

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention d'un Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Option: écologie des milieux naturels

Intitulé

Evaluation de la contamination physicochimique et
métallique des eaux de surface par les rejets industriels, cas
de l'oued SafSaf.

Présenté Par :

Fernana Hiba
Miles Asma
Mili Marwa
Touitou Hadjer

Membre de Jury:

FEKRACHE Fadila	MCA	Présidente	Université 20 aout 1955- Skikda
BOUDEFFA Khaled	MCA	Directeur de mémoire	Université 20 aout 1955- Skikda
OUDJANI Faiza	MCA	Examinatrice	Université 20 aout 1955- Skikda

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu De nous a donné la santé, la force et la patience d'accomplir ce travail.

La réalisation de ce mémoire à été possible grâce au concours de plusieurs personnes.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre encadreur **Dr. BOUDEFFA Khaled** qui n'a cessé de nous prêter son soutien scientifique et moral depuis qu'il a accepté de diriger ce travail, nous le remercions pour sa gentillesse, et ses conseils judicieux, et aussi pour sa patience, ses encouragements et sa méthodologie.

Nous remercions tous particulièrement les membres de jury : madame **FEKRACHE Fadila** présidente de jury et madame **OUJANI Faiza** notre examinatrice pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Un grand merci à l'équipe de laboratoire de l'ADE et de l'environnement pour leur aide Ils ont grandement facilité notre recherche.

Et enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

“ L’homme pille la nature, mais la nature finit toujours par se venger.”

- Gao Xingjian , La montagne de l’âme.

LISTE DE FIGURES

Figures	Titre	Pages
01	Carte géographique de la wilaya de Skikda.	03
02	Localisation de l'état de Skikda.	04
03	Station de prélèvement 1.	16
04	Station de prélèvement 2.	17
05	Station de prélèvement 3.	17
06	Bassin versant amont du barrage.	17
07	Photographie du spectrophotomètre utilisé.	19
08	Schéma de principe de la spectrophotométrie.	19
09	Photographie du thermomètre utilisé.	20
10	Multi paramètre 1 utilisé.	20
11	La sonde du Ph.	20
12	La sonde de la conductivité.	21
13	Turbidimètre.	22
14	Multi paramètre 2.	22
15	Réactif + ballon de débordement.	23
16	Bouteille d'incubation+ la tête de lecture.	23
17	Les Variations spatiotemporelles de la température.	33
18	Les Variations spatiotemporelles du PH.	33
19	Les Variations spatiotemporelles de la conductivité.	34
20	Les Variations spatiotemporelles de la turbidité.	35
21	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en TDS.	35
22	Les Variations spatiotemporelles de l'oxygène dissous.	36
23	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en DBO5.	37
24	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en DCO.	37
25	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en TA.	38
26	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en TAC.	38
27	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en THT.	39
28	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en sulfate.	39
29	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en phosphate.	40
30	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en chlorure.	40
31	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en calcium.	41
32	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en nitrites.	42

LISTE DE FIGURES

33	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en nitrates.	42
34	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en fer.	43
35	Les Variations spatiotemporelles de la teneur en cuivre.	43

Liste d'abréviations

Ph : Le potentiel hydrogène.

TDS : Total Dissolved Solids.

TA : titre alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

THT : Titre Hydrométrique.

DBO5 : La demande biochimique en oxygène.

DCO : La demande chimique en oxygène.

C° : le degré Celsius

µS/cm : Micro siemens par cm

Mg/L : milligramme par litre

F° : le degré français

TNU: Nephelometric Turbidity Unit

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau 01 : Classification périodique des éléments (Fourest E, 1993)	05

Résumé

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine c'est pourquoi sa protection demeure une priorité vis-à-vis de l'activité de l'homme.

Le développement industriel dans la wilaya de Skikda a rendu la situation de l'environnement préoccupante par tous les intervenants, surtout ces dernières années, elle a connu un véritable développement industriel marqué par l'implantation des grandes usines qui déversent leurs rejets liquides. Les rejets industriels sont devenus un facteur de pollution des eaux qui risquent dans les années à venir de menacer sérieusement la stabilité de l'environnement.

Dans ce travail nous nous sommes intéressées particulièrement à l'analyse des qualités écologiques des cours d'eau dans la Wilaya de Skikda: cas de l'oued Saf Saf.

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique et métallique de l'eau de l'oued Saf Saf, nous avons effectué des prélèvements et des analyses durant les 03 mois : Mars, Avril et Mai. Les échantillons ont été prélevés dans trois stations au cours de l'oued.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus ont permis de conclure qu'il y'a une pollution sur l'oued par des rejets industriels. Cette pollution est affirmée par une température élevée de l'eau, une conductivité élevée, et des grandes tenures de cuivre dans la zone de rejets industriels.

Les mots clés : pollution, paramètres physico-chimiques, métaux lourds, Skikda.

Abstract

Water is a natural element essential to life. It is a necessary richness for all human activity and therefore its protection remains a priority vis-à-vis the activity of man.

Industrial development in the Skikda wilaya has made the environmental situation of concern to all stakeholders, especially in recent years, It has experienced a real industrial development marked by the establishment of large factories that discharge their liquid discharges. Industrial discharges have become a source of water pollution which in the years to come may seriously threaten the stability of the environment.

In this work we were particularly interested in the analysis of the ecological qualities of the rivers in the Wilaya of Skikda: case of the wadi Saf Saf.

In order to assess the physico-chemical and metallic quality of the Saf Saf wadi water, we carried out sampling and analyses during the 03 months: March, April and May. Samples were taken from three stations during the wadi.

The results of the physico-chemical analyses obtained have led to the conclusion that there is pollution on the wadi by industrial discharges. This pollution is affirmed by high water temperature, high conductivity, and large copper tenures in the area of industrial discharges.

Keywords: pollution, physico-chemical parameters, heavy metals, Skikda.

الملخص :

الماء عنصر طبيعي ضروري للحياة. إنه ثراء ضروري لجميع الأنشطة البشرية وبالتالي تظل حمايته أولوية بالنسبة لنشاط الإنسان.

وقد جعلت التنمية الصناعية في ولاية سكيكدة الوضع البيئي مصدر قلق لجميع أصحاب المصلحة، وخاصة في السنوات الأخيرة، وشهدت تطورا صناعيا حقيقيا تميز ببلشاء مصانع كبيرة تقوم بتصريف تصريفاتها السائلة. أصبحت التصريفات الصناعية مصدراً لتلوث المياه الذي قد يهدد بشكل خطير في السنوات القادمة استقرار البيئة.

في هذا العمل كنا مهتمين بشكل خاص بتحليل الصفات البيئية للأشهار في ولاية سكيكدة: حالة وادي الصفصاف من أجل تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والمعشبية لمياه وادي الصفصاف، أجرينا عينات وتحليلات خلال الأشهر 03: مارس وأبريل ومايو. تم أخذ عينات من ثلاث محطات خلال الوادي.

أدت نتائج التحليلات الفيزيائية الكيميائية التي تم الحصول عليها إلى استنتاج أن هناك تلوثاً في الوادي بسبب التصريفات الصناعية. يتأكد هذا التلوث من خلال ارتفاع درجة حرارة المياه، والموصلية العالية، وحيازات النحاس الكبيرة في منطقة التصريفات الصناعية.

الكلمات الرئيسية: التلوث، المعلمات الفيزيائية الكيميائية، المعادن الثقيلة، سكيكدة.

SOMMAIRE

Titre	Page
INTRODUCTION	01
CHAPITRE 1 : LES METAUX LOURDS ISSUS DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE ET LEURS EFFETS DANS L'ENVIRONNEMENT.	03
1. Description de la région d'étude.	03
1.1 Situation de la région de Skikda.	03
1.2. Situation du bassin versant de l'Oued Saf-Saf.	04
2. définitions des métaux lourds.	04
2.1. Métaux.	05
2.2. "Métaux lourds" ou "métaux traces".	05
2.3. Toxicité des métaux.	06
2.4. Caractéristiques des métaux lourds.	06
2.4.1 Le Plomb (Pb).	06
2.4.2. Le Cuivre (Cu).	06
2.4.3. Le Cadmium (Cd).	07
2.4.4. Le Zinc (Zn).	07
2.4.5. Le chrome.	07
3. Les différentes sources de pollution des eaux.	08
3.1. La pollution urbaine.	08
3.2. Pollution de l'eau d'origine industrielle.	09
3.3. Les types de pollution.	09
3.3.1. La pollution physique.	10
3.3.1. a. Pollution mécanique.	10
3.3.1. b. Pollution thermique.	10
3.3.1. c. Pollution radioactive.	10
3.3.2. La pollution chimique.	10
3.3.3. La Pollution organique.	11
3.3.3. a. Hydrocarbure.	12
3.3.3. b. Phénols.	12
3.3.4. La Pollution minérale.	13
3.3.4. a. Métaux lourds.	13
3.3.4. b. Spécificité de certains métaux.	14
3.3.4. c. Pollution d'azote.	14

3.3.4. d. Pollution par le phosphore.	15
3-3-5 La pollution microbiologique.	15
	16
CHAPITRE 2. MATERIELS ET METHODES	
1. Les stations de prélèvements.	16
1.1. Description des sites d'échantillonnage.	16
1.1.1. La plage Ilot des chèvres.	16
1.1.2. La commune de Hamadi krouma.	16
1.1.3. Barrage de Zerdezza.	17
2. Echantillonnage.	17
2.1. Le protocole de prélèvement.	18
2.2. Méthodes d'analyses	18
2.2.1 Les modes opératoires des paramétrés physiques.	19
2.2.1. a. La température.	19
2.2.1. b. Le potentiel d'Hydrogène Ph.	20
2.2.1. c. La conductivité.	20
2.2.1. d. La turbidité.	21
2.2.2. Les modes opératoires des paramètres chimiques.	22
2.2.2. a. La demande biologique en oxygène DBO5.	22
2.2.2. b. La demande chimique en oxygène DCO.	24
2.2.2. c. Le titre alcalimétrique TA.	24
2.2.2. d. Le titre alcalimétrique complet TAC.	25
2.2.2. e. Le titre hydrotimétrique THT.	25
2.2.2. f. Les sulfates.	26
2.2.2. g. Les phosphates.	26
2.2.2. h. Les chlorures.	27
2.2.2. i. Le calcium.	27
2.2.2. j. Les nitrites.	28
2.2.2. k. Les nitrates.	29
2.2.3. Les modes opératoires des paramètres métalliques.	29
2.2.3. a. Le fer.	29
2.2.3. b. Le chrome.	30
2.2.3. c. Le cuivre.	30
CHAPITRE 03 : RESULTATS ET DISCUSSION	
1. Paramètres physico-chimiques.	32
1.1. les paramètres physiques de l'eau.	32

1.1.1. la température.	32
1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).	33
1.1.3. La conductivité.	34
1.1.4. La turbidité.	34
1.1.5. Le taux des sels dissous (TDS).	35
1.1.6. L'oxygène dissous.	35
1.2. Les paramètres chimiques de l'eau.	36
1.2.1. La demande biochimique en oxygène.	36
1.2.2. La demande chimique en oxygène.	37
1.2.3. Le titre alcalimétrique.	37
1.2.4. Le titre alcalimétrique complet.	38
1.2.5. Le titre hydrotimétrique.	38
1.2.6. Les sulfates.	39
1.2.7. Les phosphates.	39
1.2.8. Les chlorures.	40
1.2.9. Le calcium.	41
1.2.10. Les nitrites.	41
1.2.11. Les nitrates.	42
1.3. Les paramètres métalliques de l'eau.	42
1.3.1. Le fer.	42
1.3.2. Le cuivre.	43

CONCLUSION

44

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

Située sur le littoral, Skikda est une région active économiquement grâce à l'agriculture qui occupe une place très importante et surtout grâce à l'industrie pétrochimique et l'entreprise portuaire.

Dans le Nord de la méditerranée, de nombreux travaux de recherches ont pu démontrer que la pollution d'origine industrielle faisait subir un lourd préjudice au milieu marin ; Nous citerons : (Gilet, 1959 ; Aubert Et Al. 1967 ; Arfi Et Leveau, 1983 ; Kerambrun, 1983 ; Friligos, 1985 ; Guillaud Et Aminot, 1991).

Cependant ces activités ne sont pas sans danger pour l'environnement de la région et surtout les ressources en eaux (la mer ; les oueds et les nappes phréatiques).

Si l'agriculture est l'une des causes de la pollution des eaux de la région ; industrie pétrochimiques a la plus grandes responsabilité dans la dégradation de la qualité des eaux (MACÉ ; 2012).

Depuis 1970, Skikda s'est vue dotée d'un complexe pétrochimique qui s'étale sur une superficie de 1.275 ha, faisant d'elle, une grande agglomération industrielle et le deuxième foyer pétrochimique du pays. Comme le complexe a un grand besoin en eau il a été construit à proximité de la mer et des autres points d'eaux, ce qui entraîne une grande pollution aquatique soit par le versement des eaux usées ou des produits toxiques (Djamal et Kholadi ; 2010).

La pollution marine causée notamment par l'immersion (illégal) de déchets et de gazole usé. 60% environ de la pollution par les hydrocarbures est due, par exemple, au déversement dans les canalisations urbaines, d'huile à moteur usée, le pourcentage relatif à la navigation n'étant que de 25%. Cependant, depuis le Torrey Canyon en 1967 (Cornouailles) jusqu'à l'Erika en 1999 (Bretagne), les risques de pollutions accidentelles demeurent présents avec l'impact dévastateur qu'elles engendrent. En effet, les dégâts causés par le Prestige en 2002 (Espagne) en sont le témoignage concret ainsi que l'alliance Spirit en 2003 (Algérie) qui a échoué sur les côtes de Skikda sur lesquels la menace d'une grave pollution a plané pendant des jours.

Sur un plan législatif et réglementaire, l'état algérien œuvre pour leur mise en conformité avec les objectifs de la protection de l'environnement dans toutes ses composantes, notamment par une législation réglementant les rejets d'effluents liquides industriels (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993) ; le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel et fixant les conditions et modalités de récupération et de traitement des huiles usagers (Décrets exécutifs n° 93-161 et 93-

162 du 10 juillet 1993) ainsi qu'une réglementation portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles (Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993);

Le bassin du Saf-Saf qui occupe la partie centrale de la wilaya de Skikda a une superficie de 1158 km², toutefois, sa partie aval est grandement marquée par l'industrie pétrochimique polluante, qui favorise une dégradation rapide et continue de la qualité des eaux superficielles et souterraines (Zouini ; 2010)

Cette pollution des eaux met en péril la santé de la population de la ville notamment à cause des métaux lourds tels que le fer , le cuivre , le phosphate et des nitrites ,et des nitrates contenus dans les déchets toxiques rejetés par l'industrie pétrochimique malgré la présence de structure de traitements des eaux au sein du complexe (Boeglin, 2007).

Dans ce travail on va évaluer la contamination des eaux de surface par les déchets industriels dans différents points de Oued SAFSAF pour voir la diffusion de ces polluants a travers la région d'étude dans les eaux de surfaces.

Notre travail se divise en deux parties, une partie pratique et une autre théorique.

La première partie comporte un seul chapitre qui parle de la présentation de la région d'étude et des métaux lourds issus de l'activité industrielle et leurs effets dans l'environnement.

La deuxième partie comporte deux chapitres ; Un chapitre dédié aux matériel et méthodes utilisés dans nos expériences avec description des sites d'échantillonnage et les prélèvements effectués.

Enfin le dernier chapitre est consacré à l'interprétation et a la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE 1 : LES METAUX LOURDS ISSUS DE L'ACTIVITE INDUSTRIELLE ET LEURS EFFETS DANS L'ENVIRONNEMENT.

1. Description de la région d'étude.

1.1. Situation de la région de Skikda.

La Wilaya de Skikda est située au nord-est de l'Algérie entre la longitude 6°50' E et la latitude 36°35' N elle s'étend sur une superficie de 4137,68 Km² avec une population avoisinant les 1115380 habitants (DRU, 2020).

Elle occupe une position stratégique sur le littoral septentrional de la Méditerranée. Ses principales limites sont :

- Au Nord la mer Méditerranée.
- Au Sud la Wilaya de Constantine et de Guelma.
- A l'Est la Wilaya d'Annaba.
- A l'Ouest la Wilaya de Jijel et Mila.



Figure 01 : carte géographique de la wilaya de Skikda.

1.2. Situation du bassin versant de l'Oued Saf-Saf.

Le bassin versant de l'Oued Saf-Saf fait partie de la Wilaya de Skikda. IL appartient au bassin Côtier Constantinois centre et se situe entre le bassin de l'Oued Guebli à l'Ouest et celui de l'Oued Kebir ouest à l'Est , il est limité au Sud par le col d'El Kentour, à l'Est par le col de Bici , a l'Ouest par le col de Staiha et enfin par la mer Méditerranée au Nord où se déverse le principal cours d'eau de ce bassin à l'Est de la ville de Skikda, drainant une surface de 1158 km.

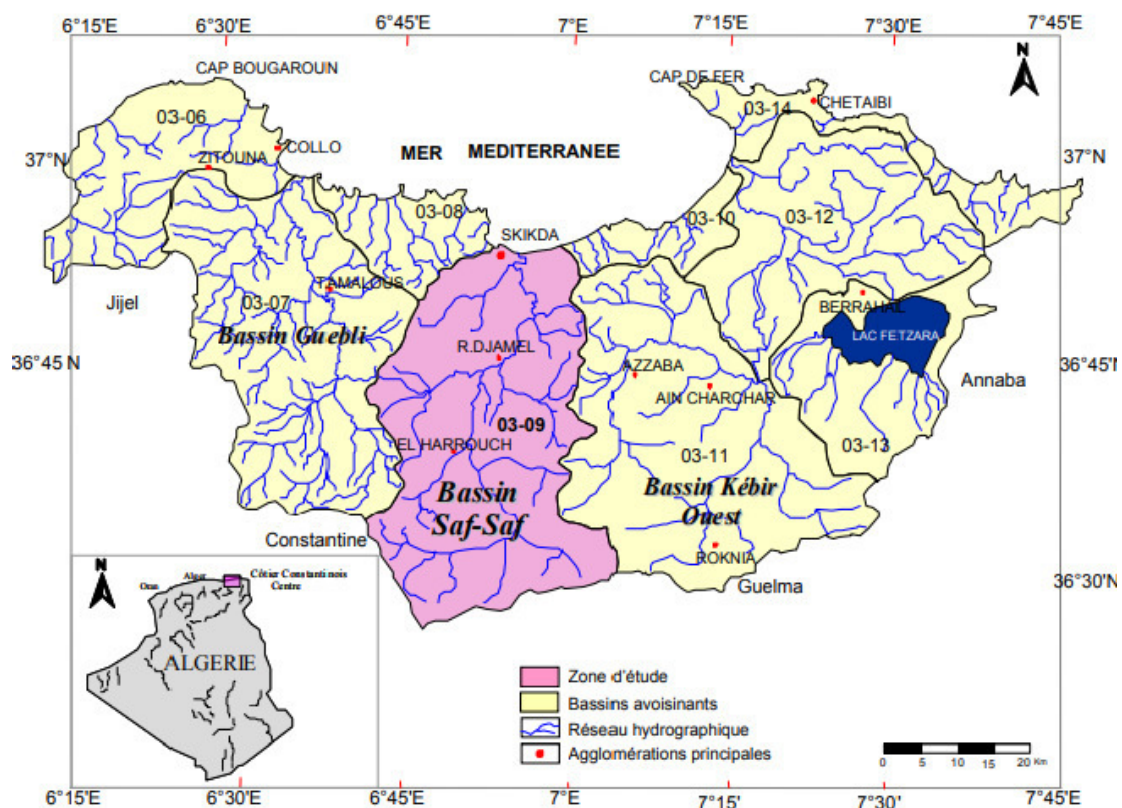


Figure 02 : localisation de l'état de skikda.

2. définitions des métaux lourds.

Parmi les éléments chimiques, les métaux représentent le groupe le plus important. Leurs origines peuvent être naturelles (érosion géologique), industrielles, domestiques et urbaines (eaux usées, boues de station d'épuration), agricoles ou bien atmosphériques.

Nieboer et Richardson, 1980 ont proposé une nouvelle classification des éléments, basée sur des propriétés de complexations. Ils distinguent trois classes d'éléments.

Classe A : regroupe des éléments qui ont une affinité pour des ligands contenant des atomes d'oxygène.

Classe B : regroupe des éléments qui ont une affinité pour des ligands contenant des atomes d'azote et du soufre

Classe C (intermédiaire) : regroupe des éléments ayant une affinité à la fois pour l'oxygène, l'azote et le soufre.

Les métaux les plus souvent impliqués dans la pollution, appartiennent aux classe B et intermédiaire, comme Hg^{2+} , Ag^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} . Les métaux de la classe intermédiaire peuvent interagir avec tous les groupements fonctionnels L'intérêt de ce type de classification est qu'elle permet de prévoir les sites de fixation potentiels des métaux au sein du matériel biologique.


Bloc S												Bloc p						
H		 Métaux lourds de densité > 5															He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Bloc f															
Lanthanides			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Transuraniens			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr		

Tableau 01 : Classification périodique des éléments (Fourest , 1993) .

2.1. Métaux.

Structurellement, les métaux se définissent comme des éléments comportant moins de quatre électrons sur la couche électronique de valence, qui sont facilement perdus pour former l'octet stable. Les métaux se caractérisent donc comme des donneurs d'électrons, facilement oxydables. Ils peuvent se combiner aux métalloïdes pour donner des sels, ainsi qu'à l'ion hydroxyde OH^- pour donner des bases.

2.2. "Métaux lourds" ou "métaux traces".

Terme employé pour l'ensemble des métaux ayant une masse atomique élevée (Ramade, 1993). Ce sont des polluants rémanents qui ne sont généralement pas éliminés de l'écosystème

aquatique par les processus naturels, mais qui tendent à s'accumuler dans les sédiments. Certains métaux (Cu et Zn par exemple) sont essentiels en petite quantité à la croissance de tous les organismes ou pour compléter leur cycle de vie, mais deviennent toxiques quand leur absorption devient excessive. A l'inverse, d'autres métaux (Ag, Cd, Cr, Hg, Pb) sont rarement voire jamais essentiels et sont dits toxiques (Forstner et Wittman, 1981).

2.3. Toxicité des métaux.

La toxicité est un phénomène très complexe, résultant d'interactions multiples entre des substances néfastes et graves troubles physiologiques, subaiguë ou à long terme. De plus, la toxicité d'un métal est déterminée par la nature chimique de l'environnement aqueux et par la spéciation des métaux (forme chimique sous laquelle le métal est considéré).

2.4. Caractéristiques des métaux lourds.

2.4.1 Le Plomb (Pb).

Il est présent dans la croûte terrestre. Les minerais sont : la galène PbS (sulfure de Pb) le plus important, l'anglésite $PbSO_4$, la cérusite $PbCO_3$, le crocoïse $PbCrO_4$, la pyromorphite et la mimétite. C'est un métal brillant, grisâtre, malléable, peu ductile, résistant à la corrosion. Au contact de l'air et à température de fusion, il s'oxyde en PbO ou massicot ou oxyde de Pb ou litharge, qui avec le bioxyde de plomb PbO_2 (oxyde puce) et le minium ou tétraoxyde de Pb forment les principaux oxydes. L'eau déminéralisée, légèrement acide ou contenant des nitrates et des sels d'ammonium, les acides organiques et les alcalis attaquent le plomb et provoquent des intoxications.

2.4.2. Le Cuivre (Cu).

Fréquemment appelé le "métal rouge" de par sa teinte, le cuivre est avec l'or le seul métal coloré. Naturellement présent dans la croûte terrestre, ce matériau très pur est très résistant à la corrosion tout en restant également très malléable. Généralement de couleur rouge, le cuivre est un métal exceptionnel qui permet de conduire l'électricité. En effet, il se place, après l'argent, au second rang des matériaux avec la plus grande conductivité. Très résistant à la corrosion, il est très pur et extensible. Le cuivre est aussi un élément conductible au niveau thermique lorsqu'il est sous forme de fils. Avec des tubes de tailles adaptés composé de ce métal, la chaleur se transmet facilement. Vous devez aussi savoir que l'eau et les autres produits chimiques ne peuvent pas le détruire et c'est à cause de cette propriété qu'il est devenu un métal important pour les grands projets industriels. Sa propriété malléable est un point fort à considérer. Il peut être transformé selon la demande du client sans être chauffé comme les autres métaux. Certains objets ou autres vont

être protégés par ce dernier, car c'est un complément amagnétique. L'ion cuivrique Cu^{2+} , par contre, provoque un effet bactériostatique, fongicide et c'est cet élément à faible concentration qui est soluble dans l'eau. Ce métal rougeâtre est aussi un oligo-élément vital pour les plantes et les animaux y compris l'homme. En effet, le cuivre est présent partout dans le corps humain afin de régulariser les fonctions physiologiques comme le système cardiovasculaire et le système nerveux. Il normalise la croissance des os, l'absorption du fer, et la bonne marche des fonctions immunitaires.

2.4.3. Le Cadmium (Cd).

Le cadmium minéral est rare dans la nature. Il se trouve à l'état isomorphe dans la quasi-Totalité des minerais de zinc (95 % de la production de cadmium) (Ditria, 2002). Pourtant les Emissions mondiales du cadmium sont d'environ 8000 t/an dont seulement 5 à 10 % viennent de Sources naturelles (Bliefert et Perraud, 2001). Ce qui signifie qu'on peut distinguer deux origines Majeures du cadmium : origine naturelle et origine industrielle.

2.4.4. Le Zinc (Zn).

Élément de numéro atomique $Z = 30$, le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène. Il est utilisé dans de nombreux alliages, pour la galvanisation de pièces métalliques, pour la fabrication de pigments de teinture, de vernis, et même comme raticide et dans la fabrication de produits phytosanitaires. Élément de numéro atomique $Z = 30$, le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène. Il est utilisé dans de nombreux alliages, pour la galvanisation de pièces métalliques, pour la fabrication de pigments de teinture, de vernis, et même comme raticide et dans la fabrication de produits phytosanitaires. Le zinc pur se présente sous la forme d'un métal bleu-gris. Il est capable de se combiner avec l'oxygène et autres non-métaux. L'action des acides dilués sur le zinc dégage du dihydrogène. Son état d'oxydation est +2. Avec différents éléments ambiants, la surface du zinc réagit et forme une patine qui ternit son éclat mais qui est adhérente et protectrice.

2.4.5. Le chrome.

Le chrome fait partie de la série des métaux de transition : c'est le premier élément du groupe 6. C'est un métal dur, d'une couleur gris acier-argenté. C'est le seul élément qui présente un état antiferromagnétique à la température ambiante (et en-dessous) ; au-dessus de $38^{\circ} C$, il évolue vers l'état paramagnétique. Les degrés d'oxydation les plus communs du chrome sont +2, +3, et +6. Le degré d'oxydation +3 est le plus stable, les états +4 et +5 étant relativement rares. Les composés du chrome(VI) comme le chlorochromate de pyridinium ($[C_5H_5NH][CrO_3Cl]$) sont de puissants

oxydants ; à l'opposé, le chrome(II) est un réducteur. Le chrome fut d'abord utilisé pour la préparation de pigments en peinture, « le jaune de chrome », abandonné depuis, non pour sa dégradation (cf. SCF Infos en ligne 2011, 5 [4]), mais pour sa toxicité. La découverte d'abondants gisements de chromite (FeCr_2O_4) a permis d'exploiter les propriétés de résistance à la corrosion et dureté élevées du chrome [5, 6]. Ces propriétés sont dues à la passivation par le dioxygène de l'air, conduisant à la formation d'une couche d'oxyde protectrice extrêmement dense, empêchant la diffusion de l'oxygène dans le volume. Actuellement 85 % du chrome est employé en métallurgie (aciers spéciaux) et galvanoplastie (plaquage) : un « produit du jour » est prévu pour décrire ces emplois.

3. Les différentes sources de pollution des eaux.

Un problème global dont la gravité de la nature varient d'une région a une autre .Dans de nombreux endroits en particulier dans les pays en développement, le principal problème est la contamination de l'eau par les germes pathogènes.

3.1.La pollution urbaine.

Le rejet des eaux d'égouts dans les cours d'eau pose plusieurs problèmes .Tout d'abord parce qu'elle véhicule des agents pathogènes, l'eau polluée par les rejets d'eau usée est une menace pour la santé publique. Les eaux d'égout génèrent aussi deux problèmes environnement sérieux.

L'enrichissement de l'eau en matières organiques et la baisse de la teneur en oxygène dissous descours d'eau. L'enrichissement ou l'eutrophisation des eaux est du a la présence à des concentrations élevées d'azote, de phosphore est de nutriments des végétaux aquatiques. Bien que les eaux usées soient le principal polluant produit par les villes, la pollution de l'eau des villes a aussi une source diffuse ; le lessivage des sols urbains lors de fortes pluies. La qualité des eaux pluviales qui s'écoulent le long des rues est souvent pire que celle des eaux usées .Les écoulements urbains transportent le sel épandu sur les routes en hiver, des ordures non traitées, des déjections animales (surtout de chiens), des sédiments de constructions et les substances émises par la circulation d'automobiles (via la pluie qui absorbe les polluants de l'air). Les aux de lessivage des rues contiennent de l'amiante, des composés chlorés, du cuivre, du cyanure, des huiles, des hydrocarbures, du plomb, de l'huile de vidange, des déchets organiques, des phosphates, de l'acide sulfurique et du zinc.

Les agents vecteurs des maladies, ou des agents pathogènes sont des organismes

infectieux. Ils viennent des déchets d'individus infectés. Les eaux usées d'une ville contiennent en général beaucoup de bactéries, virus, protozoaire, vers parasites et autre agents infectieux qui provoquent des maladies chez les hommes et les animaux. La typhoïde, le choléra, la dysenterie bactérienne, la poliomyélite et les hépatites virales font partie des maladies virales et bactériennes les plus courantes transmises par de l'eau ou de la nourriture contaminée.

3.2. Pollution de l'eau d'origine industrielle.

Les différentes industries génèrent différents sortes de polluant. L'industrie alimentaire produit des déchets organiques biodégradables mais qui ont une DBO élevée. En plus d'une DBO élevée, les usines de pâte à papier produisent des composés toxiques et des boues. L'industrie du papier a cependant commencé à adopter de nouvelles méthodes de fabrication, sans utiliser de chlore comme agent blanchissant, ce qui produit beaucoup moins d'effluents toxiques.

De nombreuses industries emploient des méthodes de traitement avancées pour épurer leurs effluent. Les rejets de l'industrie électronique contiennent des taux élevés de métaux lourds comme le cuivre, le plomb, le manganèse, mais cette industrie utilise des techniques spéciales comme l'échange d'ions et électrolytique pour récupérer ces métaux lourds, des plaques de valeur commerciale sont fabriquées à partir de ces métaux récupérés qui auraient autrement dangereusement contaminé les boues d'épuration. Bien que plusieurs industries n'aient pas l'habitude de se débarrasser des déchets hautement toxiques dans l'eau ; leur retraitement reste parfois un problème. Elle va dépendre de l'activité industrielle, on peut donc retrouver des matières organiques et des graisses, des hydrocarbures, des métaux, des acides, des produits chimiques divers des matières radioactives.

3.3. Les types de pollution.

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...).

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

Les eaux résiduaires industrielles sont spécifiques par leur volume et leur composition. On distingue trois types de pollution.

3.3.1. La pollution physique.

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effétrefractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermique dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays (Djilani,2006).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (Mizi, 2006).

a. Pollution mécanique.

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES (Mekhalif, 2009).

b. Pollution thermique.

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu' à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique (MIZI, 2006 ; Mekhalif ,2009).

c. Pollution radioactive.

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (Mekhalif, 2009).

3.3.2. La pollution chimique.

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'ampleur de cette pollution à savoir.

- Les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc. La DCO, permet d'évaluer l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.
- Les paramètres spécifiques Qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables (Djilani, 2006).

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories.

- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).
- Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

3.3.3. Pollution organique.

Parmi les principaux polluants de l'eau on trouve les composés organiques. Ces derniers contaminent aussi bien l'air et le sol que les mers, les océans, les fleuves, les rivières et les nappes d'eau souterraines. En fait, leur présence dans l'environnement résulte de divers phénomènes liés à l'extraction du pétrole, à son transport maritime et en aval à l'utilisation des produits finis (Chiu et *al*, 2006).

La plupart des produits organiques sont toxiques et peu biodégradables, ils s'accumulent dans les organismes vivants et enrobent les plantes limitant les échanges vitaux, empêchant ainsi le développement de la faune et la flore. Ils forment aussi un film à la surface de l'eau s'opposant à son oxygénation naturelle et empêchant le passage des rayons lumineux. (Perrin 1999; Martel ; 1999 ; Aurigi et *al*. 2000).

Autrement dit c'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives (Mekhalif, 2009).

a- Hydrocarbures.

La demande en oxygène des hydrocarbures est très importante et le problème posé par ce type de polluant est lié à sa grande stabilité. Les hydrocarbures se dissolvent peu et se présentent généralement sous forme d'émulsion ou de surnageant, contribuant ainsi à la modification des échanges gazeux avec l'atmosphère : ce phénomène prend une importance particulière dans les zones calmes, où le film peut s'étendre sur une grande surface et modifier notablement la tension superficielle de l'eau ; parallèlement, ce film influe directement sur les réactions photosynthétiques, ce qui a pour conséquence de freiner une source importante de production d'oxygène au milieu.

Enfin, on retiendra que les effets de toxicité des hydrocarbures, outre leur origine intrinsèque, sont souvent en grande partie liés aux additifs qui y ont été incorporés au stade de leur fabrication industrielle (phénols, aminés aromatiques...) (Koller, 2009).

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires).

Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition.

En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes (Mekhalif, 2009).

- **Toxicité aigue.** Elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiates des poissons s'effectuant par colmatage des branchies. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes. On n'estime que 150 000 à 400 000 le nombre d'oiseaux tués annuellement par les hydrocarbures.

-- **Toxicité à long terme.** Les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes (méthyle chlorolanthrène, benzanthracènes, benzopyrènes). Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrés jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain (Mekhalif, 2009).

b- Phénols.

Ils désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol dans l'eau pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique,

raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Ces produits s'oxydent faiblement, se fixent peu, se filtrent facilement et ils sont souvent biodégradables; alors ils ne se trouvent qu'en faible quantité.

Leur inconvénient principal est qu'ils donnent à l'eau un goût extrêmement désagréable et très persistant marqué de chlorophénol lorsqu'ils sont en présence de chlore.

Les poissons, accumulent les phénols jusqu'à 30 mg/kg, ils sont alors impropres à la consommation. Les phénols peuvent être séparés des eaux résiduaires par extraction liquide-liquide, oxydé par le chlore ou l'ozone ou bien détruits par un traitement biologique (RODIER et *all*, 1996).

3-3-4 Pollution minérale.

a- Métaux lourds.

L'étude des éléments traces concerne plus souvent le seul groupe des métaux lourds, les plus connus en raison de leur importance dans les pollutions.

Les éléments traces, et les métaux lourds en particulier, peuvent être toxiques, néanmoins nombre d'entre eux, tels que Cu, Co, Mn, Zn, B, sont aussi indispensables à la croissance des organismes vivants. Les éléments qui n'ont aucune fonction connue dans les organismes sont Cd, Ba, Ti, Zr, les terres rares et les actinides.

Un élément utile pour un organisme à une certaine concentration peut très vite devenir toxique lorsque la concentration augmente (Olivier ; 2005).

La présence des métaux lourds dans l'eau, l'atmosphère et par conséquent la chaîne alimentaire est le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés à la pollution. Par ordre décroissant de toxicité spécifique. Les métaux sont classés comme suit: Hg < Cr < Ti < Cu < Co < Ni < Pb < Zn Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature (Galaf et Ghannam, 2003 ; Ramdan ,2006).

b- Spécificité de certains métaux.

❖ Chrome.

Le chrome est un élément chimique de symbole Cr et de numéro atomique 24, son poids atomique relatif est de 52. Son étymologie vient du grec « Chroma » qui signifie couleur d'où les composés dérivés de cet élément sont diversement colorés (Encyclopédie Universalise, 2005). C'est un métal gris lustré qui résiste extrêmement bien aux agents corrodants ordinaires. Sa teneur dans la croûte terrestre est d'environ 100 ppm (Ramade, 2002). Presque tout le Cr trouvé dans les roches formant la croûte terrestre est trivalent bien que le chrome puisse prendre neuf états d'oxydation différents, de (- II) à (VI). Le Cr est extrait essentiellement de la chromite, minerai 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...) (Ineris, 2005, Melghite ,2012).

Le chrome présente un comportement original. En effet, à pH neutre, il est présent sous forme d'anion (chromate et bichromate) en milieu aérobie alors qu'il précipite en milieu anaérobie. C'est un des rares métaux qui présente cette propriété, la plupart des métaux lourds étant soluble en milieu acide et réducteur. Par ailleurs Cr^{VI} est environ 100 fois plus toxique que le Cr^{III} (Bartlett, 1976). Il conviendra donc d'être particulièrement attentif aux réactions d'oxydation dans les eaux contaminées par du chrome (Olivier, 2005).

Les contaminations en Cr sont présentes en aval des sites de traitement du bois (utilisation du mélange CCA chrome-cuivre-arsenic), les anciennes tanneries, les sites de traitement de surface ou diverses industries chimiques (Olivier, 2005).

❖ Cyanure.

Les cyanures, c'est un poison à action rapide qui peut se rencontrer sous plusieurs formes, y compris les formes gazeuses, liquides et solides. Bien que les cyanures se rencontrent naturellement dans beaucoup d'aliments et de plantes.

L'industrie rejette d'autres composés cyanogènes (installation de cyanuration, galvanoplastie, traitement de minerais...) (Mekhalif, 2009).

c- Pollution d'azote.

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote

(élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires (Mekhalif, 2009).

d- Pollution par le phosphore.

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire (Rodier et *all*, 1996).

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques (Mekhalif, 2009).

3-3-5 La pollution microbiologique.

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (industrie, utilisation domestique...) (Botta; Bellon, 2001).

Elle résulte de la présence dans l'eau de microorganismes véhiculés par l'eau et qui sont responsables de beaucoup de maladies hydriques. L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et parasites nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (*Vibrionacea*, *Enterobacteriaceae*, etc.) sont responsables des principales maladies hydriques telles que la typhoïde. Les parasites quant à eux sont la cause de plusieurs maladies infectieuses (hépatite, méningite, etc.) (Boeglin, 2000 ; Peter et *al*, 2003).

La pollution microbiologique est principalement liée aux eaux résiduaires urbaines. Les points "névralgiques" les plus importants coïncident avec les points "névralgiques" de bactéries d'origine fécale (humaine ou animale).

Les micro-organismes pénètrent le plus souvent dans l'environnement marin par les rejets d'eaux résiduaires municipales non traitées ou partiellement traitées, constituant ainsi (en plus des apports relatifs au tourisme) les apports ponctuels.

Les eaux de ruissellement constituent également une source importante de pollution microbiologique, la plupart du temps, à cause des rejets des eaux usées en amont. Ces apports sont dits diffus.

CHAPITRE 2. MATERIELS ET METHODES

1. Les stations de prélèvements.

Au cours de cette étude on a choisi trois stations de prélèvements au long de l'oued selon la situation de chaque point par rapport à la zone industrielle, ces points de prélèvements sont de l'amont vers l'aval :

S1 : L'îlot des chèvres.

S2 : Hamadi Krouma.

S3 : Barrage de Zerdezza.

1.1. Description des sites d'échantillonnage.

1.1.1. La plage l'îlot des chèvres.

La plage de l'îlot qui est l'embouchure de l'oued Zeremna, El oued El Kebir et l'oued Saf Saf. Est l'une des plages les plus polluées de l'état de Skikda en raison de sa proximité avec la zone industrielle. Cette plage est la première station de prélèvement (figure 03).



Figure 03 : la station de prélèvement n°01.

1.1.2. La commune de Hamadi krouma.

La commune de Hamadi krouma est située dans l'état de Skikda, elle est bordée au nord par la commune de Filfila, la commune de Beni Bechir à l'Est, et à l'Ouest par la commune de Skikda. Elle est la deuxième zone industrielle au niveau de la wilaya après le complexe pétrolier Sonatrach avec des plusieurs entreprises industrielles. L'oued Saf Saf traverse la commune et nous avons considéré comme une deuxième station de prélèvement (figure 04).



Figure04 : La station de prélèvement n°02.

1.1.3. Barrage de Zerdezza.

L'état de Skikda comprend de nombreux barrages qui ont été construits pour répondre aux besoins de la population, parmi ces derniers le barrage de Zerdeza (figure 05), qui est considéré comme l'un des plus anciens barrages au niveau national, compte tenu de son achèvement entre 1929 et 1945. la retenue de Zardeza est située dans la région de Skikda, à l'Est d'Alger, à 40 km de la mer, à une altitude moyenne de 200 m. Sa capacité estimée de 32 millions de mètres cubes et son volume total est de 11.040 m³. La superficie du bassin versant amont est de 345 km² (figure 04), Pour une hauteur de précipitation moyenne de 940 mm/an, l'apport moyen annuel est de 45 millions de m³ soit un coefficient d'écoulement de 14 %. La retenue a pour vocations principales de fournir l'eau potable et de permettre l'irrigation (4 mm³/an).

Nous avons considéré le barrage de Zerdezza comme le troisième site de prélèvement (figure 06).



Figure 05 : Le barrage de Zerdezza.



Figure 06 : bassin versant amont du barrage.

2. Echantillonnage.

L'échantillonnage a été réalisé pendant une période de trois mois :
Allant du mois de mars jusqu'au mois de mai 2022.

Une série de trois campagnes de prélèvements organisés respectivement a permis de recueillir des différents échantillons :

- Le 19 mars 2022.
- Le 19 avril 2022.
- Le 16 mai 2022.

2.1. Le protocole de prélèvement.

Pour réaliser l'échantillonnage de l'eau :

1. Utiliser des flacons jetables en matière plastique (bouteille de 1L en polyéthylène).
2. Déboucher le flacon au moment de la prise,
3. Laver et remplir les flacons par l'eau de l'endroit à échantillonner.
4. Une fois rempli, reboucher, étiqueter et conserver à 4°C (dans des glacières).
5. Transporter les échantillons aux laboratoires pour analyse.

Les paramètres à faire :

Pour faire l'analyse on a réalise quelques paramètres qui sont :

- Les paramètres physiques : la température, le ph, la conductivité électrique, la turbidité, et la salinité.
- Les paramètres chimiques : la DBO5, la DCO, les sulfates, les phosphates, les chlorures, le calcium, les nitrates, les nitrites, l'oxygène dissous, TDS, TA, TAC, THT.
- Les métaux lourds : le fer, le cuivre et le chrome.

2.2. Méthodes d'analyses.

Nous avons effectué les analyses d'eau a niveaux du laboratoire CP2k située dans le complexe Sonatrach dans l'état de Skikda.

- Pour les paramètres physique nous avons utilisé quelques appareil tel que le thermomètre (figure 09), le turbidimètre (figure 13) et un multi paramètre 1 (figure 10) à deux sondes l'une pour le PH (figure 11) et la deuxième pour la conductivité (figure12) , et un autre pour l'oxygène dissous(figure14) et le TDS (aussi avec de sondes différente).
- Les paramètres chimiques on les mesure à l'aide d'un spectrophotomètre (figure 07).

❖ La spectrophotométrie.

Est une méthode analytique quantitative qui consiste a mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber la lumière qui traverse. L'absorbance d'une substance chimique dépende de la nature et de la concentration de cette substance ainsi que la longueur d'onde à laquelle on l'étudie.

❖ Le spectrophotomètre.

Est un photomètre conçu pour effectuer une spectrophotométrie, cela permet de mesurer l'intensité en fonction de longueur d'onde de la source lumineuse. Les principal caractéristique se spectrophotomètre sont la largeur de bande spectrale, gamme linéaire de l'absorption ou la mesure de la réflectance.

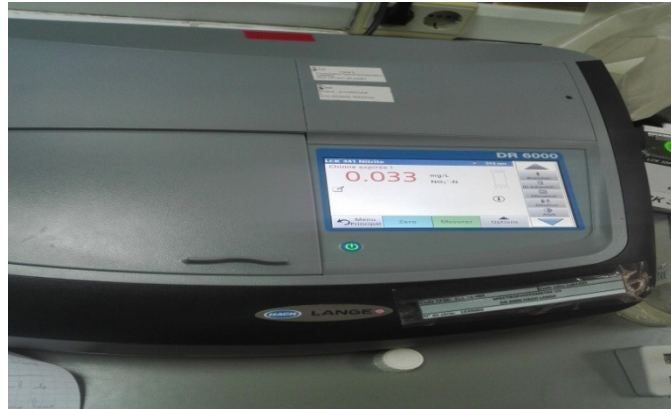


Figure07 : photographie du spectrophotomètre utilisé.

❖ Le principe de la spectrophotométrie.

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée. Dans la pratique l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière après son passage au travers d'une cuve contenant la solution à étudier. L'intensité de la lumière monochromatique émise (I_0) est connue. A partir de la mesure de l'intensité de la lumière transmise (I). L'appareil donne l'absorbance (A) selon la formule suivante : $A = \log (I_0/I)$ (figure 08).

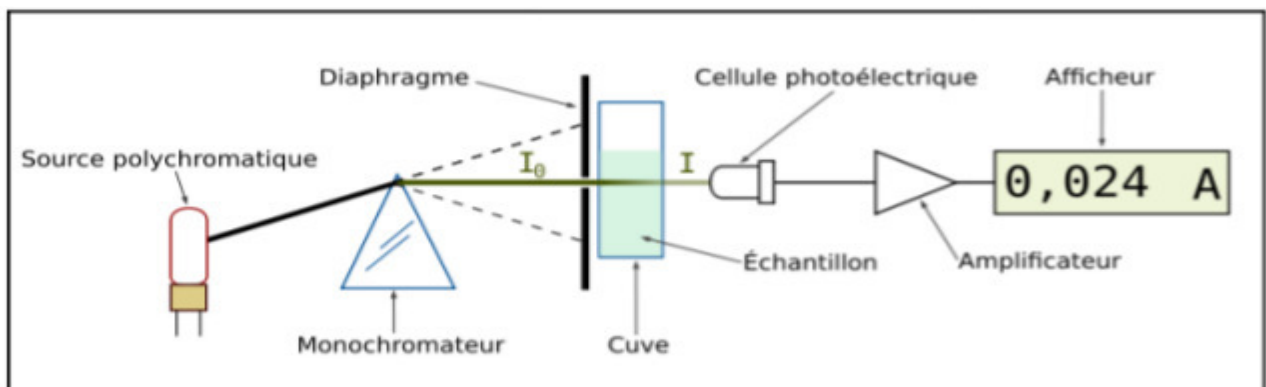


Figure 08: schéma de principe du spectrophotomètre UV- visible mono faisceau.

2.2.1 Les modes opératoires des paramétrés physiques.

a. La température.

Est mesurée par un thermomètre on le met dans le milieu puis on lit directement le résultat.



Figure 09 : photographie du thermomètre utilisé

b. Le potentiel d'hydrogène (pH).

Détermination potentiométrique de la concentration des ions H^+ libre dans l'eau. Il exprime si l'eau est à la réaction acide ou alcaline.

Matériels.

- PH mètre avec électrode en verre (multi paramètre).
- Bécher de 500ml.

Réactifs.

- Eau distillée.

Mode opératoire.

- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.
- Régler le pH mètre avec une solution d'eau distillée.
- Immerger les électrodes dans l'échantillon.

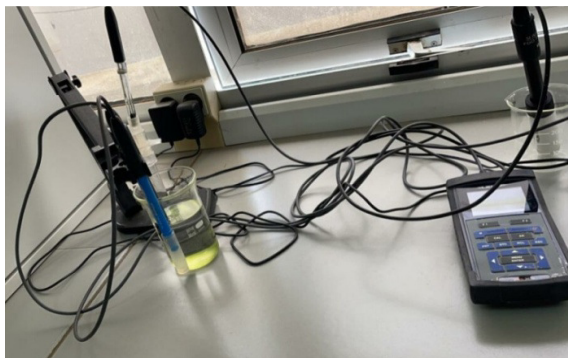


Figure10: le multi paramètres 1 utilisé.



Figure11 : la sonde du ph.

c. La conductivité.

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique.

Matériels.

- Multi paramètre 1 (figure 10).
- Bêcher de 500 ml.

Réactifs.

- Eau distillée.

Mode opératoire.

- Allumer l'appareil en appuyant sur le bouton Marche /Arrêt.
- Laver soigneusement l'électrode de la conductivité avec l'eau distillée puis avec la solution à analyser.
- Lire le résultat de la conductivité sur l'afficheur du conductimètre, le même pour mesuré le PH mais avec une autre sonde (figure 12).



Figure 12 : la sonde de conductivité.

d. La turbidité.

La turbidité est déterminée par comparaison avec l'échantillon standard utilisant le turbidimètre, qui est un instrument capable de mesurer optiquement l'interférence sur un faisceau de lumière qui travers l'échantillon à analyser.

Matériel.

- Turbidimètre TURBIDIERCT (figure 13).
- Flocon pour essai.

Mode opératoire.

- Passer un des standards existant (<0.1 , 20, 200, et 800 NTU), pour tester l'appareil.
- Prendre 10 ml d'échantillon dans un flacon pour analyse.
- Faire passer dans l'appareil.
- Lire directement le résultat en NTU.



Figure13 : turbidimètre TURBIDIERT.

e. L'oxygène dissous et TDS.

Matériel.

- Becher du 500 ml.
- Appareil : multi paramètres O₂ dissous, TDS ...etc. (figure 14).

Mode opératoire.

- Allumer l'appareil.
- Prendre dans un Becher environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper la sonde dans le Becher.
- La lecture est faite après la stabilisation de la valeur.



Figure 14 : multi paramètre O₂.

2.2.2. Les modes opératoires des paramètres chimiques.

a. La demande biologique en oxygène.

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries).

Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées, elle est en général calculée au bout de 5 jours à 20°C et dans le noir. On parle alors de DBO₅.

Matériels.

- DBO mètre (figure 16).
- Plateformes d'agitation.
- Bouteille d'incubation (figure 16).
- Tête de lecture (figure 16).
- Joint caoutchouc.
- Ballon de débordement 432 ml (figure 15).
- Barreau magnétique.
- Dispositif d'enlèvement du barreau magnétique.
- Armoires frigorifique pour incubation des échantillons.

Réactifs.

- Inhibiteur de nitrification (figure 15).
- KOH (figure15).

Mode opératoire.

- Rincer la bouteille d'incubation avec l'échantillon à analyser.
- Mesurer exactement le volume d'échantillon à l'aide du ballon de débordement et le verser dans la bouteille d'incubation à l'aide d'un entonnoir.
- Ajouter quelque gouttes d'inhibiteur de nitrification.
- Placer le barreau magnétique dans la bouteille.
- Placer le joint caoutchouc dans son compartiment puis le remplir avec quelque pastille d'hydroxyde de potassium (KOH).
- Visser la tête de lecture.
- Régler le zéro sur la tête de lecture en appuyant sur les deux boutons S et M.
- Placer la bouteille sur les plateformes d'agitation dans l'armoire frigorifique pour l'incubation des échantillons.
- Après cinq jours d'incubation à 20°C, lire directement sur la réglette la valeur de la DBO₅.

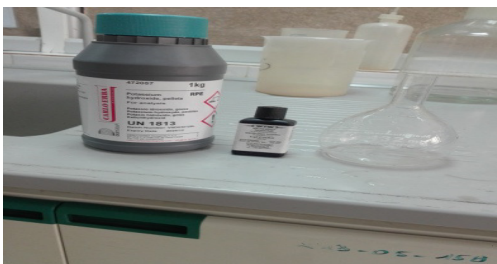


Figure15 : réactifs + le ballon de débordement. **figure16**: bouteille d'incubation + la tête de lecture.

b. La demande chimique en oxygène.

La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau.

Matériels.

- Verrerie de laboratoire.
- Bain-marie (Lab1217).

Réactifs.

- Acidesulfurique H_2SO_4 .
- Sulfate d'argent.
- Solution de permanganate de potassium $KMnO_4$.
- Solution d'oxalate de sodium $Na_2C_2O_4$.

Mode opératoire.

- 20ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 300ml, ajusté jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 10ml de H_2SO_4 .
- 1gr de sulfate d'argent en poudre.
- Mélanger le contenu en secourant vigoureusement. Laisser reposer pendant quelques minutes, puis ajouter.
- 10ml de $KMnO_4$.
- Placer l'erlenmeyer dans un bain-marie bouillant et chauffer pendant 30min.
- Ajouter 10ml d'oxalate de sodium.

c. Le Titre Alcalimétrique.

Le TA correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-). Le principe de cette méthode est basé sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Matériels.

- Eprouvette.
- Burette.
- Erlenmeyer.
- Agitateur magnétique.

Réactifs.

- Indicateur coloré : phénolphtaléine.

- Acide sulfurique (H_2SO_4 (0,02N)).
- Rouge de méthyle.

Mode opératoire du TA.

- Prendre 100 ml d'échantillon dans un Erlenmeyer.
- Verser quelques gouttes de phénolphtaléine.
 - Si $pH < 8.3$, la solution ne se colore pas en rose : le TA est = 0.
 - Si le $pH > 8.3$, la solution est rose : le TA est déterminé par titrage avec acide sulfurique.
- Titrer avec H_2SO_4 (0,02N) en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution et noter le volume V.

d. le titre alcalimétrique complet.

C'est une mesure permettant d'indiquer la quantité de sels minéraux présente dans l'eau, il présente donc l'alcalinité de l'eau.

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonate set hydroxydes.

Mode opératoire du TAC.

- Utiliser le même échantillon traité précédemment (100 ml) d'échantillon dans un Erlenmeyer.
- Verser quelques gouttes de rouge de méthyle (solution bleu verdâtre).
- Titrer avec H_2SO_4 (0,02N) jusqu'à apparition de la couleur rose (pH 4.5) et noter V_B .

e. Le titre hydrotimétrique THT.

Le TH est un indicateur de la minéralisation de l'eau qui correspond aux concentrations de calcium, de magnésium, de fer, d'aluminium, de strontium, et de manganèse dans l'eau. Si la quantité de ces cations métalliques est importante, on dira que l'eau est dure. Si au contraire, elle est basse, alors on parlera d'eau adoucie.

Réactifs.

- Solution TOMPON.
- KCK (10%).
- EBR.

Mode opératoire du TH.

- Prendre 100 ml d'échantillon dans un bécher de 300 ml.
- Ajouter 1 ml solution TOMPON ($pH=10$).
- Ajouter 1 ml KCN (10%).
- Ajouter quelques gouttes de EBT.

- Titrer avec EDTA jusqu'à la disparition de la couleur rouge.

f. Les sulfates.

Les ions sulfate réagissent en solution aqueuse avec le chlorure de baryum pour donner du sulfate de baryum difficilement soluble. La turbidité en résultant est mesurée par photométrie.

Matériel.

- Spectrophotomètre DR6000 (figure 06).
- Cuve LCK153.

Mode opératoire.

- Pipeter 5.0 ml d'échantillon.
- Doser 1 cuillère du réactif A (LCK 153 A).
- Fermer la cuve et mélanger immédiatement le contenu en la retournant plusieurs fois de suite pendant 2 min.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

g. Le phosphate.

Les ions PO_4^{3-} réagissent avec le molybdate d'ammonium ajouté à l'eau pour donner un composé qui est réduit par le chlorure stanneux et développe une teinte de bleu de molybdène. La concentration en ions PO_4^{3-} est donnée par la mesure de l'absorption au spectrophotomètre.

Matériel.

- Spectrophotomètre UV.
- Verrerie de laboratoire.

Réactifs.

- Solution de molybdate d'ammonium.
- Solution chlorure stanneux.
- Acide sulfurique (1+10).
- Indicateur phénolphtaléine à 0,1%.

Mode opératoire.

- Verser une quantité convenable 10ml de l'échantillon dans une fiole jaugée de 50mm.
- Ajouter une goutte de phénolphtaléine.
- Neutraliser avec l'acide sulfurique (1+10) et amener le volume à 40mm avec de l'eau distillée.
- Ajouter 5mm exactement mesurés de molybdate d'ammonium et amener le volume à environ 49 mm.
- Puis ajouter toute en agitant fortement 0,25 mm de chlorure stanneux.

- Laisser reposer la solution pendant 10 à 15 minutes.
- Effectuer un essai à blanc en utilisant l'eau distillée à la place de l'échantillon et suivre le même mode opératoire (Ajouter 5 mm exactement mesurés de molybdate d'ammonium et amener le volume à environ 49 mm-Puis ajouter toute en agitant fortement 0,25 mm de chlorure stanneux et diluer à 50 mm avec de l'eau distillée).
- Transférer dans une cellule d'absorption.
- Faire passer le blanc puis l'échantillon à analyser et mesurer l'absorbance à une longueur d'onde dans les environs de 700 nm.

h. Les chlorures.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Matériel.

- Verrerie de laboratoire.

Réactifs.

- Acide nitrique pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire.

- Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).
- Ajouter :
 - 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur.
 - une pincée de carbonate de calcium.
 - 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

i. Le calcium.

Matériel.

- Verrerie du laboratoire.
- Spectrophotomètre (figure 07).

Réactifs.

- Solution de potasse KOH 8N

- Indicateur NANA
- 2-hydroxy-1-2-hydroxy-4 sulfo-1-naphtilazo-3-naphtique
- Sulfate de sodium Na_2SO_4
- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine 10%
- Solution de KCN à 10%
- Acide chlorhydrique HCL (1+1)
- Solution d'EDTA 0,01 M
- Chlorure de magnésium ($\text{Mg Cl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$)

Mode opératoire.

- Prélever 10 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 ml HCl (1+1).
- Ajouter 2 ml $\text{NH}_2\text{OH HCl}$ 10%.
- Ajouter 1ml de KCN 10%.
- Ajouter 5 ml KOH 8N.
- Ajouter 0, 1g d'indicateur Nana.
- Titrer avec EDTA 0,01 M.
- Le virage se fait du violet au bleu.

j. Les nitrites.

Le principe de cette méthode est que les nitrites réagissent en solution acide avec les amines primaires et aromatiques pour donner des sels diazonium. Ceux-ci forment avec des composés aromatiques, contenant un groupe (amino) ou un hydroxyle, un colorant azoïque de couleur intense.

Matériel.

- Spectrophotomètre.
- Cuve LCK341.

Condition.

- PH échantillon : 3 – 10.
- Température échantillon/réactifs : 15 – 25°C.

Il ne doit pas s'écouler plus de **3 heures** entre le prélèvement de l'échantillon et l'analyse.

Mode opératoire.

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipeter 2.0 ml d'échantillon. Vissez immédiatement le DosiCap Zip; dirigeant le cannetage vers le haut.
- Secouer énergiquement jusqu'à dissolution du lyophilisat.

- Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

k. Les nitrates.

Les nitrates réagit avec la brucine dans une solution d'acide sulfurique assez concentrée on obtient une solution de couleur jaune, la concentration des ions nitrate est proportionnel à l'intensité de la coloration on travaille dans la gamme (0-50 ppm) à une longueur d'onde de 410 nm.

Matériels.

- Spectrophotomètre (DR6000).
- Becher.

Réactifs.

- Solution BRUCINE.
- Acide sulfurique.
- Eau distillée.

Modes opératoire du nitrate.

- Verser 5 ml de la PE dans un Becher (1) de 50 ml.
- Ajouter 1 ml de la solution BRUCINE sulfurique (500- 75).
- Mettez dans un Becher (2) 10 ml de l'acide sulfurique (500-75).
- Mélangez les deux Becher le (1) dans le (2), et mixez 6 fois.
- Laissez le mélange reposer pendant 10 min dans l'ombre.
- Après que la couleur se développe, ajouter 10 ml d'eau distillé dans le contenu du Becher.
- Après 10 min d'intervalle rajouter encore 10 ml d'eau distillée et répéter le mixage 6 fois.
- Laissez refroidir le mélange pendant 20 à 30 min dans l'ombre.
- Effectuer la mesure a une longueur d'onde de 410 nm.

2.2.3. Les modes opératoires des paramètres métalliques.

a. Le fer.

Les ions fer(2) forment avec la 1.10-phénantroline un complexe rouge-orange. Les ions fer (3) contenus dans l'échantillon sont réduits à l'état fer (2) avant la formation du complexe grâce à l'acide ascorbique.

Matériel.

- Spectrophotomètre (DR6000).
- Cuve LCK321

Condition.

- Le pH de l'échantillon d'eau doit être entre 3–10.

- La température de l'échantillon d'eau et de réactifs doit être 15-25 °C.

Mode opératoire.

- Pipeter 2.0 ml d'échantillon.
- Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

b. Le chrome.

Le principe de cette méthode est : La diphényl-1,5-carbazide réagit avec les ions-chrome(VI) et forment la diphényl-1,5-carbazone qui donnent avec le chrome (VI) un complexe coloré rouge.

Matériel.

- Spectrophotomètre.
- Cuve des LCK313.

Condition.

- La température échantillon/réactifs : 15–35 °C.

Mode opératoire.

- Enlevez délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable. Dévissez le DosiCap Zip.
- Pipeter 2.0mL d'échantillon.
- Vissez le DosiCapZip ; dirigeant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement.
- Chauffer dans le thermostat (HT 200 S : 15 min avec le programme standard HT Thermostat 60 min à 100°C).

c. Le cuivre.

Le principe de cette méthode est : Les ions cuivre (I) forment avec l'acide bathocuproinedisulphonique-sel disodique un complexe de couleur orange. Les ions cuivre(II) contenus dans l'échantillon d'eau sont réduits en ions cuivre(I) par de l'acide ascorbique avant la formation du complexe.

Matériel :

- Spectrophotomètre.
- Cuve des LCK329.

Condition :

- PH échantillon 2.5 – 11.
- Température échantillon/réactifs : 15 – 25°C.

Mode opératoire :

- Pipeter 2.0 ml d'échantillon.
- Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- Attendre 3 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

CHAPITRE 03 : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques.

Les indicateurs physico-chimiques de la qualité de l'eau sont souvent assujettis à des variations spatiotemporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et ils affectent sa qualité (Chahlaoui, 2009 ; Karrass, 2009). Ainsi, les mesures de ces paramètres dans un écosystème lotique peuvent nous renseigner sur le degré de pollution de ce biotope.

1.1 les paramètres physiques de l'eau.

1.1.1. la température.

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006).

Dans notre étude, les résultats obtenus montrent que le degré de cette température ne présente pas de grandes variations d'une station à l'autre.

La variation temporelle enregistrée au cours de la présente étude (figure 17) est marquée par un maximum de 25 C° pour la station 1 pendant le mois de avril, et la station 3 pendant le mois de mai et par un minimum de 15 C° pour la station 3 durant le mois de mars.

Les températures prélevées durant la période d'étude n'ont pas dépassé la norme qui doit être inférieure à 25 C°.

Ces températures moyennes mesurées reflètent l'influence du climat sur la zone au moment des prélèvements des échantillons, mais également l'influence de la saison indiquant un équilibre thermique entre l'eau et l'atmosphère.

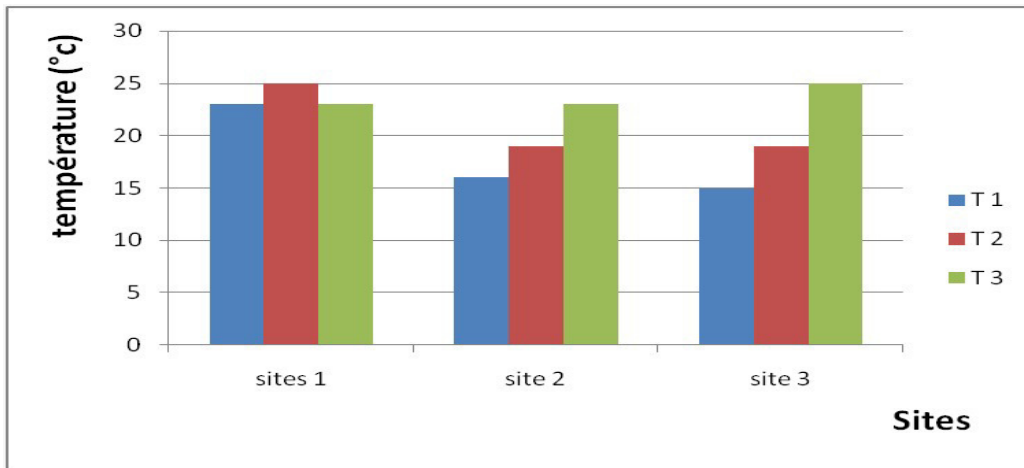


Figure 17 : variations spatiotemporelles de la température (en C°).

1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).

Le pH est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux, il est étroitement surveillé au cours de toute la période du prélèvement. Le ph dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973).

Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007).

On remarque que le Ph des trois prélèvements des trois sites ne dépassent pas la limite de la norme de potabilité $6.5 < \text{PH} < 8.5$ (figure 18), la valeur maximale se représente au niveau de la première station 8,21 au mois de mars. La valeur minimale de 7,40 enregistrée au niveau de la deuxième station au mois de mai, Les eaux du site 1 sont plus alcalines que celles du site 2 et du site 3.

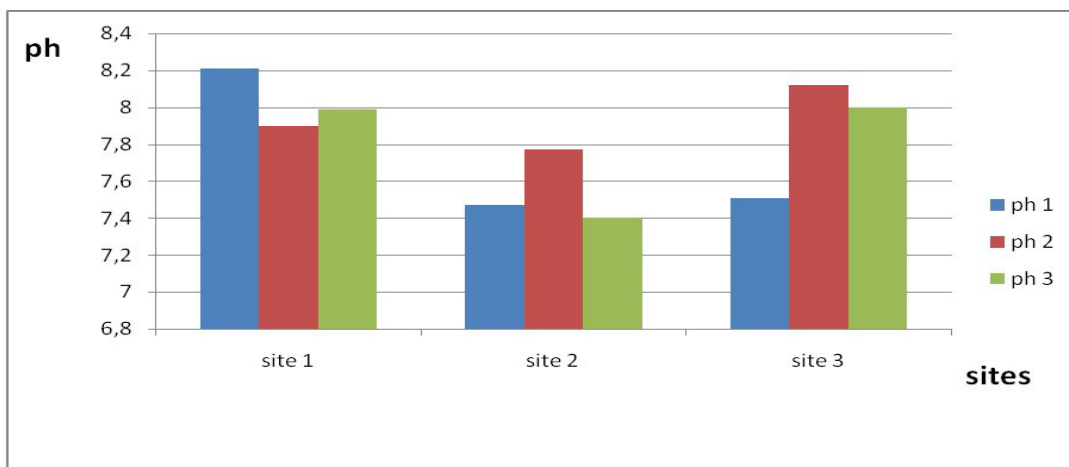


Figure 18 : variations spatiotemporelles de Ph.

1.1.3. La conductivité.

La conductivité électrique donne une idée sur la minéralisation d'une eau, est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation.

Les valeurs de la conductivité électrique dépassent largement la norme de potabilité dans les trois sites des trois prélèvements (100 - 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$). La valeur minimale est enregistrée au niveau du site 3 (barrage de Zerdeza) avec 852 $\mu\text{m}/\text{c}$, la valeur maximale est enregistrée au niveau du site 1 (L'ilot des chèvres) avec 52800 $\mu\text{m}/\text{c}$ (figure 19).

Nous observons aussi que les valeurs de conductivité de site 1 sont largement plus élevées par rapport aux autres sites.

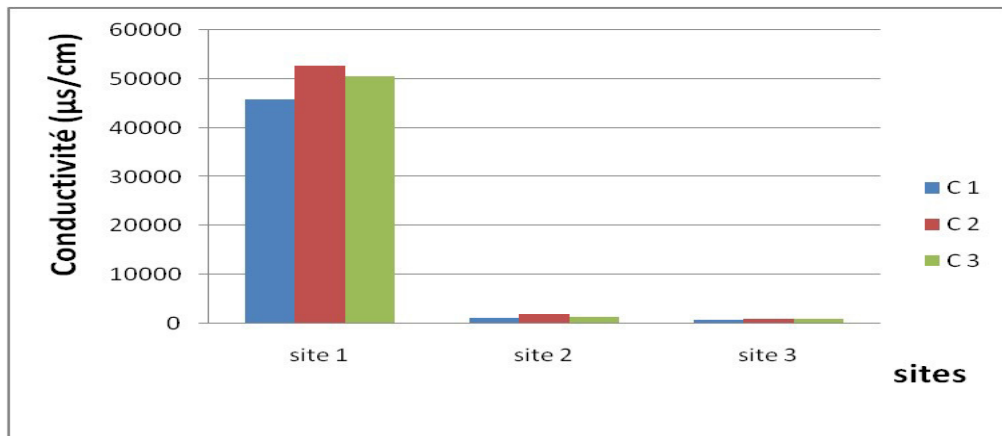


Figure 19 : variations spatiotemporelles de la conductivité.

1.1.4. La turbidité.

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux.

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Nephelometric Turbidity Units) (Mokhbi, 2006). D'après les résultats obtenus (figure 20), la valeur varie entre 4,72 et 36,4. On enregistre des valeurs importantes au cours de deuxième prélèvement dans la station 2 et 3. Les valeurs de la turbidité dans la station 1 sont très faibles par rapport aux autres stations. Ces valeurs dévoilent un léger gradient croissant de l'amont vers l'aval.

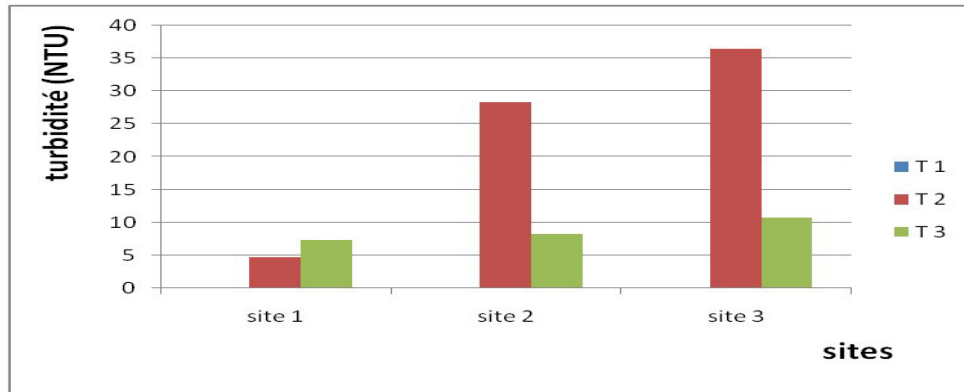


Figure 20 : Les variations spatiotemporelles de la turbidité.

1.1.5. Le taux des sels dissous (TDS).

Le TDS est l'ensemble de toutes les substances minérales dissoutes présentes dans l'eau. La variation de TDS suite celle de la salinité et présente automatiquement la même évolution.

La mesure du TDS permet de déterminer la qualité totale de sels dissous dans l'eau qui influence la conductivité électrique. Nous constatons une augmentation significative de TDS dans la première station par rapport aux restes des stations à cause de la grande quantité de solides dissous trouvés dans l'eau, cela peut affecter le goût et l'odeur de l'eau (figure 21).

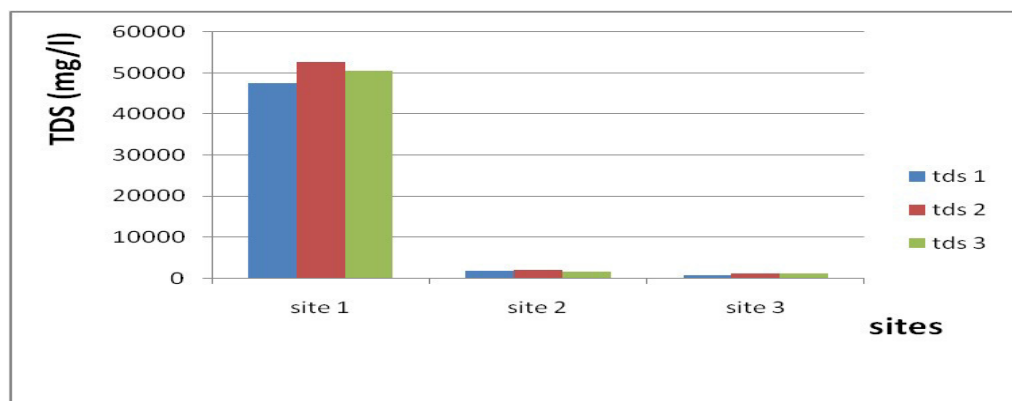


Figure 21 : les variations spatiotemporelles de TDS.

1.1.6. L'oxygène dissous.

Lorsqu'on parle de cette mesure on fait exclusivement référence à l'oxygène moléculaire. Le dioxygène dissous est indispensable car il intervient dans la plus part des processus biologiques qui permettent la vie, sur terre comme mer.

La concentration en O_2 dissous dans l'eau résulte des paramètres physiques, chimiques et biologiques, on son absence ou en dessous de certains concentrations, des conséquences pouvant aller jusqu'à la mort des espèces vivants.

Dans notre étude nous avons trouvé que les valeurs varient entre 1mg/l et 11,66 mg/l (figure 22),

Au niveau de la première station les valeurs diminuent pendant les trois mois.

Dans la deuxième station les résultats sont très éloignés. Au mois du mars la valeur était très élevée (11.66) mg/l par rapport au mois de mai (1 mg/l), par contre les résultats de la troisième station étaient très similaires pendant la période d'étude.

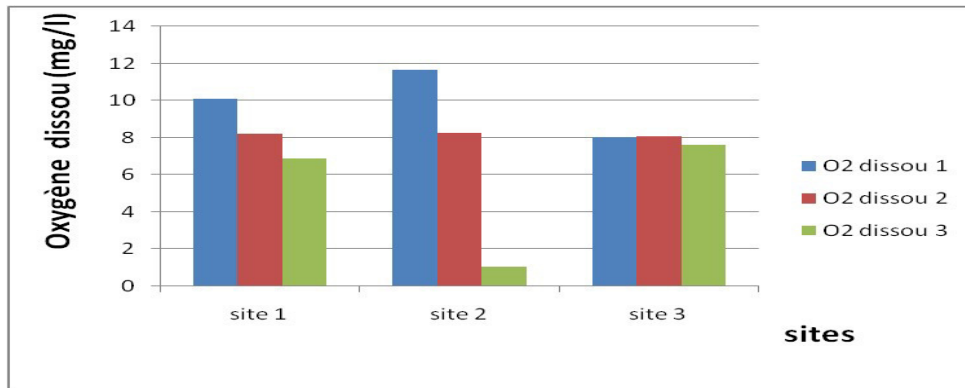


Figure 22 : les variations spatiotemporelles de la teneur en oxygène dissous.

1.2. Les paramètres chimiques de l'eau.

1.2.1. La demande biochimique en oxygène.

La DBO5 est un paramètre exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique biodégradable contenue dans un litre d'eau.

La teneur dépasse largement la norme de potabilité dans les trois stations pendant la période d'études.

La variation mensuelle du DBO₅ enregistré au cours de la présente étude est marquée par un maximum de 45mg /l pour la station 1 durant le mois de mai et avec un taux nul pour la station 3 durant le mois de mars ; La raison est simple : bactéries et micro-organismes ont besoin d'oxygène pour dégrader (par oxydation) les matières organiques. En cas de forte pollution de ce type, la suractivité des micro-organismes provoque une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau. Par conséquent, plus la demande d'oxygène est élevée (et donc son taux diminue), plus cela permet de quantifier la pollution (figure 23).

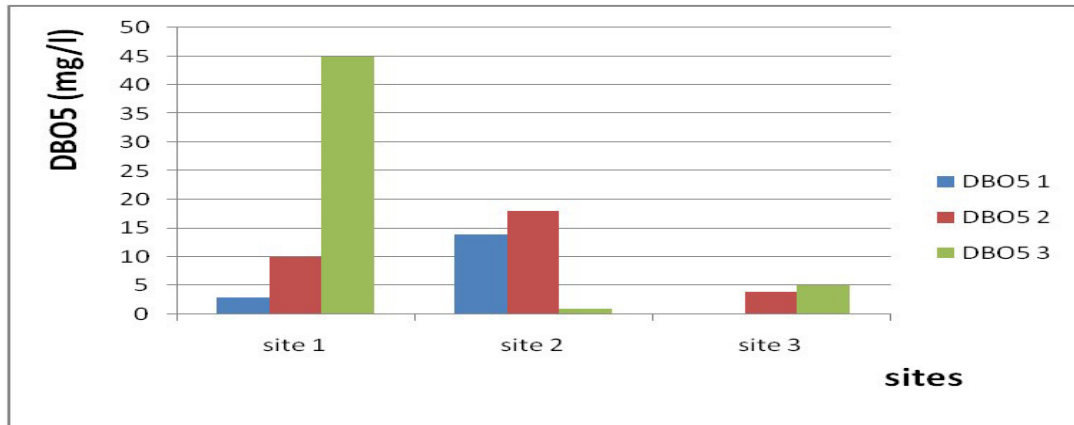


Figure 23 : les variations spatiotemporelles de la teneur en DBO5.

1.2.2. La demande chimique en oxygène.

La DCO est un paramètre essentiel au traitement d'eau et exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable et non dégradée). Les teneurs dépassent largement les normes de potabilité 40 mg/l dans tous les sites ce qui implique une forte teneur en matière organique issue principalement des rejets industriels. (Figure 24).

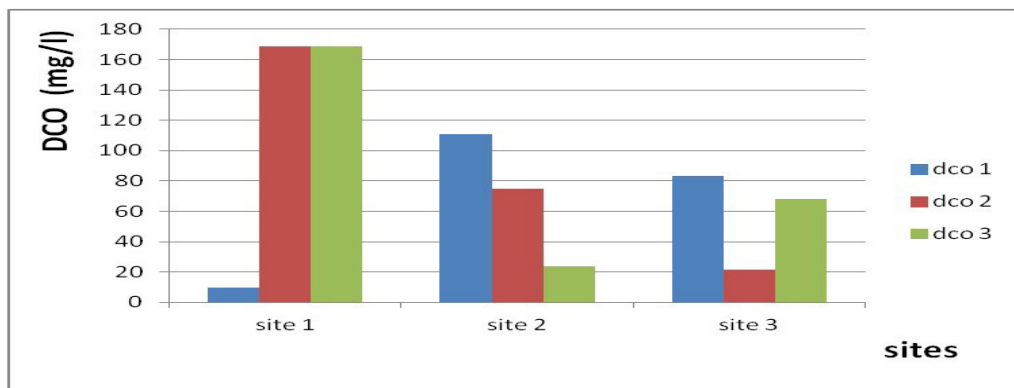


Figure 24 : les variations spatiotemporelles de la teneur en DCO.

1.2.3. Le titre alcalimétrique.

Le titre alcalimétrique (TA) dose la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates à un pH de 8,3, donc le TA mesure la teneur en alcalins libres (OH^-) et en carbonates (CO_3). La mesure du titre Alcalimétrique (TA) des valeurs varient entre 0 et 125 mg/l (figure 25).

La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la deuxième station au mois d'avril et la plus basse au niveau de la troisième au mois de mars. De plus les résultats montrent une absence de TA pendant les trois prélèvements pour la première station ; les eaux industrielles peuvent contenir d'autres bases faibles comme de l'ammoniaque et même des bases fortes comme les alcalis (OH^-) ;

La plupart des eaux naturelles ont un $\text{pH} < 8,5$ et les bicarbonates sont la seule substance alcaline présente.

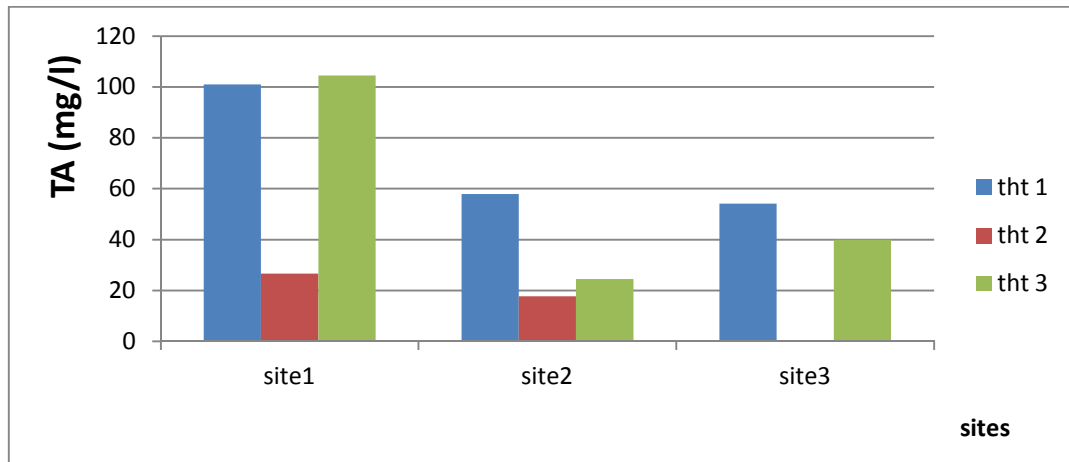


Figure 25 : les variations spatiotemporelles de la teneur en TA.

1.2.4. Le titre alcalimétrique complet.

La valeur du TAC permet de connaître les quantités d'hydroxydes et de carbonates, ou de bicarbonates alcalins ou alcalino-terreux dans l'eau (ASTM, 2002).

Les teneurs en TAC varient de 9.1 à 152.5 mg/l. La teneur minimale est enregistrée dans le premier prélèvement du site 1 avec une valeur de 9.1 mg/l, et la teneur maximale est enregistrée dans le troisième prélèvement du site 1 avec une valeur de 152,5 mg/l (figure 26).

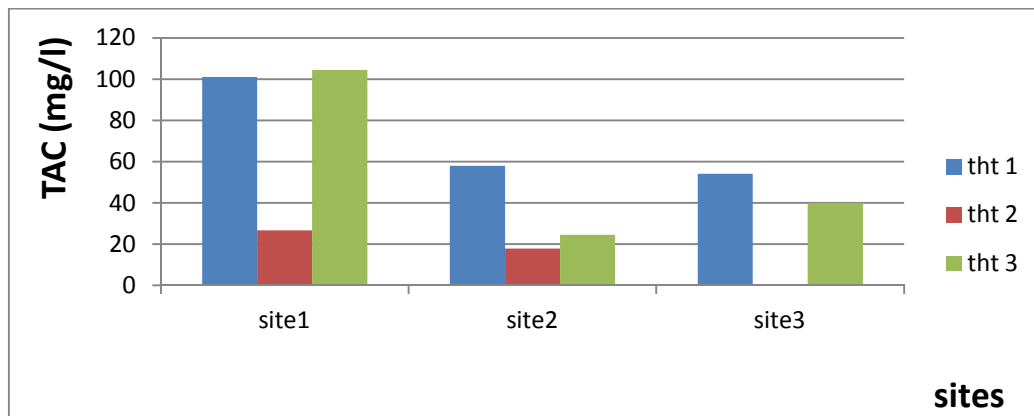


Figure 26 : les variations spatiotemporelles de la teneur en TAC.

1.2.5. Le titre hydrotimétrique.

La dureté totale de l'eau (TH) est un paramètre rattaché directement à la quantité de calcium et de magnésium dans une eau (Rodier et al 1984). Selon Rodier (2005), lorsque le taux de THT est supérieur à 300 mg/l, la nature des eaux étudiées est extrêmement dure.

Les résultats obtenus montrent que la dureté varie entre 0 et 101 mg/l (figure 27), On estime des teneurs élevées dans le site 1 (l'ilot) dans le premier et le dernier prélèvement et une baisse de la valeur du THT au cours du mois d'avril dans les trois sites.

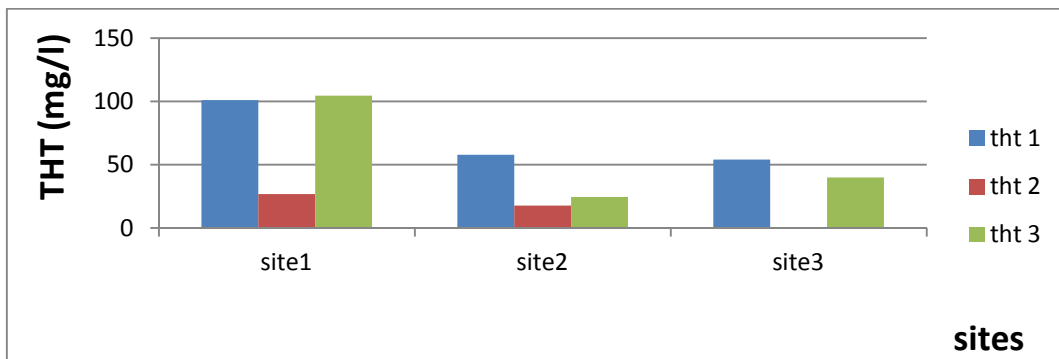


Figure 27 : les variations spatiotemporelles de la teneur en THT.

1.2.6. Les sulfates.

La plus part des sulfates, excepté ceux du plomb et du baryum, sont hydrosolubles (Djermakoye, 2005).

Les valeurs du sulfates étaient très élevées au niveau de la première station au cours de la période d'étude, par contre les valeurs des autres stations étaient très faibles ; sa signifie la présence de déchets industrielles (figure 28).

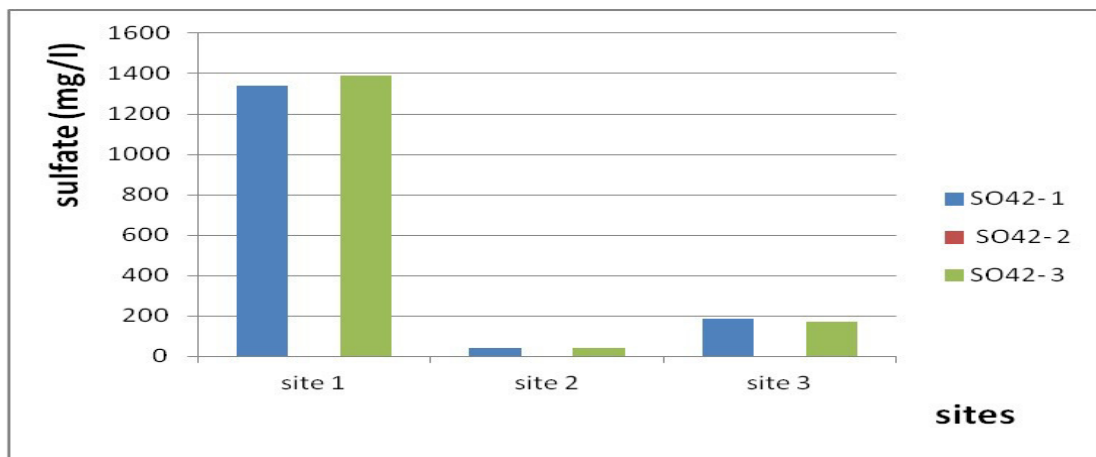


Figure 28 : les variations spatiotemporelles de la teneur en sulfate.

1.2.7. Les phosphates.

La présence des phosphates dans les eaux naturelles à des concentrations supérieurs à 0,2 mg/l est l'indice d'une pollution par des eaux vannes contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques, ainsi que par les eaux de ruissellement (Verneaux, 1973).

La variation mensuelle du PO_4^{-3} enregistré au cours de la présente étude est marquée par un maximum de 25,1 mg/l pour la station 1 et un minimum de 18,19 pour la station 2 durant le mois du mars, par contre nous avons trouvé que des trace pour les autre stations durant le mois de avril et mai (figure 29).

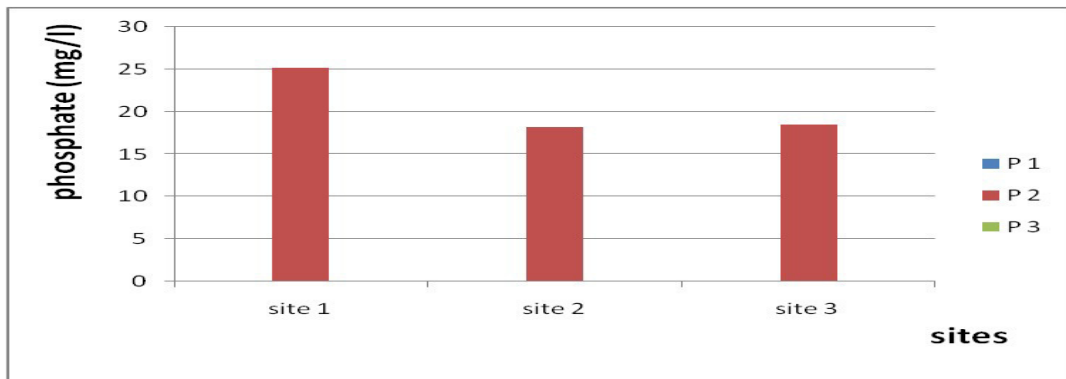


Figure 29 : les variations spatiotemporelles de la teneur en phosphates.

1.2.8. Les chlorures.

La teneur en ion chlore des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium. Les eaux trop riches en chlorure sont laxatives et corrosives (Humbert et Pommier 1988; in Tarik ,2005). La concentration des chlorures dans l'eau, dépend aussi de terrain qui traversé. Les chlorures donnent un gout désagréable et posant le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50 mg/l (Djemai, 2013). La teneur en chlorures dépassent les normes de potabilité (250 mg/l) dans la majorité des analyse, la valeur minimale de 140 mg/l au site 3, alors que la teneur maximale est de 70030 mg/l dosée au premier site (figure 30).

Les concentrations en chlore sont plus élevées au premier site (L'ilot des chèvres) à cause de certains rejets industriels.

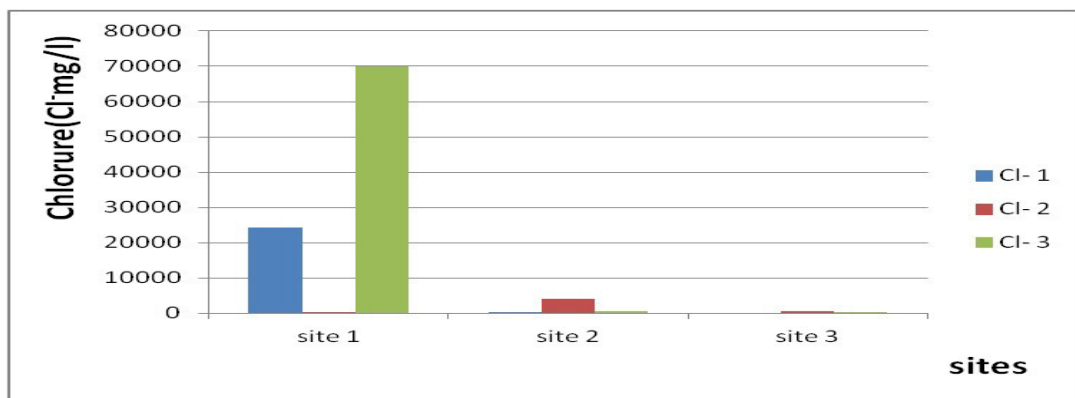


Figure 30 : les variations spatiotemporelles de la teneur en chlore.

1.2.9. Le calcium.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et *al*, 2007). Au cours de nos études, les résultats obtenus montrent que la valeur maximale du calcium est supérieure à 70000 mg/l au niveau de la première station pendant le mois de mai. Et des valeurs très faibles par rapport aux autres stations durant la période d'étude (figure 31).



Figure 31 : les variations spatiotemporelles de la teneur en calcium.

1.2.10. Les nitrites.

Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels, proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction de nitrates sous l'influence d'une action des nitrifiants. On observe que toutes les valeurs ne dépassent pas la norme de potabilité (figure 32) qui est fixée à 0.1 mg/l sauf dans le premier prélèvement, les valeurs sont élevées et varient entre 4.67 et 0.29 mg/l.

La teneur maximale est de 4.67 mg/l dosée dans la station 1 du premier prélèvement, à cet endroit se concentrent tous les rejets industriels.

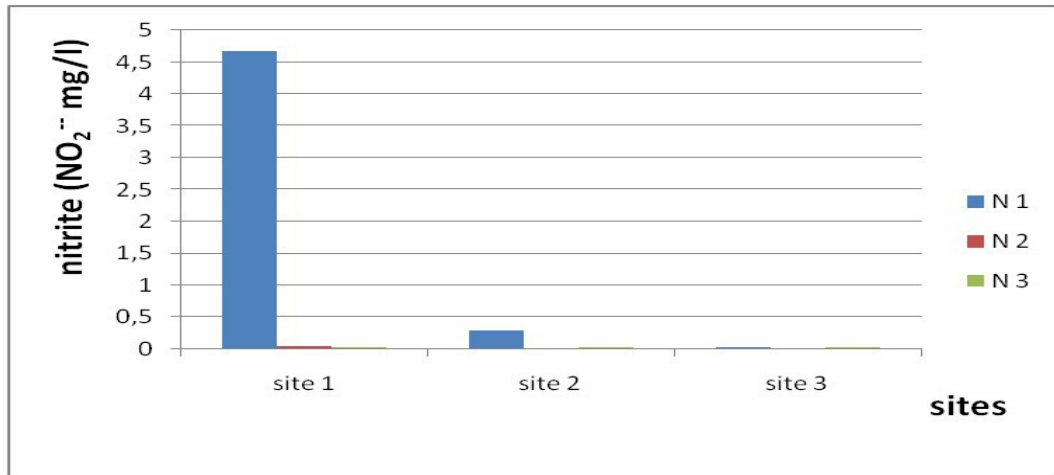


Figure 32 : les variations spatiotemporelles de la teneur en nitrites.

1.2.11. Les Nitrates.

L'ion nitrate est dérivé essentiel de l'azote. Il représente le stade final de l'oxydation de l'azote et correspond à la forme assimilable principale de la nutrition azotée des végétaux.

Le développement des activités humaines a modifié le cycle naturel de l'azote en accroissant considérablement les quantités mises en jeu. La teneur en nitrate est très variable entre les trois stations pendant la période d'étude. La valeur en première station était très élevée 24,4 mg/l au mois du mars par rapport aux autres stations ou la valeur était > 5 mg/l (figure 33).

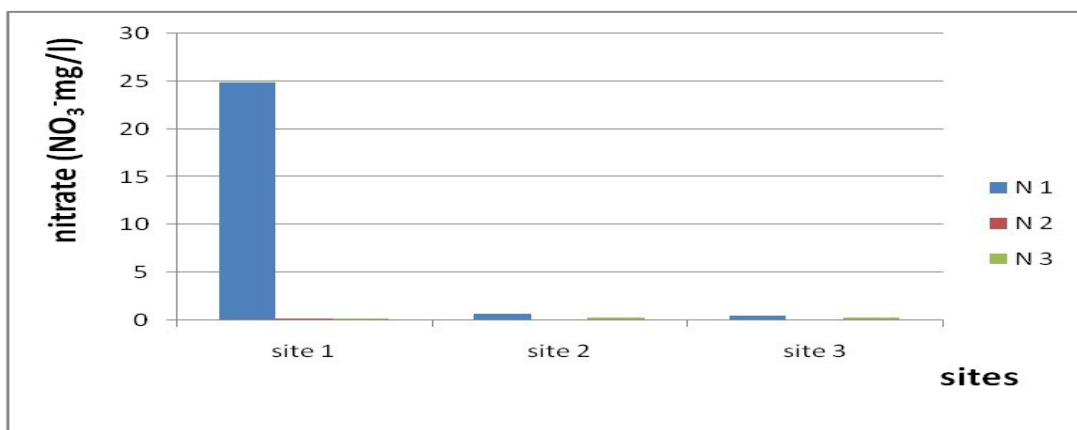


Figure 33 : les variations spatiotemporelles de la teneur en nitrates.

1.3. Les paramètres métalliques de l'eau.

1.3.1. Le fer.

On observe que les valeurs de fer sont totalement faibles dans les trois sites de prélèvement et ne dépasse jamais la norme de potabilité sauf au niveau du deuxième prélèvement du site 2 (H.Krouma).

La teneur maximale du fer est de 0.921 mg/l au niveaux de la deuxième station durant le mois de avril et la valeur minimale au site 1 durant le moi de mars (figure 34).

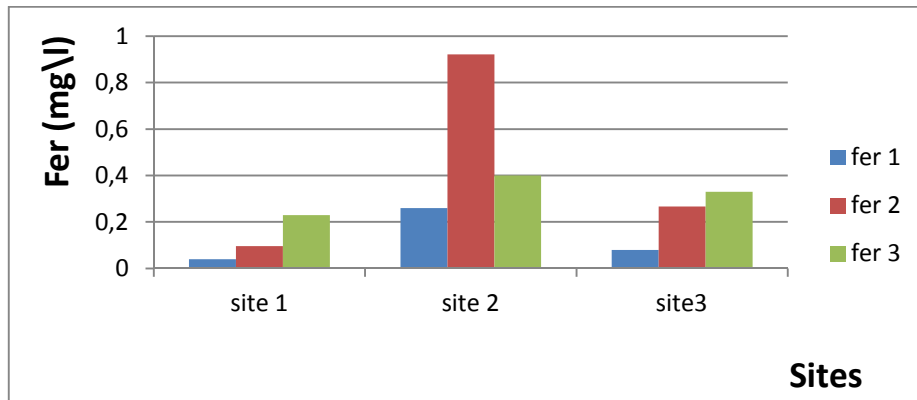


Figure 34 : les variations spatiotemporelles de la teneur en fer

1.3.2. Le cuivre :

Les valeurs du cuivre sont très variables, la valeur dans la première station est très élevée à cause de la concentration importante de la pollution, les doses élevées du cuivre sont toxiques et sont nocifs pour l'environnement.

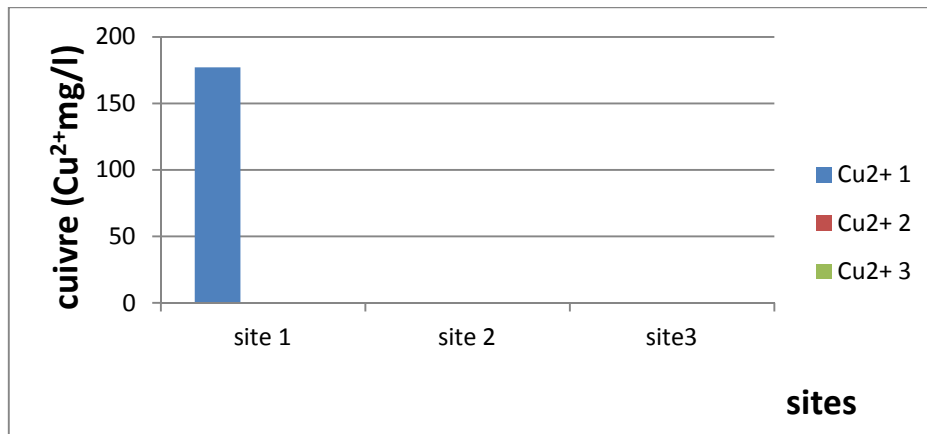


Figure 35 : les variations spatiotemporelles de la teneur en cuivre.

CONCLUSION

Nous nous sommes fixés comme objectif d'évaluer qualité physico-chimique et métallique des eaux de l'oued Safsaf. Trois stations de l'oued (l'ilot des chèvres Hmadi krouma, Zerdaza) ont été sélectionnées pendant les campagnes de prélèvement qui sont déroulées entre le début du mois de mars et la fin du mois de mai 2022.

Plusieurs paramètres, physiques tels que : le pH de l'eau, la turbidité, la conductivité et la dureté totale (THT) et chimiques tels que : la demande biochimique en oxygène DBO₅, le calcium (Ca⁺²), les chlorures (Cl⁻), les phosphates (PO₄⁻³), le nitrite (NO₂⁻) et la demande chimique en oxygène (DCO), le fer et le cuivre ont été déterminés en se basant sur des échantillons prélevés durant les campagnes de prélèvement.

Nos résultats montrent que l'action anthropique a une influence sur la qualité physico-chimique et métallique de l'eau,

Nos résultats montrent que la station (1) est la plus polluée puisque elle est caractérisée par des teneurs élevés de la turbidité, de nitrites, de THT, de TAC et DBO₅, DCO et le cuivre qui donnent une évaluation du degré de pollution industrielle de ce cours d'eau. Cependant, la station (3) est le moins pollué puisque les paramètres mesurés respectent les normes en vigueur.

Toutefois, la dégradation de la qualité des eaux est remarquée dans la station vers l'aval (Station 2) et après les zones où les activités industrielles sont plus importantes. La pollution provoque un déséquilibre de l'écosystème aquatique, disparition des espèces les plus sensibles et par la suite une perte rapide de la biodiversité des écosystèmes aquatiques.

Les paramètres physico-chimiques et métalliques mesurés dans la zone d'étude révèlent donc, dans leur majorité la présence d'une pollution d'origine industrielle et minérale.

En perspective et au terme de notre étude, il serait intéressant dans les travaux futurs :

- D'augmenter le nombre et la période d'échantillonnage (l'élaboration d'une étude plus étalée dans le temps et dans l'espace).
- Faire un suivi régulier de la qualité des eaux de l'oued Safsaf, afin de s'assurer du niveau de protection de ce site et de détecter d'éventuelles perturbations.
- Faire une étude des paramètres métalliques de l'eau afin de contrôler la pollution minérale.
- Développer l'étude sur des modèles biologiques pour évaluer les niveaux de toxicité.

Ces études et données seront nécessaires pour contrôler l'activité industrielle dans la wilaya du Skikda et de mieux connaître la qualité de l'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arfi, R., et Leveau, M., 1983. Impact d'une perturbation détritique et polluante sur la Structure et le fonctionnement des populations phytoplanctoniques. *Océanis. Vol. 9, Fasc. 8* : pp 653-675.

Aubert, M., Aubert, J., Daniel, S., Gambarotta, J.P., Romey, L.A., Mangin, J.P., Bulard P.F., Irr, P., et Chevalier, Y., 1967. Dynamique d'eaux résiduaires Rejetées en bassin maritime. *Rev. Intern. Océanogr. Med.*, 8: pp 5-40.

Aurigi, S., Focardi, S., Hulea, D., et Renzoni, A., 2002. Organochlorine contamination in bird's eggs from the Danube Delta, *Environmental Pollution*, Issue 1, Volume 109, pp 61-67.

Ben Ali Rim, M., 2015. Évaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Université de Constantine 1.

Boeglin, J., 2000. Inventaire des traitements d'eaux résiduaires, *Techniques de l'ingénieur, Traité Génie des procédés*, J3.

Bontoux, M., 1983. Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. CEBEDOC édition. Lavoisier, p7.

Botta, A., et Bellon, L., 2001. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS.

Chiu, S. W., Ho, K.M., Chan, S. S., So, O.M., et Lai, K.H., 2006. Characterization of contamination in and toxicities of a shipyard area in Hong Kong, *Environmental Pollution*, Issue 3, Volume 142, August 2006. pp 512-520.

Emilian, K., 2009. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2^{ème} édition, DUNOD, PARIS.

Emmanuel, E., 2004. Evaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 260 p.

Friligos, N., 1985. Nutrient conditions in two Aegean Gulf. *MARPOL Bull.* Vol. 16 (5): pp 208-209.

Galaf, F., et Ghannam, S., 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état. Université HASSAN II. RABAT. ROYAUME du MAROC.

Geddah, D., 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda: impact sur l'écosystème marin côtier. Thèse de Magister. Université d'Annaba.

- Gilet,R., 1959.** Water pollution in Marseille and its relations with flora and fauna. *Inter. Conf.* On waste disposal in the marine environment.
- Guillaud, J.F., et Aminot, A., 1991.** Devenir des éléments nutritifs en zone littorale. La mer et les rejets urbains. Bendor, 13-15 juin 1990. *IFREMER. Act. Coll.* 11: pp 27-34.
- JORA, 2006.** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret ministériel n°06-141 ., du 19 avril 2006 définissant les valeurs limitent des rejets d'effluents liquides industriels.
- HCEFLCD,** Haut Commissariat aux Eaux Et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification MAROC ; REBAT.
- Kerambrun,P., 1983.** Conséquences de la pollution thermique sur les organismes marins. *Océanis.* Vol. 9, Fasc. 8 : pp 627-651.
- Khelfaoui, F., et Derradji, Z., 2010.** Gestion intégrée de la qualité des eaux dans le bassin versant du Safsaf (wilaya de Skikda, nord est algérien). université badji mokhtar, Annaba.
- Makhoukh , M., Sbaa, M., Berrahou, A., et Clooster Van, M., 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *Larhyss Journal*, n° 09. 149-169 p.
- Maou, A., 2011.** Estimation des crues de référence pour les Plans de Prévention du Risque Inondation. Cas du bassin versant du Saf-Saf, NE algérien. Mémoire de Magistère. Université Badji Mokhtar, Annaba. 7,8, 36-38 p.
- Meinck ,F., Stooff , H., et Kohlschütter , H., 1977.** Les eaux résiduaires industrielles, 2ème Ed. Masson, paris, 863p.
- Mekhalif , F., 2009.** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme d'eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de Magister. Université de Skikda.
- Mezedjri, L., Ali, T., et Borhane, D.A., 2008.** Statistical Approach on the Impact of the Activity of the Industrial Zone of Skikda on the Quality of the Waters of Wadi (Skikda Algerian East Coasts). *European Journal of Scientific Research.* Vol.20. No.2 (2008). 343-347 p.
- Mizi, A., 2006.** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIAet valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.
- Niebo, G., et Richardson, S., 1980.** The replacem ent of the no n descript term "heavy metals " by biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environ. Path.* Ser. B. 1, p.3-26.

Noemie, E., Castallenet, F., et Debas, L., 2003. 20 Prestiges souilleront la méditerranée cette année. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en méditerranée. WWF. France. Janvier 2003.

Olivier, A., 2005. Chimie et pollutions des eaux souterraines. LAVOISIER.

Perrin, R., et Scharff, J., 1999. Chimie industrielle, Dunod, Paris.

Ramade, F., 1984. Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac Graw-Hill. Paris, 397 p.

Rejsek, F., 2002. Analyse des eaux : aspect réglementaires et techniques. CRDP. 116, 144, 302, 159, 307, 328 p.

Rodier, J., et *all*, 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS.

Rodier, J., 2005. Analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 8^{ème} édition DUNOD Paris, 1023 p.

Vilagines, R., 2003. Eau, environnement et santé publique : Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition, médicales Internationales, Lavoisier, pp71-75-183.

ANNEXES

Paramètres	Barrage Zerdezza	Hamadi Kouma	L'ilot	Unité
La température	15	16	23	C°
Le ph	7.51	7.47	8.21	/
La salinité	0.04	0.08	30.02	/
La conductivité	852	1175	45800	µs/cm
La turbidité	.....	.....	.....	.....
L'O2 dissous	8.05	11.66	10.10	Mg/l
TDS	669	1743	47500	Mg/l
Les chlorures	98.2	209	24415	Mg/l
Les nitrites	0.036	0.298	4.67	Mg/l
Les nitrates	0.537	0.670	24.9	Mg/l
Les sulfates	188	39.96	1338	Mg/l
Les phosphates	Trace	trace	trace	Mg/l
Le calcium	819.19	1228.79	122883.95	Mg/l
Le magnésium	3098.88	3718.52	22311.07	Meq/l
TA	25	75	0	Mg/l
TAC	9.1	20.45	148.35	Mg/l
THT	101	57.9	54.1	Mg/l
DBO5	00	14	03	Mg/l
DCO	83.4	111	9.95	Mg/l
LES METAUX LOURDS				
Le fer	0.08	0.26	0.04	Mg/l
Le cuivre	0.418	0.647	177	Mg/l
Le chrome	0.010	0.016	0.009	Mg/l

Tableau 01 : les résultats du premier prélèvement

ANNEXES

Paramètres	Barrage Zerdezza	Hamadi Kouma	L'ilot	Unité
La température	19	19	25	C°
Le ph	8.12	7.77	7.90	/
La salinité	0.4	0.9	34.4	MG/L
La conductivité	956	1892	52800	µs/cm
La turbidité	36.4	28.3	4.72	TNV
L'O2 dissous	8.08	8.27	8.23	Mg/l
TDS	986	1893	52700	Mg/l
Les chlorures	540	4002	140	MG/L
Les nitrites	Trace	trace	0.043	Mg/l
Les nitrates	0.044	0.031	0.098	Mg/l
Les sulfates	.....	....	.....	.....
Les phosphates	18.49	18.19	25.17	Mg/l
Le calcium	20256.1	3066.1	2000.22	Mg/l
Le magnésium	.....	.....	.....
TA	50	125	0	Mg/l
TAC	16.03	38.13	16.03	Mg/l
THT	Trace	10	15	Mg/l
DBO5	4	18	10	Mg/l
DCO	68	74.7	169	Mg/l
LES METAUX LOURDS				
Le fer	0.267	0.921	0.096	Mg/l
Le cuivre	0.103	0.169	0.008	Mg/l
Le chrome	.....	.....	.....	mg/l

Tableau 02 : les résultats du deuxième prélèvement

ANNEXES

Paramètres	Barrage Zerdezza	Hamadi Kouma	L'ilot	Unité
La température	23	23	25	C°
Le ph	8.00	7.40	7.66	/
La salinité	0.4	0.7	33.3	/
La conductivité	985	1437	50600	µs/cm
La turbidité	10.7	8.28	7.30	TNV
L'O2 dissous	7.66	1.05	6.90	Mg/l
TDS	985	1436	50600	Mg/l
Les chlorures	210	545	70030	Mg/l
Les nitrites	0.03	0.03	0.04	Mg/l
Les nitrates	0.3	0.26	0.22	Mg/l
Les sulfates	170.3	40	1388	Mg/l
Les phosphates	Trace	trace	trace	Mg/l
Le calcium	11960.8	160.65	89.5	Mg/l
Le magnésium	7085.8	6730.50	40823	Meq/l
TA	35	70	0	Mg/l
TAC	13	25.4	152.5	Mg/l
THT	400	245	1045	Meq/l
DBO5	05	01	45	Mg/l
DCO	68	24	169	Mg/l
LES METAUX LOURD				
Le fer	0.33	0.40	0.23	Mg/l
Le cuivre	0.04	0.02	0.03	Mg/l
Le chrome	0.002	0.025	0.015	Mg/l

Tableau 03 : résultat du troisième prélèvement.