau de boisson, les aliments, la fumée de cigarette. Il présente de fortes capacités à se retrouver dans les fumées et s'accumule après inhalation. Le cadmium s'accumule dans des organes tels que la rate, le cerveau, les poumons, le muscle, le sang. La toxicité du cadmium est liée à la perturbation du métabolisme du zinc et secondairement d'autres éléments essentiels tels que le calcium, le fer et le cuivre. Le cadmium est aussi considéré comme un agent carcinogène (Waalkes, 2000). Le rein semble être l'organe le plus touché par les méfaits du cadmium (Barbier *et al.*, 2005).

Il existe plusieurs preuves de la cancérogénicité du cadmium, notamment en ce qui concerne le cancer rénal chez l'Homme (Kolonel, 1976 ; Il'yasova, 2005).

L'étude de Watjenet *al.*, 2004, a montré que les basses concentrations du cadmium qui lancent la mort programmée de cellules peuvent mener à une mort sélective de cellules dans des régions différentes du cerveau par l'intermédiaire de la génération d'effort oxydant.

Le rein, en tant que principale organe d'élimination, est aussi fréquemment un organe cible.

Le cadmium affecte les cellules des tubules proximaux, provoquant l'excrétion urinaire de protéines de faible poids moléculaire, d'acide aminés et de glucose (Benecke *et al.*, 2004)

Chez les végétaux, des inhibitions de croissance peuvent apparaître pour des concentrations variant de 1 à 5 mg.kg⁻¹ (Bourrelier et Berthelin, 1998). En effet, l'exposition des plantes à de fortes doses de cadmium entraîne une inhibition de la croissance et une chlorose des feuilles, liées à un dysfonctionnement de l'équilibre hydrique (perturbation de l'ouverture des stomates et interférences avec le transport d'éléments essentiels), de la machinerie photosynthétique et des enzymes du métabolisme (Das *et al.*, 1997 ; Clemens, 2006).

I-7-3 Le chrome :

Le chrome assez répandu dans le sol, son nom vient du grec (*karma*= couleur), c'est un métal de masse atomique 52, n°24 dans la classification de Mendeleïev. Il a un aspect blanc vif et brillant, quelque fois légèrement jaunâtre, il est très dur (il raye le verre), mais n'est ni malléable, ni ductile, il est inaltérable à l'air (Augier, 2008). Il est souvent en substitution du fer (rayons ioniques très proches Fe (III) = 0,067 nm, Cr (III) = 0,061 nm, Cr (VI) = 0,044 nm). Les traces de chrome présentes dans ces minéraux sont souvent responsables de leurs couleurs : le vert de l'émeraude ou le rouge du rubis (Alloway, 1995).

La concentration moyenne en chrome de la croûte continentale est de 125 mg.kg⁻¹ (Losiet *al.*, 1994). Les composés du chrome furent employés dans les procédés de coloration du textile et le tannage du cuir. Seuls les composés trivalents (III) et hexavalents (VI) sont détectés dans l'environnement en quantités relativement importante (Ineris, 2004).

Le chrome peut être libéré dans l'environnement par diverses industries, y compris l'industrie du finissage des métaux, la sidérurgie et la production de produits chimiques inorganiques (Gao *et al.*, 2007).

- **Chrome trivalent, Cr (III) :**

Le chrome trivalent est un oligo-élément essentiel pour le métabolisme du sucre chez l'être humain, une déficience en chrome peut affecter le potentiel de l'insuline à régler le niveau de sucre dans l'organisme. Il ne semble pas être essentiel à la vie des plantes, bien que certaines plantes poussent sur des sites hautement contaminés en chrome.

Le chrome trivalent a peu d'affinité pour l'oxygène, pour cette raison, il a tendance à former de nombreux complexes avec des ligands organiques ou non organiques (Zeriref, 2008)

- **Chrome hexavalent, Cr (VI) :**

La forme hexavalent n'est pas la source nutritionnelle, elle est très toxique et mutagène. Les principales activités humaines qui augmentent la concentration en chrome (VI) sont les fabriques des produits chimiques, de cuir et de textile, l'électro-peinture et autres applications de ce chrome dans l'industrie (Zeriref, 2008).

Tableau 3 :Caractéristiques physico-chimiques du chrome (Nathan, 2006)

Symboles chimique	Cr
Numéro atomique	24
Masse atomique	52
Température de fusion	3375°F (1907°C)
Température d'ébullition	4842°F (2671°C)
Densité	7.14g/cm ³

- **La toxicité du chrome :**

La toxicité des composés du chrome dépend principalement de leur valence et leurs propriétés physico-chimiques (loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1994). Le chrome hexavalent, beaucoup plus soluble et assimilable, représente un polluant potentiellement plus nocif que le chrome trivalent plus stable (Jeannot et *al.*, 2002). Les tests de toxicité effectués, sur différents organismes, ont montré que des concentrations supérieures à 100 mg de Cr (VI)/Kg de poids peuvent devenir létales pour l'homme (Richard, 1991).

Le chrome (VI) est dangereux pour la santé, principalement pour les personnes travaillant dans l'industrie de l'acier et du textile. Les personnes qui fument du tabac ont aussi un risque plus important d'exposition au chrome. Le chrome (VI) peut avoir d'autres conséquences qui sont des éruptions cutanées, estomac dérangé et ulcères, problèmes respiratoires, système immunitaire affaibli, dommage au foie et aux reins, il peut aussi altérer le matériel génétique et provoquer des cancers (Mohanty et *al.*, 2005).

L'absorption excessive de chrome (III) peut aussi provoquer des problèmes de santé, telles que des éruptions cutanées, l'anémie et même le cancer. Un contact avec du chrome contenu dans l'eau, des poussières ou des particules de sol provoque des allergies cutanées (Norseth, 1981 ; Otabong, 1990 ; Schubert, 1997).

CHAPITRE II Matériel et méthodes

II -1 Descriptions de la zone d'étude :

II -1-1 Situation géographique :

La wilaya de Constantine est située à l'est Algérien (36° 24' N et 06° 38' E, 644 m), et s'étend sur 2297.2 km² (ANPE, 1988).

La wilaya de Constantine est caractérisée par une prédominance de terrains tendres constitués de mares et d'argiles. De faible à moyenne résistance, avec prédominance des formations calcaires marneuses et de formation de mares, conglomérats au quaternaire qui constituent le bassin de Constantine (Mebarki, 1984). Sa population est estimée à 448 000 habitants en 2005, cette ville connaît actuellement un développement remarquable sur tous les plans : industriel, touristique, démographique, infrastructures routière ou financière. Ce développement est sans doute, le principal enjeu à prendre en compte dans la régulation des sources de pollution.

Cette concentration de la population dans le centre urbain engendre des problèmes sur l'environnement. Tel que les apports élevés des eaux usées, domestiques, urbains, et industrielles.

II -1-2 Topographie :

Par sa position géographique, la wilaya de Constantine constitue une zone de transition entre le nord et le sud, son altitude varie de 300m dans la vallée du Rhumel à 1350m au Djbel-Ouahch.

La région de Constantine est caractérisée par de grands massifs, émergeant en Horst d'un ensemble de terrain à dominance marneuse. Le relief est assez accidenté, de pente moyenne à forte (10 à 20%) (Kherief, 2006).



Figure 1 : Carte topographique de la wilaya de Constantine (Google Earth, 2016).

II-1-3 Hydrologies :

Le réseau hydrographique au niveau de la wilaya de Constantine, résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'Oued Rhumel et l'Oued Boumerzoug. Ce réseau est alimenté par plusieurs sources d'eau douce (Ain Hammam Zouaoui, Ain Skhouana, Ain Bensbaa, ect...). Ainsi que, les rejets des eaux usées et/ou industrielles. Celles-ci représentent, actuellement, les principales sources des eaux de ces deux oueds pendant la saison estivale.

Les eaux du cours d'eau de la wilaya de Constantine sont d'une manière générale dépendent des fluctuations du régime pluviométrique, variant fortement au cours de l'année. Ce qui s'explique essentiellement par le caractère semi-aride du climat. En effet, pendant la saison hivernale, les crues, des débits importants, menacent les sols des bords. Tandis qu'en saison estivale, le cours d'eau, presque sec, se transforme en égout à cause de la concentration des eaux des rejets urbains et industriels (ANPE, 1988).

Les cours d'eau sont le siège de transport d'éléments de diverses natures, ainsi, leurs paramètres physico-chimiques seront fortement influencés par la nature géologique des terrains drainés (Mebarki, 1984).

II-1-4 Climat régional :

Afin de caractériser le climat de notre région d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de la station de Constantine *AIN EL BEY*, sur une période de 29 ans, allant de 1981 à 2010. Ce paramètre est défini à l'aide des données fournies par les différentes stations météorologiques.

D'après ces données, la région de Constantine est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières, et une longue période de sécheresse estivale.

Ce climat est de type semi-aride frais, caractérisé par deux périodes distinctes :

- Une période sèche et chaude en été de 133 jours.
- Une période humide et froide en hiver de 197 jours.

Il est marqué aussi par sa continentalité car Constantine est située à 80 Km de la mer.

II-1-4-1 Les précipitations :

Pour la grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité, les mois et aussi les années (Ramade, 1999).

D'après l'analyse des données recueillies aux prés du service météorologique de *AIN EL BEY*. Constantine reçoit environ 497.3mm de pluie annuellement et une moyenne mensuelle de 41.44mm, Mais la distribution de cette tranche est irrégulière comme le tableau 04 l'indique. Les maximums des pluies sont enregistrés dans le mois de janvier, novembre et décembre ; Alors que les mois juillet et août ne reçoivent que de faibles quantités.

Tableau 4 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm (1981-2010) (Source : station météorologique Mohamed Boudiaf).

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
P (mm)	61.9	58.9	66.0	46.9	39.2	16.6	7.3	7.9	31.6	44.0	44.2	72.8	497.3

II-1-4-2 Les températures :

la willaya de Constantine est caractérisée par un climat froid et humide en hiver, et chaud et sec en été, les températures mensuelles de la wilaya de Constantine atteignent leur minima au mois de Janvier, avec une valeur de 2.9°C, et les maxima au mois de Juillet et Aout avec des valeurs de 33.1 et 33.6°C (tableau 5).

Tableau 5 : Moyennes mensuelles des températures (1981-2010) (Source: station météorologique Mohamed Boudiaf)

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T min (°C)	2.9	3.7	4.9	6.8	10.2	15.0	17.7	18.1	15.2	11.3	6.9	3.9
T max (°C)	11.6	13.2	15.3	18.0	22.7	29.2	33.6	33.1	28.6	22.8	16.7	12.6

II-1-4-3 Diagramme Ombro-Thermique :

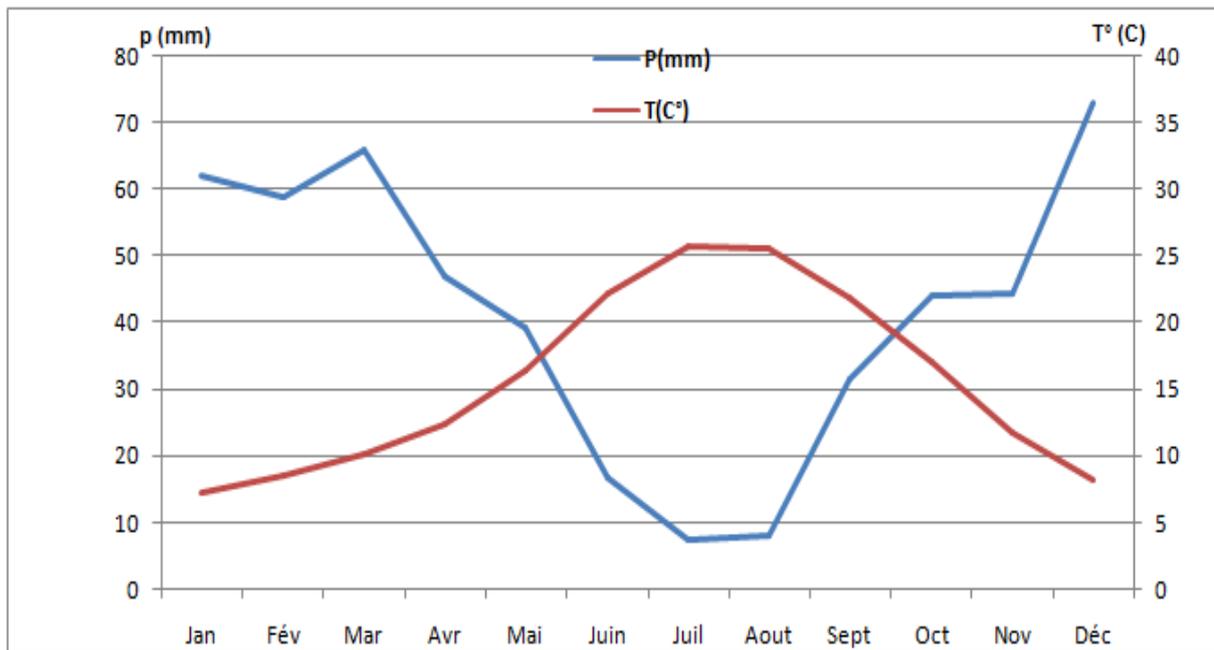


Figure 2 :Diagramme Ombro-Thermique de la willaya de Constantine (1981-2010)

L'analyse des deux paramètres climatiques (précipitations et température) permet de tracer la courbe Ombro-Thermique de Gaussen qui met en évidence deux périodes :

- L'une de sécheresse : s'étale du mois de Mai au mois de Septembre.
- Et l'autre : s'étale du mois d'Octobre au mois de Mai.

II-1-4-4 Les vents :

Les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord. Leurs fréquences et leurs violences atteignent le maximum en hiver. Les vents du Nord-Est sont ceux qui apportent les pluies d'hiver et sont souvent secs et froids (Mebarki, 1984).

En été, les vents du sud sont fréquents et le sirocco peut être brûlant en augmentant l'évapotranspiration. Le reste des saisons les vents sont essentiellement tièdes (ANPE, 1988).

II-1-4-5 L'ensoleillement :

Sachant que Constantine est située sur une latitude de 36°24' Nord, le rayonnement solaire est intense pour les mois d'été, les jours sont longs et clairs, l'intensité de la radiation solaire Globale peut dépasser les 7.5 KWh /m² pendant le mois de juillet et août sur un plan horizontal. Les rayons solaires directs sont la source la plus importante d'échauffement de l'air

et des surfaces des espaces extérieurs. L'ensoleillement est considérable durant la dernière décennie, il a atteint une moyenne de 300 heures durant les mois d'été. Constantine bénéficie d'un ensoleillement important à titre d'exemple la durée d'ensoleillement pour le mois de juillet 2002 et 2003 à dépasser les 300 heures (source : station météorologique Mohamed Boudiaf Constantine).

II-1-5 Sources de contamination :

La wilaya de Constantine a connu depuis ces dernières décennies une extension difficilement contrôlée de l'urbanisation du secteur industriel et du trafic routier. De ce fait, le sous bassin de l'Oued Rhumel, dans la wilaya de Constantine, reçoit tous les types de rejets liquides, solides et les retombées atmosphériques résultants des activités énumérées ci-dessous (El-Hadef El-Okki, 2002).

II-1-5-1 Les usines :

Nous pouvant citer principalement les usines dont les rejets sont déversés dans l'Oued :

- L'Entreprise Nationale des Matériaux de Travaux Publics (ENMTP) d'Aïn Smara avec ces unités de productions :
 - CCE (chariots, élévateurs)
 - CCA (compacteurs, compresseurs)
 - CPG (pelles, grues)
- Le Complexe Moteurs-Tracteurs (CMT) et Machines-Outils (PMO) d'El-Khroub.
- La cimenterie (ERCE) de Hamma Bouziane.

II-1-5-2 Les zones industrielles :

Les zones industrielles sont dispersées dans la wilaya de Constantine. Concernant notre région d'étude, se sont surtout celles de Palma qui déversent leur rejets dans l'Oued Rhumel.

A ces zones, nous pouvons ajouter les zones d'activités, dont les rejets sont d'une importance secondaire : la zone d'activité de Boumerzoug en amont de la région d'étude, qui compte

principalement la laiterie de Numidia et l'usine textile (Coté-Est), la zone d'activité Rhumel et celle de Hamma Bouziane qui regroupent de petites industries (carrelages, briqueterie, tôlerie, teinturerie, droguerie, etc.).

II-1-5-3 Les rejets urbains :

Ces eaux sont composées en général des eaux usées des collectivités urbaines et des eaux pluviales collectées. Une partie de ces eaux est ramenée à des stations d'épuration (STEP) des eaux urbaines et/ou industrielles (ENMTP et Ibn Ziad).

II-1-5-4 Le trafic routier :

Il est très intense avec trois tronçons d'autoroutes, de routes nationales et secondaires longeant l'Oued-Rhumel et l'Oued-Boumerzoug. Ce réseau est à l'origine de plusieurs retombées atmosphériques qui peuvent gagner directement ou après ruissellement les cours d'eau et par conséquent l'Oued Rhumel qui constitue l'exutoire du réseau hydrographique dans la région.

II-2 Techniques de dosage et d'analyses :

II-2-1 Technique de dosage :

L'analyse des métaux traces a pour but la surveillance de la qualité du milieu aquatique. La première démarche consiste à choisir le compartiment où se fera l'échantillonnage tout en tenant compte d'un certain nombre de paramètres (accessibilité, sécurité de l'échantillonneur, ..).

En fonction de ces paramètres, nous avons pu cibler trois sites pour nos prélèvements (figure 3).

Site 1 : SNTA Constantine, Complexe 18 février Ibn Badis Bp 21 Khroub.

Site 2 : GERMAN SPA, BP 72 Ain Smara – Constantine

Site 3 : Sarl I.T.A (industrie thermique Algérienne de fabrication de chauffage central). Zone industriel Palma.

Tableau 6 : information générale d'échantillonnage

Conditions d'échantillonnage	Site 1	Site 2	Site 3
Date de prélèvement	22/02/2016	28/02/2016	6/03/2016
Heure de prélèvement	08h30	08h45	9h30
Temps	Ensoleillé	Nuageux	Nuageux

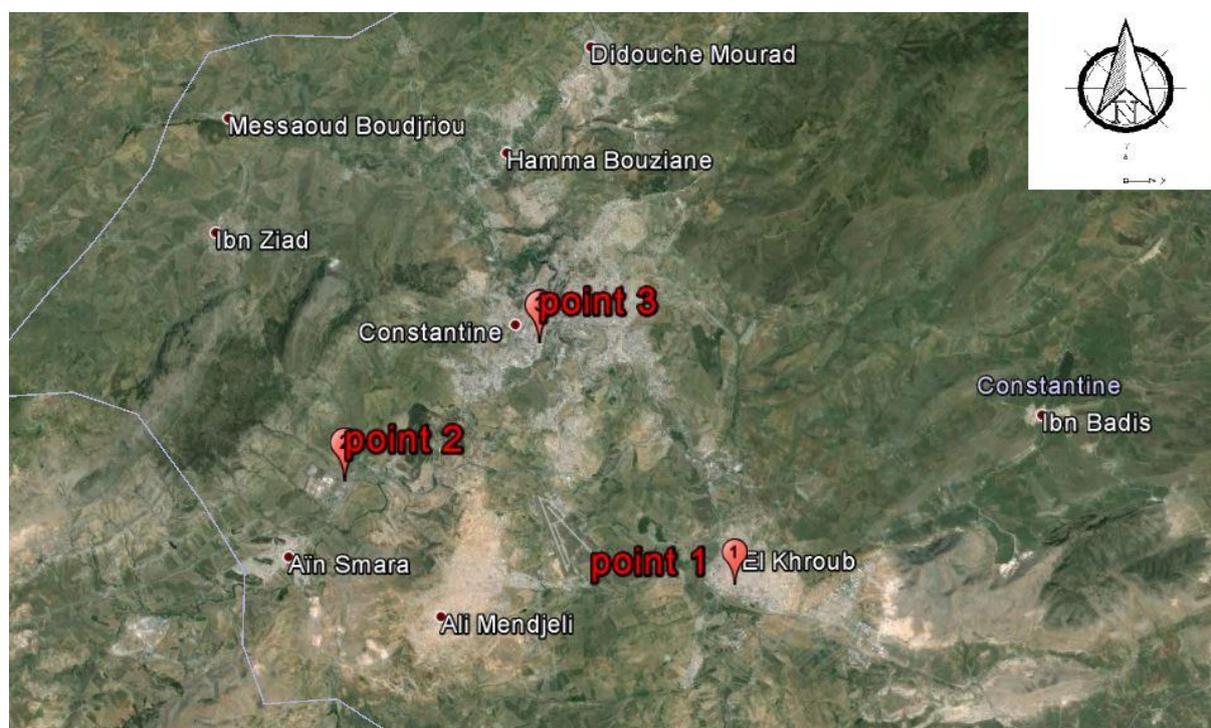


Figure 3 : localisation géographique des sites de prélèvements

II-2-2 Echantillonnage :

Pour tous types d'eaux, en particulier les eaux superficielles, les eaux résiduaires, les effluents industriels et les eaux souterraines, les échantillons sont susceptibles de se modifier par suite de réactions physiques, chimiques ou biologiques. Les erreurs potentielles sont plus nombreuses sur le terrain, c'est à dire lors du prélèvement de l'échantillon, du type de flacon servant à le contenir, de la présence ou non de matières en suspension, des conditions et du temps de stockage de l'échantillon, qu'au niveau du laboratoire où les principales erreurs

potentielles se situent lors de la préparation, du dosage de l'échantillon et lors du calcul de la concentration de l'élément.

II-2-2-1 Le choix et le mode de lavage du flacon :

Pour le dosage des métaux lourds (dans notre cas Cd, Pb, et le Cr) il convient d'utiliser des récipients en matière de verre pour éviter toute contamination possible.

Il est préférable de préparer les récipients la veille du prélèvement selon le mode opératoire suivant :

- Laver le récipient et le bouchon avec une solution diluée de détergent et d'eau du robinet.
- Rincer abondamment avec l'eau du robinet.
- Rincer avec une solution aqueuse d'acide Nitrique à 10%.
- Vider et remplir complètement avec une solution aqueuse d'acide Nitrique 10%.
- Fermer avec le bouchon et laisser reposer pendant au moins 24h.
- Vider le récipient, rincer avec de l'eau d'une qualité appropriée (eau ultra pure), et replacer immédiatement le bouchon. (ISO, 2003).

Donc au niveau de laboratoire, on a réalisé ce mode opératoire pour effectuer l'échantillonnage sur terrain.

II-2-2-2 Déroulements des conditions d'échantillonnage :

Pour le prélèvement et le stockage des échantillons, nous avons utilisé un sceau (volume=5L) pour faciliter le remplissage. Le sceau est rincé trois fois avant l'échantillonnage.

Les récipients (de 100 ml) sont ensuite rincés avec l'eau du sceau trois fois puis remplis complètement jusqu'à l'extrémité puis scellés de manière à faire éviter des réactions interférentes avec l'air. Les récipients contenant les échantillons sont étiquetés de façon claire.

II-2-2-3 Les paramètres mesurés sur le terrain :

***La température :**

La température de l'eau est mesurée in situ à l'aide d'un thermomètre incorporé à un instrument de mesure (pH mètre). Elle renseigne sur l'origine et l'écoulement de l'eau, Elle

est aussi indispensable pour la correction des autres paramètres d'analyse qui lui sont étroitement dépendants (conductivité, pH...).

***Le pH (Potentiel Hydrogène) :**

La mesure du pH a été réalisée elle aussi sur terrain, afin de déterminer l'acidité ou la basicité des points de prélèvements.

II-2-3 Mode de prétraitement et préparation des solutions d'échantillons :

II-2-3-1 Préparation de verrerie et de plastique :

Toute la verrerie du laboratoire est lavée au détergeant ensuite rincé par l'eau de robinet puis immergée dans l'acide Nitrique 10% pendant 24h suivi d'un rinçage à l'eau distillé et sécher à l'aide d'une étuve avant utilisation (ISO, 1994).

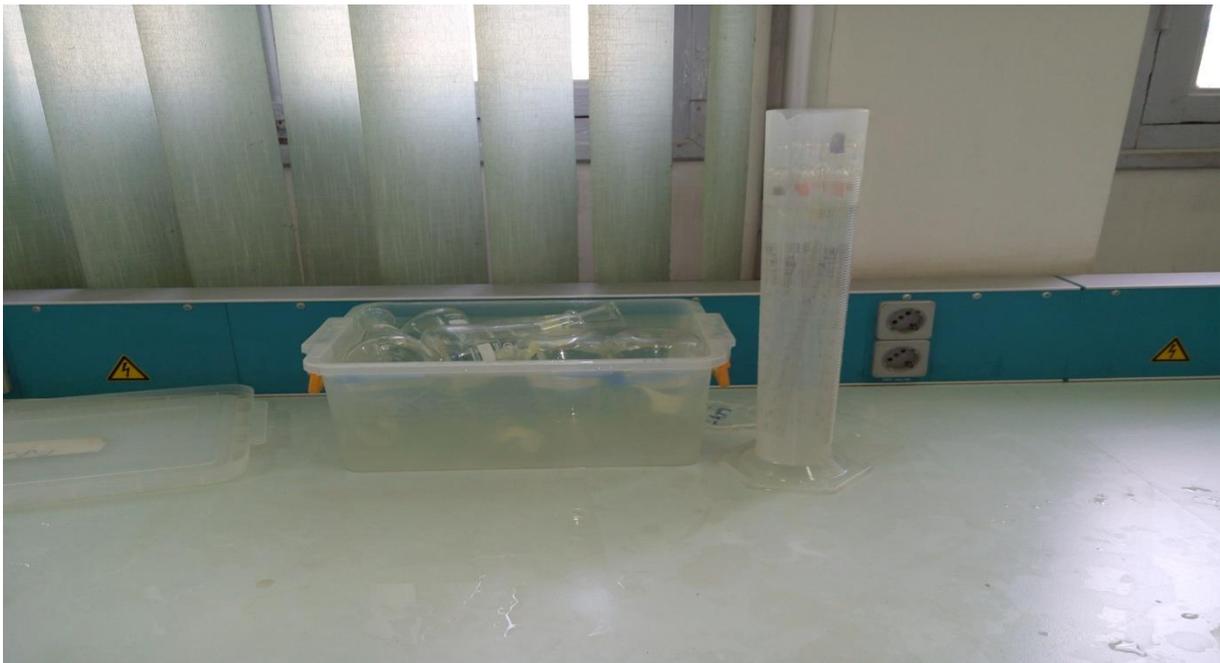


Figure 4 : la verrerie du laboratoire immergée dans l'acide Nitrique.

II-2-3-2 préparation des échantillons pour le dosage :

Dès l'arrivé au laboratoire, les échantillons des effluents industriels ont été acidifié selon le protocole de (RODIER, 2009), On a préparé 4 erlenmeyer rodé de 250ml

Le premier erlenmeyer contient 100ml d'eau distillé reste comme témoin. Les trois erlenmeyer restants ont été remplis avec les différents échantillons d'effluents.

Le deuxième erlenmeyer remplis avec 100ml du rejet industriel (SNAT Constantine)

Le troisième erlenmeyer remplis avec 100ml du rejet industriel (GERMEN SPA)

Le quatrième erlenmeyer remplis avec 100ml du rejet industriel (Sarl ITA. industrie thermique Algérienne).

Après cette étape 5ml de HNO_3 (acide nitrique) sont rajoutés dans chaque erlenmeyer, et 2ml de H_2O_2 (eau oxygénée). On laisse reposer jusqu'à dissolution de l'échantillon avant la minéralisation (figure 5).

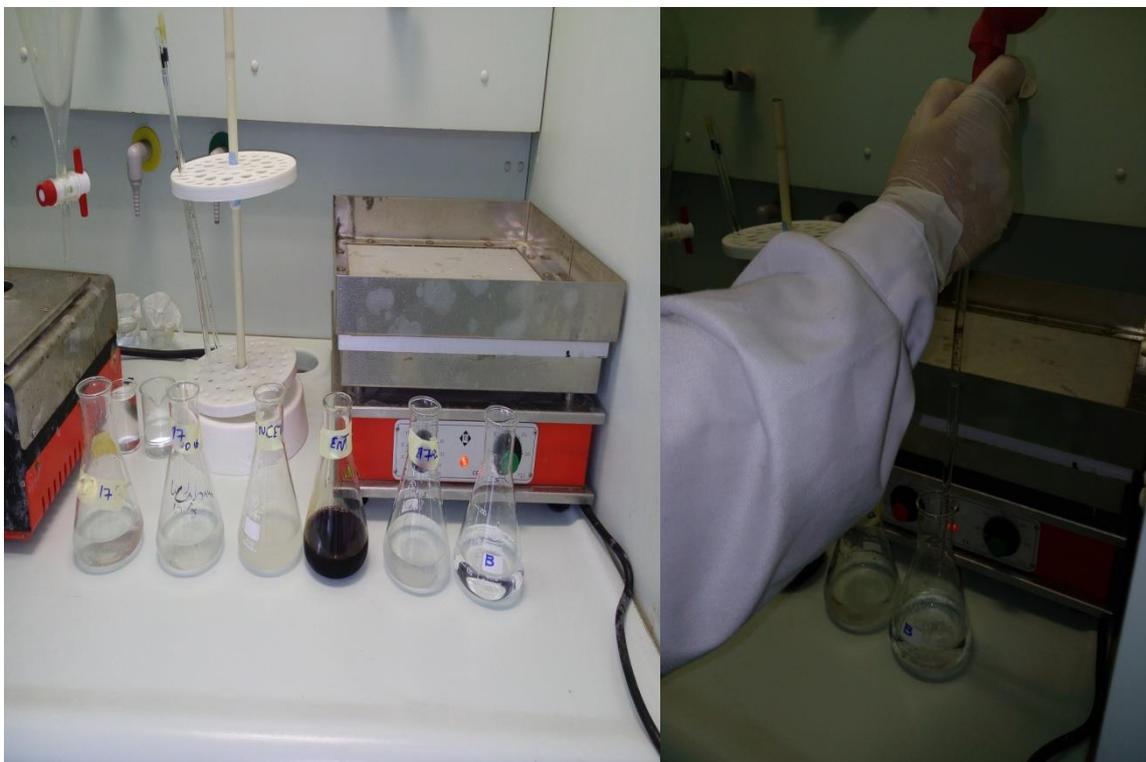


Figure 5 : Etape de la préparation des solutions pour la minéralisation.

Après cette préparation les échantillons ont subi une minéralisation dans un minéralisateur afin de concentrer le mélange, jusqu'à avoir un volume de 15ml (ISO, 1994). La minéralisation a été effectuée à partir d'un minéralisateur équipé d'une plaque chauffante (figure 6).



Figure 6 : Etape de la minéralisation.

Après la minéralisation, l'échantillon est filtré de façon à retenir sur le filtre les matériaux insolubles susceptible de boucher le nébuliseur. Recueillir après le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml.

Le filtre est Lavé plusieurs fois avec de l'eau distillée, après le contenu est ajusté jusqu'à 100ml (ISO, 1986) (figure 7).



Figure 7 : Etape de la filtration

II-2-3-3 Etalonnage :

Pour chaque élément à doser on prépare une gamme d'étalons à différentes concentrations (en fonction du type de métal), à partir d'une solution mère de 1000 ppm.

Dans des fioles de 250ml, 10ml de chaque standard ont été mis en complétant le volume avec l'eau distillée acidifiée jusqu'à avoir 100ml, le témoin est rempli avec 100ml d'eau distillée acidifié.

II-2-4 Dosage des métaux lourds par Spectroscopie d'absorption atomique :

II-2-4-1 Principe de la Spectroscopie d'absorption atomique :

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique.

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité E_n et le niveau fondamental E_0 .

En spectrométrie d'absorption atomique (SAA) on utilise un générateur de photons dont la fréquence correspond à l'élément à doser. Une population d'atomes, générée par un atomiseur à partir de l'échantillon, est éclairée par ce rayonnement lumineux de longueur d'onde donnée. Les atomes absorbent cette énergie incident pour passer du niveau fondamental au niveau énergétique excité et le nombre de photons absorbés dans ce rayonnement incident peut être relié à la concentration par relation : $A = KC$

A = absorbance, C = concentration de l'élément considéré dans la solution à analyser, K = coefficient spécifique à chaque élément.

On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbé par les standards. La Lecture de l'instrument peut être calibrée de façon à afficher les concentrations de l'échantillon directement (Pradyt, 2004).

La SAA Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants (figure 8).

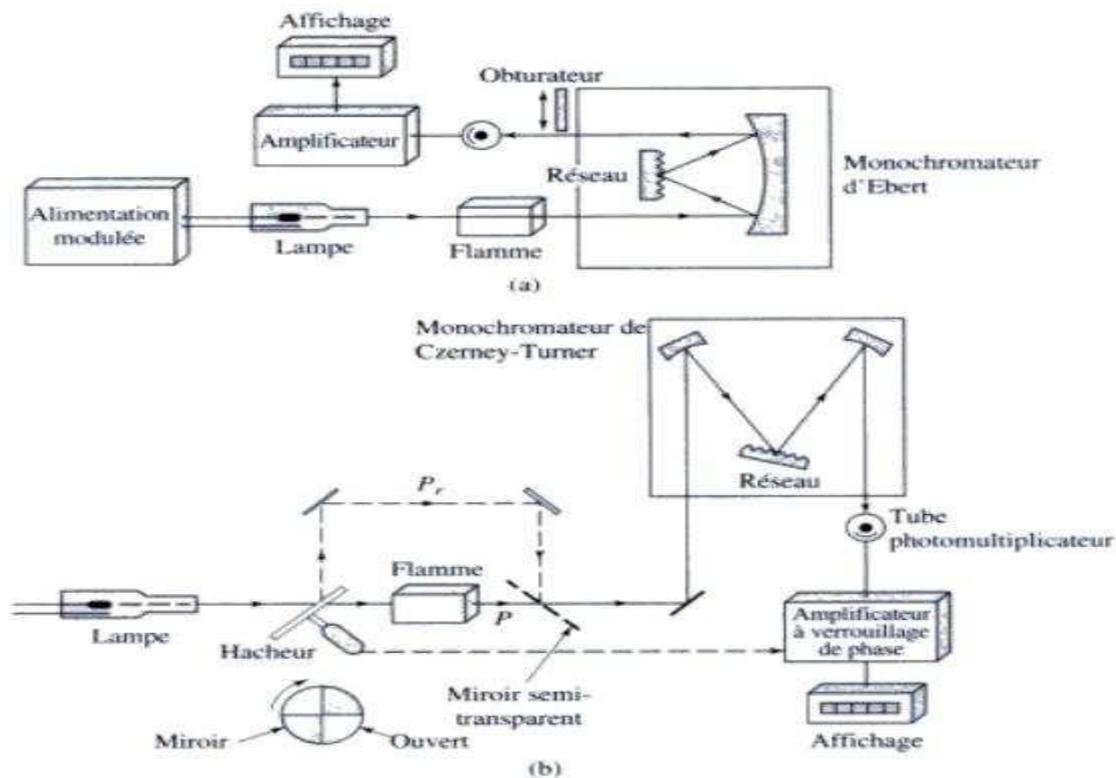


Figure 8 : Spectrophotomètres de flamme : (a) appareil à simple faisceau (b) appareil à double faisceau (Skoog *et al.*, 2003).

II-2-4-2 Les lampes à cathode creuse :

Elle existe pratiquement pour tous les éléments métalliques, notamment les métaux lourds. Dans une lampe à cathode creuse commerciale (figure 10), la cathode possède une forme cylindrique creuse, fermée sur un côté. La lampe est scellée et contient un gaz rare (Argon ou Néon) à une pression de quelques mbar. Pour une intensité électrique de 10 mA (à environ 500 V) on a :

Une émission d'électrons hautement énergétiques à la cathode qui provoque une ionisation du gaz de remplissage (Argon ou Néon), les cations formés bombardent ensuite la cathode ce qui provoquera l'éjection d'un atome de métal excité, le retour à l'état fondamental de ce dernier s'accompagnera d'une émission d'énergie sous forme d'une radiation spécifique (Brokeart, 2005).

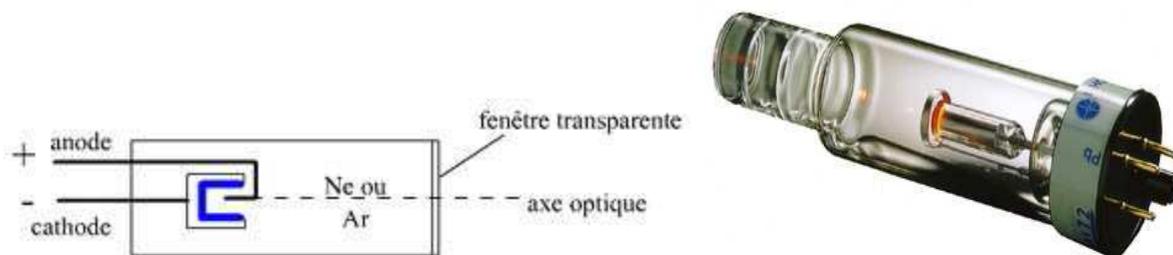


Figure 9 : Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique (*Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*, 2001).

II-2-4-3 Le nébulisateur:

En général, les échantillons destinés à une analyse par spectrométrie atomique sont pour la plupart dissouts en milieu aqueux et introduit dans l'atomiseur par un nébulisateur, celui-ci aspire l'échantillon liquide à travers un capillaire par un flux de gaz à haute pression qui s'écoule autour de l'extrémité du tube (effet Bernoulli). Ce mécanisme de transport du liquide est appelé aspiration. La vitesse très élevée du gaz provoque la rupture du liquide en fines gouttelettes de dimension variées, qui sont alors entrainées dans l'atomiseur (Skoog et al., 2003).

II-2-4-4 la flamme :

En SAA par flamme, les solutions d'échantillon sont généralement nébulisées grâce à un capillaire et un venturi dans une chambre de pulvérisation et l'aérosol produit est conduit, accompagné de la combustion résultant du mélange gaz et oxydant, dans un brûleur approprié. Il faut noter que seulement 10% de la solution se retrouvent dans la flamme et qu'après des phénomènes complexes de vaporisation, dissociation, recombinaison, on obtient une proportion plus ou moins forte d'atomes libres susceptibles d'absorber le rayonnement. Selon Brokaert (2003), les solutions étalons préparées doivent avoir une composition (une matrice) aussi voisine que possible que celle des échantillons afin de maîtriser au mieux les phénomènes physico-chimiques (nébulisation, vaporisation, réactions chimiques) qui interviennent dans l'obtention des atomes libres à l'état fondamental.

Chapitre 3 : Résultats et discussion

III-1 Evaluation de la qualité des eaux des stations d'échantillonnage :

Durant notre sortie sur terrain avant de prélever les échantillons pour le dosage des métaux lourds, certains paramètres ont été pris en considération in situ au niveau des cours d'eau qui se trouvent à proximité des rejets industriels, afin d'évaluer la qualité des points de prélèvements tels que l'odeur, la couleur, la température et le pH.

L'étude a été menée durant la période du deuxième semestre de l'année 2016 et plus précisément, les prélèvements ont été effectués au cours du mois de février et de mars.

Les principales informations des conditions d'échantillonnages des liquides effectués au niveau des 3 points de prélèvements.

Tableau 7 : Paramètre mesurés sur terrain

Conditions d'échantillonnage	Site 1	Site 2	Site 3
Odeur	Supportable	Supportable	Supportable
Couleur	Marron foncé	Marron clair	Marron très clair

Du Tableau (7), Il ressort que les trois points de prélèvements sont d'une couleur marron foncé (site 1) à marron très claire (site 3), avec une odeur supportable.

D'après Ramade (2002), la dégradation de l'aspect de l'eau est due au mélange de l'eau du cours d'eau et de l'effluent entraînant ainsi une eau turbide et colorée.

III-2 Résultats physico-chimique :

La mesure du pH et la température pour les différents échantillons (tableau 08) donne les principaux résultats obtenus.

Tableau 8 : Mesure du pH et de la température au niveau des trois sites de prélèvement

Paramètres	Site 1	Site 2	Site 3
pH	7.5	7.8	8
T (°C)	24	22	21

Les résultats obtenus nous permet de distinguer que :

*Les valeurs du pH des trois sites varient entre 7.5 et 8. Le pH du site (1) et le site (2) sont quasiment neutres, par contre la valeur obtenue au site (3) montre que le rejet est légèrement basique.

Lorsque le pH d'une eau varie entre 7 et 8, facilite le phénomène de complexations des métaux par les matières solides entraînant ainsi leur précipitation et retrait de la colonne d'eau (Bouabdli et *al.*, 2005).

*Les températures des différents rejets restent tributaires de la saison et les résultats de la mesure donnent des valeurs minimale et maximale de 21°C site (3) et 24°C site (1).

D'après Ramade(1999), la température est un facteur qui influe sur la qualité des eaux, tout changement dans la température peut agir sur la faune et la flore.

III-3 Résultat des métaux lourds :

III-3-1 Cadmium :

La concentration du Cd dans les trois sites (figure 10), montre une valeur maximale de 1.75mg/l enregistrée au niveau du site (2), et une valeur minimale de 0.07mg/l enregistrée au niveau du site (3).

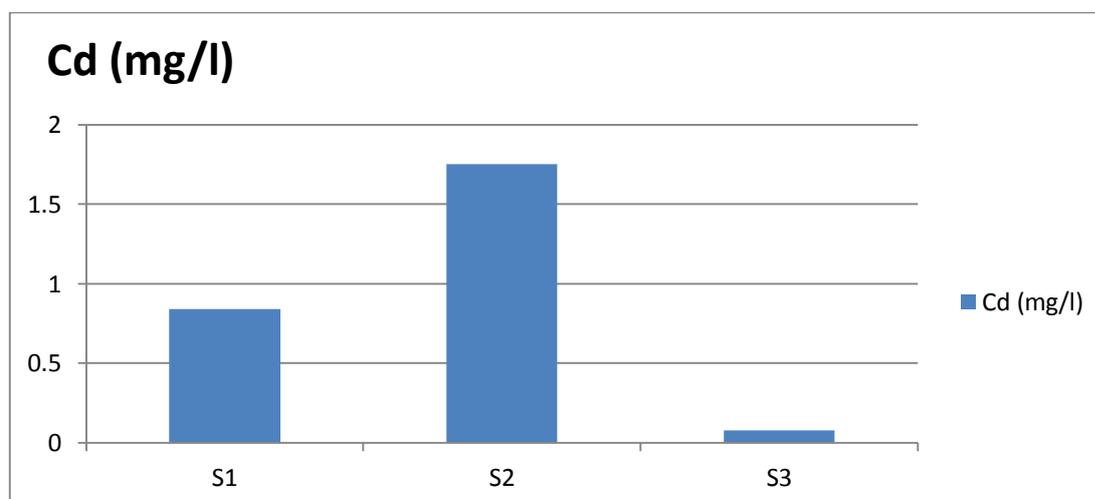


Figure 10 : Teneur du Cd en mg/l

III-3-2 le plomb :

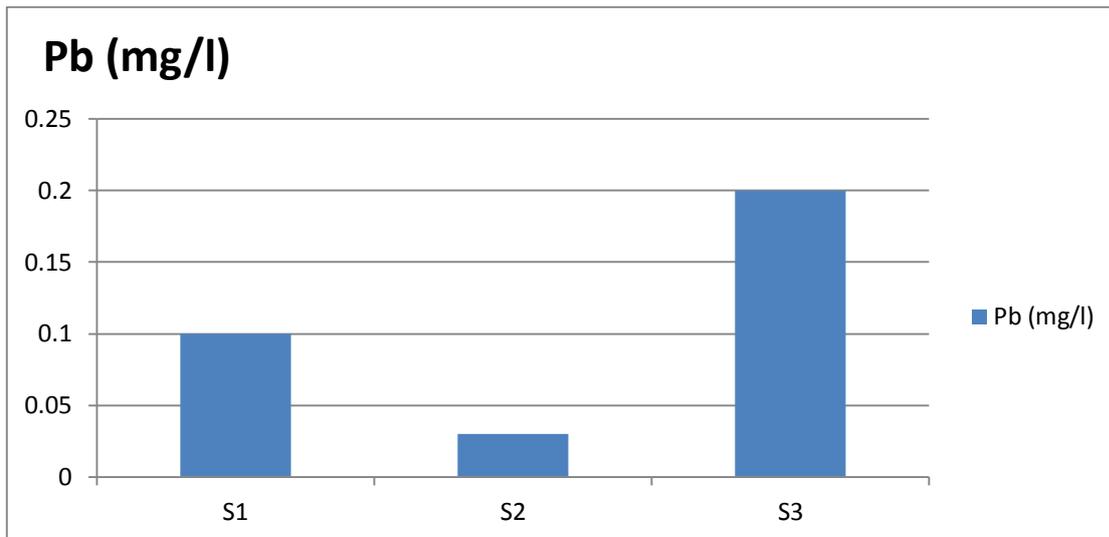


Figure 11 : Teneur du Pb en mg/l

Pour le plomb (figure 11), les concentrations s'échelonnent entre 0.03 et 0.2mg/l.ces valeurs minimale et maximale sont enregistrées respectivement au niveau du site (2) et site (3).

III-3-3 le chrome

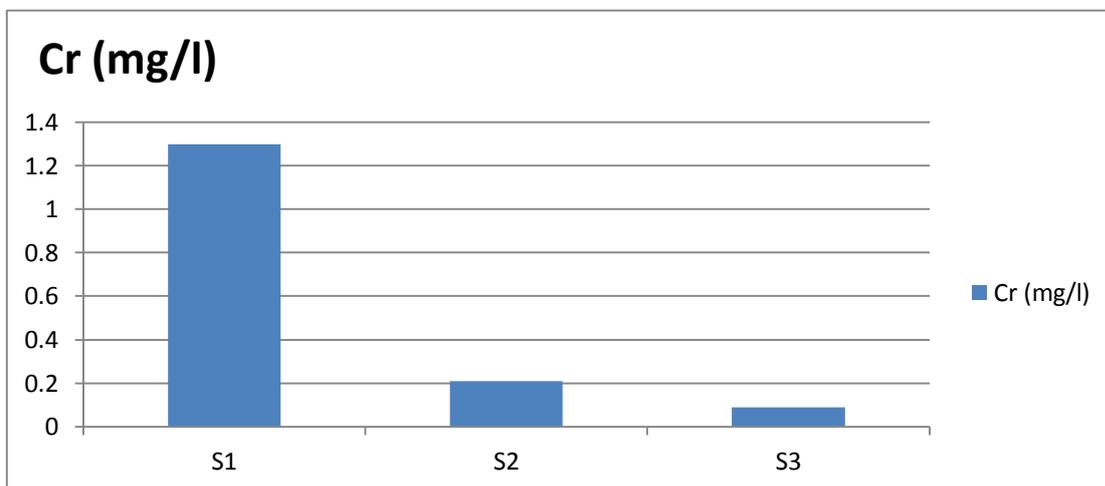


Figure 12 : Teneur du Cr en mg/l

Les résultats de la concentration du chrome(figure 12) montrent une valeur maximale de 1.3mg/l dans le site(1), et une valeur minimale de 0.089mg/l enregistrée au niveau du site (3).

Les résultats obtenus du dosage des métaux lourds dans les rejets industriels au niveau des trois points de prélèvements démontrent que les échantillons des sites (1) et (2) dépassent les valeurs limites des rejets d'effluent liquides industriels en cadmium et en chrome (décret 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents industriels du journal officiel N° 26 du 23 avril 2006). Par contre, pour l'échantillon du site (3) ; les résultats sont au-dessous du seuil critique. Les concentrations du plomb sont trouvées au-dessous de l'énorme pour toutes les stations.

Conclusion :

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des trois sites de prélèvement des rejets industriels montrent d'une façon générale que la température est selon les normes saisonnières. Pour le pH, les mesures indiquent un pH neutre pour les sites (1) et (2) et légèrement basique pour le site (3).

Grace aux résultats obtenus, nous pouvons déduire des informations importantes en matière de distribution de chaque métal dans les rejets industriels de la région : la station 1 présente les teneurs les plus élevés en Cr, la station 2 présente les teneurs les plus élevés en Cd, tandis que la station 3 montre les teneurs aussi les plus élevés en Pb.

L'ordre des teneurs en métaux étudiés montrent des modèles différents d'une station à l'autre : au niveau de la station 1, l'ordre est le suivant : $Cr > Cd > Pb$, au niveau de la station 2 l'ordre est le suivant : $Cd > Cr > Pb$, et finalement la station 3 montre un ordre différent : $Pb > Cr > Cd$. Ceci reflète la nature et les apports des rejets dans chaque station.

Les résultats de la teneur des métaux lourds Cd, Pb et Cr, sont supérieurs aux normes pour le Cd et le Cr dans les sites (1) et (2). Par contre pour le plomb les résultats sont au-dessous du seuil critique de toxicité. Plusieurs éléments peuvent expliquer ce fait:

- Les unités industrielles ont des pratiques et usages différents en fonction de leurs spécialités.
- Les pratiques et usages évoluent au cours du temps.
- Il s'agit d'accidents ponctuels.

De cette étude on conclut, qu'il est important de faire des prélèvements continuels afin de surveiller la qualité des rejets industriels.

D'une manière générale, l'eau doit obéir aux normes définies par la réglementation nationale. Si un des paramètres dépasse la concentration limite autorisée, il y a absence de conformité aux normes établies. Certains éléments toxiques du fait de leur présence, font proscrire l'emploi d'une eau. D'autres par contre, peuvent être à la rigueur tolérés s'ils ne dépassent pas une certaine limite. Si l'on est en présence d'un faible dépassement, limité dans le temps en l'absence d'une pollution accidentelle importante, le dépassement de la norme ne doit pas être systématiquement considéré comme introduisant un risque significatif pour la population.

Perspective :

L'eau est un élément important à la vie, sans l'eau aucun paramètre vital n'est réalisé. Pour maintenir la qualité des eaux des rejets industriels il est primordial pour chaque unité de créer des systèmes d'épuration des eaux afin de maintenir l'état des écosystèmes aquatique qui sont vulnérable de fragiliser par tout forme de rejet polluants, il faut aussi faire un suivie de surveillance des rejets par des prélèvements et dosage des métaux lourds pour préserver sa qualité.

Les références

A

- 1) **Akins J. M., Schroeder J. A., Browert D. L., Aposhian, H. V. 1992.** Evaluation of drosophila melanogaster as an alternative animal for studying the neurotoxicity of heavy metals. Departement of pharmacology and Toxicology and University Departement of Molecular and cellularbiology, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, *biometals*, 5, 111, 120.
- 2) **Alloway B.J.** 1995. Heavy metals in soils. Second edition. Blackis Academic and Professional, London, 368
- 3) ***Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy. 2001.*** United States of America, *de caractérisation*. Edition Technip. Paris,. 336p. ISBN : 2-7108-0750-5.
- 4) **Angell N.F., Lavery J.P. 1982** - The relationship of blood lead levels to obstetric outcome. *Am. J. Obstet. Gynecol*, 142: 40p.
- 5) **ANPE. 1988** – Monographie de la Wilaya de Constantine. *Agence Nationale de la Protection de l'Environnement*. Ministère de l'Hydraulique de l'environnement et des forêts, A.N.P.E., Volume I, 119 pp.
- 6) **Augier H. 2008.** Le livre noir de l'environnement, etat des lieux planétaire sur les pollutions, édition Alphée, Jean-Paul Bertrand ; 600pp.

B

- 7) **Baize D. 1997-** Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France). Paris:INRA, 401p.
- 8) **Barbier O., Jacquillet G.,Tauc M.,Cougnon M.,Poujeol, P. 2005.** Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. *NephronPhysiol*99: p105-110
- 9) **Belanger David. 2009.** Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie international. Cannda,.
- 10) **Benecke M., Gustav Eckert K., Erber B. 2004.** Guide pratique de toxicologie, 1ère édition, édition de Boeck and Larciens. A. ; 348 pp.
- 11) **Bordet J. 2007.** L'eau dans son environnement rural. Editions Johanet, paris. 318p.
- 12) **Bouabdli A., Saidi M'rabet., S Escarre., Leblanc M. 2005.** Heavy metalstrasport by the moulaya river (morocco), revue science de l'eau, rev. Sci. Eau 18/2, 199-213.

- 13) **Bourelrier P., Berthelin, J. 1998.** Contamination des sols par les éléments en traces: les risques et leur gestion. Rapport n°42, Académie des Sciences. (Ed). Lavoisier, 300p.
- 14) **Brokaert José A. C. 2005.** *Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasmas*. Deuxième édition revue et augmentée. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (Federal Republic of Germany), 414p. ISBN: 978-3-527-31282-5.
- 15) **Burnol A., Duro L.M. 2006.** recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les eaux souterraines. Rapport final, BRGM/RP-52910 –FR, 73 pp.
- 16) **Burnol A., Duro L. M., Grive. M. 2006.** Recommandations pour la modération des transferts des éléments traces métalliques dans les eaux souterraines. Rapport final, BRGM/RP-52910 –FR, 73pp.

C

- 17) **Biney A. T., Amuzu D., Calamari N., Kaba I.L., Mbome H., Naeve O., Ochumba O., Osibanjo V., Radegonde et M.A.H. Saad. 2008.**
- 18) **Casas-Stellio. 2005.** *Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, mytilus galloprovincialis, en milieu méditerranéen.* Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin., 314p.
- 19) **Cazenave A., and Nerem S. 2002.** Redistributing earth's mass. *Science*, 297, 783-784
- 20) **Chassard-Bouchaud C. 1995.** L'écotoxicologie. Que sais-je ? Paris : PUF. 128p.
- 21) **Clemens S. 2006.** Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie*, 88: 1707-1719.
- 22) **Cobb A. 2008.** The element cadmium Library of congress Cataloging- in publication Data, Marshall cavendish corporation, 31pp.

D

- 23) **Das, samantaray S., Rout R. 1997.** studies on cadmium toxicity in plants: a review *Environ. Pollut*, 98: 29-36.

E

- 24) **El-Hadef El-Okki M. 1998.** Contribution à l'étude de la biosurveillance des métaux lourds (Cd, Cu, Ni, Pb et Zn) par les lombriciens, des sols autour de la décharge publique

de Constantine (11 km sud-ouest). Mémoire fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Ecologie. ISN, Université de Constantine, 89 pp.

- 25) **El-Hadef El-Okki M. 2002.** Evaluation de la pollution métallique (cadmium, cuivre, plomb, et Zinc) des sols des bords d'oued Rhumel (Constantine) par les lombriciens. Magister en Ecologie, Université Constantine
- 26) **ENDA.** Guide méthodologique Mener des activités d'éducation à l'environnement en lien avec la thématique des déchets ménagers. Maghreb. P1.

F

- 27) **Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J., Hemptinne J.L. 2002.** Ecologie approche scientifique et pratique. 5^{eme} éd.Éditions TEC & DOC .Paris.405p

G

- 28) **Gao H., Lu Y., Zeng G., Xu W., Li T., Xia W., J Hazard. Mater. 2007.** 446-452. 150
- 29) **Gaujous. 1995.** la pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Technique de documentation. Ed. Lavoisier. Paris. 220p.
- 30) **Godt J., Scheidig F., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Reich A., and Groneberg, D. 2006.**The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. J Occup Med Toxicol1: 22-27

I

- 31) **Il'yasova D., Schwartz G.G. 2005.**Cadmium and renal cancer. ToxicolApplPharmacol207: 179-186
- 32) **Ineris. 2004.** Devenir et comportement des métaux lourds dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM.
- 33) **ISO. 1994.** *Qualité de l'eau : Dosage du cadmium par spectrométrie d'absorptionatomique.* Suisse : ISO 5961, 10p.
- 34) **ISO. 1986.** *Qualité de l'eau : Dosage du Cobalt, Nickel, Cuivre, Zinc, cadmium et Plomb- méthodes par spectrométrie d'absorption atomique.* Suisse : ISO 8288.
- 35) **ISO. 2003.** *Qualité de l'eau : échantillonnage. partie3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau.* Suisse : ISO 5657-3.

J

- 36) **Jeannot R., Lemiére B., Chiron S. 2002.** Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués, édition BRGM, 122pp.

- 37) **JICA. MATET. ONNED.2008.***Compte rendu du séminaire Conjoint Algérie Japon pour une gestion efficace de l'Environnement.* Alger, du 21 au 22 avril 102 p.
- 38) **JORA. 2003.** Journal officiel de la république algérienne. Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- 39) **Juste C. 1995.** les micropolluants métalliques dans les boues résiduaire des stations d'épuration urbaines. Convention ADEME-INRA, ADEME (ed). 209p.

K

- 40) **Kabata-Pendias A., Pendias H. 2001.**Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC PressPress, Boca Raton, Florida
- 41) **KADOUCHE S. 2006.** Utilisation des biomatériaux dans le traitement des eaux. Thèse de doctorat en chimie appliquée, Université mouloud mammeritziouzu, 2p
- 42) **KHERIEF N. 2006.** Etude de la variation des températures extrêmes et pérennité des arbres urbains dans la région de Constantine, Mémoire de magistère en ecologie et environnement, université deMentouri, Constantine, 13p.
- 43) **Kolonel L.N. 1976.**Association of cadmium with renal cancer. *Cancer* **37**: 1782-1787.

L

- 44) **LACOUE-LABARTHE Thomas. 2007.** *Incorporation des métaux dans les oeufs de laseiche commune Sepiaofficinalis et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires.* Thèse de doctorat : Océanologie Biologique & Environnement Marin. 200 p.
- 45) **Losi M. E., Amrhein C., et Franken Berger J.R., W. T. 1994.** Factors affecting chemical and biological reduction of hexavalent chromium in soil, *environmental Toxicology and chemistry*, 13(11): 1727-1735.
- 46) **Lu F.C. 1991.** Toxicologie, données générale, procédures d'évaluation, organes cibles, évaluation des risqué, édition Masson, Paris, 361 pp.

M

- 47) **Mebarki A. 1984.** Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kebir-Rhumel. O.P.U., Alger : 302 pp.
- 48) **Mehannaoui-Afri F.Z. 1998.** Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Thèse Magister en Ecologie. ISN, Université de Constantine, 237 pp.

- 49) **Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, spectrométrie d'absorption atomique.** Axe " Génie des Procédés", Centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne. 43p
- 50) **Miles C.D., Brandle J.R., Daniel D., Chuder O., Schanare P.D., Uklik D.J. 1972.** Inhibition of photosystem II in isolated chloroplasts by lead plants. *Plant. Physio*, 49: 820p.
- 51) **Miquel M. G. 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport l'office parlementaire d'évolution des choix scientifiques et technologiques, 365pp.
- 52) **Mohanty K., Jha M., Meikap B.C., Biswas M.N., Chem. Eng. Sci. 2005.** 3049–3059.60.
- 53) **Moore M.R., Meredith P.A., Watson W.S., Sumner D.J., Taylor M.K., Goldberg A. 1980.** The percutaneous absorption of lead-203 in humans from cosmetic preparations containing lead acetate, as assessed by whole-body counting and other techniques. *Food. Cosmet. Toxicol*, 18: 399p.

N

- 54) **Norseth T. 1981.** Environmental Health Perspectives, 40, 121- 130.

O

- 55) **ONEMA. 2012.** Fiche 14 la qualité de l'eau. Les Agences de l'Eau. Ministère de l'écologie, du développement durables et de l'énergie. France. p 4.
- 56) **Otabbong E 1990.** Soil Sci. Plant Anal., 21 687- 703.
- 57) **Oubagha N. 2011.** Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire de Magister en chimie. Université Mouloud Mammri Tizi Ouzou. p5-6.

P

- 58) **Pedelaborde P. 1991.** Introduction a l'étude scientifique du climat/Paris. 352pages. pp.9-18.
- 59) **PICHARD, Annick. 2003.** *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, plomb et ses dérivés.* 90p.
- 60) **PRADYT. 2004.** Patnaik *.Dean's Analytical Chemistry Handbook (McGraw-Hill Handbooks).* Second edition. 1114 p. ISBN: 0071410600.

R

- 61) **Ramade F. 1993-2003.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 700p.

- 62) **Ramade F. 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions (Les polluants : de l'environnement à l'homme) Ed science internationale, PARIS .690p .
- 63) **Ramade F. 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience international, paris, 50-186pp.
- 64) **Ramade F. 2005.** Elément d'écologie, écologie appliquée. 6ème édition, Dunod, Paris
- 65) **Richard F.C., Bourg A.C.M., Wat. Res. 1991.25(7)** 807-816.
- 66) **Rodier J. 1996.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Paris (France), Dunod, 1384p.
- 67) **Rodier Jean., LEGUBE B., MERLET N. COLL. 2009.** *L'Analyse de l'eau.* 9eme édition. Dunod. Paris, 1526p. ISBN : 978-2-10-054179-9.

S

- 68) **Savary P. 2003.** Guide des analyses se la qualité de l'eau. Dossier d'expert, editionstechni. Cité, 87-194 pp.
- 69) **Schubert G.E., Sinner E. 1997.**Otten, G., Virch. Arch. Abt. Path. Anat., 353 () 207-220.
- 70) **SKOOG, HOLLER, NIEMAN.2003.** *Principe d'analyse instrumentale, fifth edition.* Edition de Boeck université. Paris, 938p. ISBN : 2-7445-0112-3.
- 71) **Stéphanie A., Emmanuel B., Marie B., Francois H., Laurence L., Maud H., Stéphanie L. 1997.** Méthodes spectrométrique d'analyse et de caractérisation, les métaux lourds, dossier SAM 1997. Axe « Génie des procédés », centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-etienne, 85pp.

V

- 72) **Viala A., Botta A. 2005.** Toxicologie, 2ème édition, édition Lavoisier tec and doc, 1122 pp.

W

- 73) **Waalkes M.P. 2000.** Cadmium carcinogenesis in review. *J. Inorg. Biochem*, 79: 241-244.
- 74) **Witterners L., Aufderheide A., Rapp G.,Alich, A. 2002 .**Archaeological contributions of skeletal lead analysis. *Acc. Chem. Res.* 35: 669.

Z

75) **Zeriref N. 2008.** Evaluation du niveau de contamination par les ETM (en particulier le Cr), des effluents de toxiques du CPG, des eaux traitées de la STEP, du sol de l'air de stockage, des boues dépuration et d'hydroxydes, ainsi que des sédiments des oueds SakietRoum et Rhumel, en amont et avale de l'ENMTP d'ainsmara, Constantine, thèse d'ingénieur d'état en écologie et environnement, université Mentouri, Constantine, 137p.

Annexe

Les valeurs limites de l'industrie (SNTA) :

PARAMETRE	UNITE	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	Unité de pH	6.5-8
Teneur en cadmium	Mg/l	0.25
Teneur en plomb	Mg/l	7
Teneur en chrome	Mg/l	0.75

Les valeurs limites de l'industrie (GERMEN SPA)

PARAMETRE	UNITE	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	Unité de pH	5.5-8
Teneur en cadmium	Mg/l	1
Teneur en plomb	Mg/l	1
Teneur en chrome	Mg/l	0.5

Les valeurs limites de l'industrie (Sarl I.T.A)

PARAMETRE	UNITE	VALEUR LIMITES
Température	°C	30
pH	Unité de pH	6.5-8.5
Teneur en cadmium	Mg/l	0.75
Teneur en plomb	Mg/l	1
Teneur en chrome	Mg/l	2

Dosage des métaux lourds Cd, Cr, Pb dans les rejets liquides de trois zones industrielles de la wilaya de Constantine

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en "*Pollution des Ecosystèmes et écotoxicologie*"

Résumé

Dans le but d'évaluer le risque de la pollution par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans les cours d'eau de la wilaya de Constantine. Des prélèvements d'échantillons de rejets industriels d'origine liquide ont été réalisées dans trois sites de trois zones industrielles: zone d'El Khroub, (SNTA Constantine), zone industrielle d'Ain smara, (SPA GERMAN), zone industrielle de palma, (Sarl I.T.A).

Les résultats représentatifs, des caractéristiques physico-chimiques (température, pH...), ainsi que, le dosage du cadmium, plomb et chrome dans ces rejets industriels révèlent que : la couleur de l'eau est de marron foncé à marron clair, l'odeur est supportable, la température et le pH sont selon les normes.

Les échantillons ont été analysés pour déterminer la concentration en métaux lourds (Cd, Pb et Cr) par la technique de spectrophotométrie à absorption atomique (SAA). La concentration des métaux lourds dépassent les normes (décret 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents industriels du journal officiel N° 26 du 23 avril 2006). pour le (Cd et Cr) au niveau de site 1 et site 2. Par contre, les teneurs du Pb sont dans les normes autorisées.

Ces résultats montrent de façon générale, une variation des teneurs en métaux lourds dans les trois unités industrielles.

Mots clés : rejet industriel, pollution des eaux, les métaux lourds (Cd, Pb, Cr).

Laboratoire de recherche : Biologie et Environnement

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mlle. Sahli Leila (M.C.A - UFM Constantine),
Rapporteur : Mme. Zaimeche Saida (M.C.B - UFM Constantine),
Examineur : Mr. Touati Laid (M.C.B - UFM Constantine).

Date de soutenance : 23/06/2016