

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Laboratoire de Biotechnologies, Environnement et santé



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :

Ecosystème aquatique

Thème

Contribution à l'évaluation de degrés de contamination physico-chimique et microbiologique au niveau de l'oued El-Harrach

Soutenu par : Morsli Iméne & Bouyakoub Faiza

Devant le Jury :

<i>Mr Bouriach M</i>	<i>MAB</i>	<i>U.S.D. Blida</i>	<i>Président.</i>
<i>Mme Khettar Sihem</i>	<i>MAA</i>	<i>U.S.D. Blida</i>	<i>Examinatrice.</i>
<i>Mme Mesbaiah F.Z</i>	<i>MRB</i>	<i>CNRDPA</i>	<i>Promotrice.</i>
<i>Mme Belmeskine Hayat</i>	<i>MCB</i>	<i>U.S.D. Blida</i>	<i>Co-Promotrice.</i>

Le 02 /07 /2018

REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire, nous tenons à remercier tous ceux qui, par leur aide, leur compétence et leur disponibilité, ont contribué à son aboutissement. L'expérience acquise, tant sur le plan technique que sur le plan humain, nous a été très précieuse.

*Avant tout nous tenons à remercier notre bon Dieu **الله جل جلاله** le tout puissant de nous avoir permis de mener à bien ce modeste travail.*

*Notre profonde gratitude s'adresse tout particulièrement à notre promotrice **Mme MESSBAIH FATMA ZOHRA**, pour l'aide qu'elle nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous ont été très précieux pour structurer le travail.*

*Notre profonde gratitude s'adresse tout particulièrement à notre Co-promotrice **Mme BENMESKINE HAYET**, qui nous a accordé sa confiance dans l'élaboration de ce mémoire et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous la remercions vivement.*

*Nos remerciements vont aussi aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail : le président **Mr BOURIACH MOHAMMED** et l'Examinatrice **Mme KHETTAR SIHAM**.*

*Nous remercions vivement tout le personnel de laboratoire d'observation CNRDPA pour l'accueil qu'il nous a témoigné durant notre stage et pour leur soutien, qui nous ont aidés à réaliser ce travail en particulier ; **Amina, Meriem, madame Hamida et monsieur SALEH**.*

*A tout le personnel du centre **CRAPC** (Bou Ismail) surtout **Mr FODIL AOULMI** ; Ingénieur de soutien à la recherche scientifique et **Mr MEKHALEF BENHAFSA FOUAD** ; Chef d'atelier d'analyses au CRAPC et membre au laboratoire à l'université de Sidi Bel-Abbes, qui par leurs gentillesse, modestie, aide, conseils et leurs encouragement ont fortement contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à **Mme EZIENE RAFIKA** responsable dans l'établissement de **SEAAL** (Tipaza).*

*Nous remercions également **madame la doyenne, madame la chef du département de Biologie, Mme ABDUL HUSSAIN.A.S** ; maitre de conférence classe **B** et tous les enseignants de notre université qui ont contribué à notre formation.*

Enfin, tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leur conseils ou leurs soutien moral, trouveront dans ces quelque lignes l'expression de nos remerciements les plus vifs.



DEDICACES



*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont
étaient la source*

de l'amour, de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant ma vie.

A mes très chers parents

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi

A ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir :

Mes frères

Mes adorables sœurs

*A celui qui m'a offert le soutien moral, qui a été toujours présent pour moi, à
mon prince, mon fiancé Souheil Reguig*

A mon binôme Imène et à tous mes collègues de ma promotion 2017 /2018

A tous mes oncles, toutes mes tantes, tous mes cousins et toutes mes cousines

A toutes mes amies et collègues sans exception

A tous ceux que j'aime, et à ceux qui m'aiment... de près ou de loin.

Faiza



Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

A ma chère sœur Amira et mes chers frères,

A mes grands parents, mes oncles particulièrement Mustapha et Rachid et mes adorables tantes : Meriem et Fouzia

A mes amis(es) : Amina, Yamna, Hiba, Chaima et Nacer

*A mon binôme Faiza et à tous les collègues de ma promotion
2017/2018*

Et aussi à ceux qui m'aiment et qui m'ont aidé et soutenu de près ou de loin.

Iméne

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.1. LES COURS D'EAU EN ALGERIE.....	3
I.2. DEFINITION, CLASSIFICATION, COMPOSANTS ET INTERET DES COURS D'EAU.....	4
I.2.1 DÉFINITION DE COUR D'EAU	4
I.2.2 CLASSIFICATION SOMMAIRE DES COURS D'EAU.....	4
I.2.3 LES COMPOSANTS DE COURS D'EAU	5
I.2.4 LA BIODIVERSITÉ DANS LES COURS D'EAU	6
I.2.5 INTÉRÊT DES COURS D'EAU	6
I.3. LA PROBLÉMATIQUE DE L'EAU EN ALGÉRIE.....	6
I.4. MODES, SOURCES, TYPES ET CONSEQUENCES DE LA POLLUTION DES COURS EAU	7
I.4.1 MODE DE POLLUTION	7
I.4.2 LES SOURCES DE LA POLLUTION	8
I.4.3 TYPES DE POLLUTION	9
I.5. LES PRINCIPALES CONSEQUENCES DE LA POLLUTION	10
I.6. PRESENTATION DE LA VALLEE DE L'OUED EL-HARRACH	12
I.6.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE	12
I.6.2 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE	12
I.6.3 FLORE ET FAUNE	13
I.6.4 LES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES	13
I.7. CARACTERISTIQUE PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU SE SURFACE	15
I.7.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	15
I.7.1.1 Température (°C) :	15
I.7.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH).....	15
I.7.1.3 Conductivité électrique (Ce).....	16
I.7.1.4 Salinité	16
I.7.1.5 Matières en suspension	16
I.7.2 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	16
I.7.2.1 L'azote total	16
I.7.2.2 Nitrites (NO ₂ ⁻)	17

I.7.2.3	Phosphates (PO_4^{3-}).....	17
I.7.2.4	Ammonium (NH_4^+)	17
I.7.2.5	Demande biologique en oxygène (DBO).....	18
I.7.2.6	Demande chimique en oxygène (DCO).....	18
I.7.2.7	Le rapport DCO/DBO5	18
I.8.	CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU DE SURFACE	19
I.8.1	LES COLIFORMES TOTAUX	19
I.8.2	LES COLIFORMES FÉCAUX.....	19
I.8.3	ESCHERICHIA COLI	19
I.8.4	ENTÉROCOQUES INTESTINAUX.....	19
I.8.5	SALMONELLE.....	20
I.9.	ELEMENTS TRACES METALLIQUES :	20
I.9.1	PROPRIETES GENERALES DES ELEMENTS TRACES SELECTIONNES ..	20
I.9.1.1	Mercure	20
I.9.1.2	Le cuivre	21
I.9.1.3	Cadmium	21
I.9.1.4	Plomb	21
I.9.1.5	Nickel	21
	CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	22
II.1.	PRESENTATION DES STATIONS D'ETUDE.....	22
II.2.	LES CAMPAGNES DES PRELEVEMENTS.....	24
II.3.	LE MODE DE PRELEVEMENT.....	25
II.4.	METHODOLOGIES D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU.....	26
II.4.1	PARAMETRES PHYSIQUES	26
II.4.1.1	In-situ	26
II.4.1.2	Au laboratoire	26
II.4.1.2.1	Potentiel d'hydrogène (pH)	26
II.4.1.2.2	Matières en suspension par filtration (MES)	27
II.4.2	PARAMETRES CHIMIQUES (AU LABORATOIRE)	27
II.4.2.1	Nitrites (NO_2^-)	27
II.4.2.2	Phosphates (PO_4^-)	27
II.4.2.3	Ammonium (NH_4^+)	27
II.4.2.4	Demande chimique en oxygène (DBO ₅)	28
II.4.2.5	Demande chimique en oxygène (DCO)	28
II.4.2.6	Dosage de l'azote total LCK 338	28

II.5.	ANALYSE DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES	29
II.5.1	PREPARATION DES ECHANTILLONS SEDIMENTAIRES	29
II.5.2	MINERALISATION DU SEDIMENT:	29
II.6.	ANALYSES BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU.....	30
II.6.1	RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES COLIFORMES TOTAUX ET FECAUX PAR..... FILTRATION SUR MEMBRANE	31
II.6.2	RECHERCHE D'E.COLI	31
II.6.3	RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES ENTEROCOQUES INTESTINAUX	31
II.6.4	RECHERCHE DES SALMONELLES	32
II.7.	ANALYSE STATISTIQUE (ACP)	32
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....		33
III.1.	L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU.....	33
III.1.1	PARAMETRES PHYSIQUES	33
III.1.2.	PARAMETRES CHIMIQUES.....	37
III.2.	ANALYSE BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU.	44
III.3.	ANALYSE DES METAUX DANS LES SEDIMENTS.....	50
III.4.	CLASSIFICATION DES EAUX DE L'OUED EL-HARRACH SELON SEQ (2003).....	52
III.5.	ETUDE STATISTIQUE	53
CONCLUSION.....		58
REFERENCES.....		60
ANNEXES.....		69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Nature de différentes sources de pollution du milieu aquatique.	10
Tableau 2 Les coordonnées géographiques des stations choisies.	23
Tableau 3 Les valeurs de température obtenues durant les mois de prélèvement.	33
Tableau 4 Les valeurs de pH obtenues durant les mois de prélèvement	34
Tableau 5 Nombre de colonies des coliformes totaux en mois de mai.	44
Tableau 6 Nombres de colonies des coliformes fécaux en mois de mai.	45
Tableau 7 Caractéristiques biochimiques obtenues lors de la recherche de <i>E.coli</i> .	46
Tableau 8 Nombres de colonie des entérocoques fécaux en mois de mai.	47
Tableau 9 Caractéristiques biochimiques des bactéries identifiées.	49
Tableau 10 Les ETM trouvés dans le sédiment d'oued El-Harrach.	50
Tableau 11 Grille de classification des eaux d'oued El-Harrach.	52-53
Tableau 12 Cosinus carrés des variables physico-chimiques, éléments minéraux majeurs et des paramètres de pollution organique dans l'eau. Cercle de corrélations et projection des variables.	55

TABLEAUX ANNEXES

Tableau 11 Mode opératoire de dosage de phosphore.	71
Tableau 12 Mode opératoire de dosage de l'azote total.	72
Tableau 13 Mode opératoire de dosage de nitrite.	73
Tableau 14 Résultats brutes d'analyses bactériologiques.	80

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Les principaux bassins versants en Algérie.	3
Figure 2 Les cinq bassins hydrographiques du nord Algérien.	4
Figure 3 Schéma montre les éléments principaux d'une rivière.	5
Figure 4 Réseau hydrographique de l'oued El Harrach (A.N.R.H, 2011).	13
Figure 5 Exemple des interventions anthropiques à l'Oued El Harrach.	14
Figure 6 Carte de l'oued El Harrach: de la confluence avec l'Oued Smar à L'embouchure en mer.	15
Figure 7 Les processus d'oxydation et de réduction dans le cycle d'azote.	17
Figure 8 Situation géographique des stations de prélèvement sur oued El-Harrach.	22
Figure 9 vue globale des stations de prélèvement.	23-24
Figure 10 variations mensuelles de la conductivité électrique ms/cm.	34
Figure 11 Variation mensuelle de salinité.	35
Figure 12 Variation mensuelle des MES.	36
Figure 13 Variation mensuelle de l'azote total.	37
Figure 14 Variations mensuelles de nitrite.	38
Figure 15 Variation mensuelle de l'ammonium.	39
Figure 16 Variations mensuelles de phosphate.	40
Figure 17 Variations mensuelles de la DCO.	41
Figure 18 Variations mensuelles DBO5.	42
Figure 19 Diagramme de rapport entre les moyennes de DCO et DBO5.	43
Figure 20 Diagramme des Entérocoques fécaux.	48
Figure 21 ACP des caractéristiques physico-chimiques, éléments minéraux majeurs et des paramètres de pollution organique dans l'eau. Cercle de corrélations et projection des variables.	54
Figure 22 Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2.	56

LISTE D'ABREVIATIONS

CNRDPA: Centre National De Recherche Et De Développement De La Pêche et L'aquaculture.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

CRAPC: centre de recherché et technique en analyses physico-chimiques

SEAAL: Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

TSI: triple sugar iron (trois sucres et fer)

BEA: bile esculine azide

SFB D/C: selenite-F Broth double concentration

SFB S/C: selenite-F Broth simple concentration

Api 20: Analytical Profile Index

ONPG: orthonitrophényl- β -galactoside

ADH : hormone antidiurétique

LDC: lysine décarboxylase

ODC: ornithine décarboxylase

CIT : citrate

H₂S : sulfure d'hydrogène

URE : uréase

VP : voges-proskauer

GEL: gelatine

GLU: glucose

MAN: Mannose

IND: indole

SOR: Sorbitol

RHA: rhamnose

SAC: saccharide

MEL: melibiose

AMY: amygdalin

ARA: arabinose

FAO: Food and Agriculture Organization

OMS: organisation mondiale de santé

JORA: journal officiel de la république algérienne

PNUD: programme des nations unies pour le développement

mS/cm : milli siemens par centimètre

μS/cm : micro siemens par centimètre.

D.E.M.R.H. : Direction des Études du Milieu et des Ressources Hydrauliques. Projet de barrage de Rocher des Pigeons. Service Hydrologie.

D.H.W.A : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Alger - Quelques données Hydrologique du bassin versant d'oued El-Harrach.

Kit Hach LCK : test en cuve hach lande à code barre.

ISO: international organization for standardization

ACP: L'Analyse en Composante Principale

SEQ-eau: Système d'évaluation de la qualité de l'eau

ETM : éléments traces métalliques.

RESUME

Le présent travail porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'Oued El-Harrach, ainsi que la caractérisation métallique de ses sédiments.

Cette étude a porté sur six stations sur les eaux de l'Oued depuis son embouchure jusqu'à la sortie de la ville de Hammam Malouane ; le village de Magtaa Lazrag, dont S₁, S₂, S₃, S₄ en aval de l'oued et S₅, S₆ en amont avec une fréquence mensuelle. Nous avons analysé onze paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, salinité, phosphates, nitrite, ammonium, demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène, azote total et matières en suspension) et cinq éléments traces métalliques (Hg, Cd, Cu, Pb, Ni).

L'analyse physico-chimique révèle que les eaux présentent une minéralisation importante, ce sont des eaux faiblement à moyennement alcalines, très chargées en MES qui ont atteint 418mg/l dans les stations S₁ et S₂ situées en aval de l'oued. Dans la première station, la teneur en nitrites est élevée mais ne dépassant pas 0.7 mg/l, l'ammonium qui a atteint 2.4 mg/l dans S₄ et le phosphate qui est de 3.1 mg/l dans S₂. Nous avons aussi noté, au niveau de la station S₃, de fortes concentrations en azote total, DBO₅ et DCO qui ont atteint 58.9 mg/l, 193mg/l et 363 mg/l, respectivement, L'analyse bactériologique a montré que ces eaux sont caractérisées par une présence importante de bactéries ; (Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Entérocoques Fécaux) dépassant les normes, ce qui nous amène à conclure qu'il existe une contamination d'origine fécale. Les teneurs métalliques enregistrées au niveau du compartiment sédimentaire des différentes stations de prélèvements témoignent d'un état anormal où les teneurs en Pb, Cd et Ni sont supérieures aux valeurs recommandées. Ce qui traduit donc un enrichissement métallique considérable permettant un risque de toxicité chronique pour la vie aquatique.

Dans l'ensemble, par comparaison à la grille de la qualité des eaux superficielles, nos résultats montrent que l'eau en amont du cours d'eau d'Oued El Harrach est de qualité assez bonne par rapport à l'aval où elle est très dégradée.

Mots clés : Qualité, contamination, physico-chimique, Oued El Harrach, sédiments.

SUMMARY

The present work deals with the evaluation of the physic-chemical and bacteriological quality of the waters of valley El-Harrach, as well as the metallic characterization of its sediments.

This study focused on six stations on the waters of the valley from its mouth until the exit of the city of Hammam Malouane; the village Magtaa Lazrag, of which S₁, S₂, S₃, S₄ in downstream of the valley and S₅, S₆ in upstream with a monthly frequency. We analyzed eleven physic and chemical parameters (temperature, Ph, conductivity, salinity, phosphate, nitrite, ammonium, chemical oxygen demand, biological oxygen demand, total nitrogen and suspended matter), and five metallic trace element.

The physicochemical analysis reveals that the waters present a significant mineralization, they are weakly to moderately alkaline waters, very charged in MES which reached 418 mg/l in the stations S₁ and S₂ situated downstream of the valley. In the first station, the nitrous content is high but does not exceed 0.7 mg/l, ammonium which reached 2.4 mg / l in S₄. Phosphate which is 3.1 mg/l in S₂. we also noted, at station S₃, high concentration of total nitrogen, DBO₅ and DCO which reached 58.9 mgL, 193 mg/land 363mg/l respectively. Bacteriological analysis has shown that these waters are characterized by a large presence of bacteria, (total coliforms, fecal coliforms, fecal enterococci) exceeding the norms, which leads us to conclude that there is contamination of fecal origin. The metal contents recorded in the sedimentary compartment of the different sampling stations indicate an abnormal state where the levels of Pb, Cd, and Ni are higher than the recommended values, which they represent a considerable metallic enrichment allowing a risk of chronic toxicity for aquatic life.

Overall, compared to the surface water quality grid, our result show that the water upstream of the valley El-Harrach water course is of fairly good quality compared to the downstream is very degraded.

Key words: Quality, contamination, Physical Chemistry, The valley El-Harrach, Sediments.

ملخص

يتناول هذا العمل تقييم الجودة الفيزيائية والجرثومية لمياه وادي الحراش ، وكذلك التوصيف المعدني للرواسب.

ركزت هذه الدراسة على ست محطات على مياه الوادي منذ مصبه في البحر إلى غاية مدينة حمام ملوان : قرية مقطع الأزرق بمعدل شهري، حيث المحطة 1، 2، 3 و 4 تقع أسفل مجرى الوادي أما المحطة 5 و6 في أعلى المجرى . قمنا بتحليل أحد عشر معايير فيزيائية كيميائية (درجة الحرارة ، درجة الحموضة ، الناقلية الكهربائية ، الملوحة ، الفوسفات ، النتريت ، الأمونيوم ، الطلب على الأكسجين البيولوجي ، الطلب على الأكسجين الكيميائي ، النتروجين الكلي ، المواد الصلبة العالقة وخمسة عناصر أثرية معدنية (الزئبق والكاديوم والنحاس والرصاص والنيكل).

يكشف التحليل الفيزيائي الكيميائي أن المياه تمثل تمعدنات كبيرة ، فهي مياه ضعيفة إلى معتدلة القلوية، محملة بمواد عالقة تصل إلى 418 مغ /لتر في محطة الأولى و الثانية في اتجاه مجرى الوادي . في المحطة الأولى ، يكون محتوى النتريت عاليًا ولكن ليس أعلى من 0.7 مغ / لتر ، الأمونيوم الذي بلغ 2.4 مغ / لتر في المحطة 4 والفوسفات 3.1 مغ / لتر في المحطة 2. لاحظنا أيضا ، في المحطة 3 ، ارتفاع تركيزات النتروجين الكلي ، والطلب على الأكسجين البيولوجي والطلب على الأكسجين الكيميائي الذي بلغ 58.9 ملغم / لتر ، و 193 ملغم / لتر و 363 ملغم / لتر ، على التوالي. أظهرت أن هذه المياه تتميز بوجود كبير للبكتيريا(مجموع القولونيات ، القولونيات البرازية ، المكورات المعوية البرازية) تتجاوز المعايير . تشير المحتويات المعدنية المسجلة في الحجر الرسوبية لمحطات أخذ العينات المختلفة إلى حالة غير طبيعية حيث تكون تركيزات الرصاص والكاديوم والنيكل أعلى من القيم الموصى بها. هذا يعكس بالتالي إثراء معدني كبير قد يؤدي لخطر السمية المزمنة للحياة المائية.

بشكل عام ، مقارنةً بشبكة نوعية المياه السطحية ، تظهر نتائجنا أن المياه الموجودة في مجرى مياه وادي الحراش ذات نوعية جيدة مقارنةً بالمصب الذي كانت فيه متدهورة للغاية.

الكلمات المفتاحية : الجودة ، التلوث ، الكيمياء الفيزيائية ، واد الحراش ، الرواسب.

I.1. Les cours d'eau en Algérie

L'Algérie est constituée de 17 bassins versants majeurs. Il existe des oueds éphémères dans les régions montagneuses et désertiques, ne s'écoulent qu'après de fortes précipitations. Seuls quelques oueds de la région côtière du nord sont pérennes, coulant toute l'année (**Chabour et al, 2018**). Les oueds algériens sont courts sauf le Chéelif, ils coulent par intermittence, ne sont pas navigables et sont utilisés pour l'irrigation en faisant des barrages ou des canaux de dérivation, mais souvent, ces réservoirs sont comblés par les alluvions (**Vincent et Teillet, 2007**).

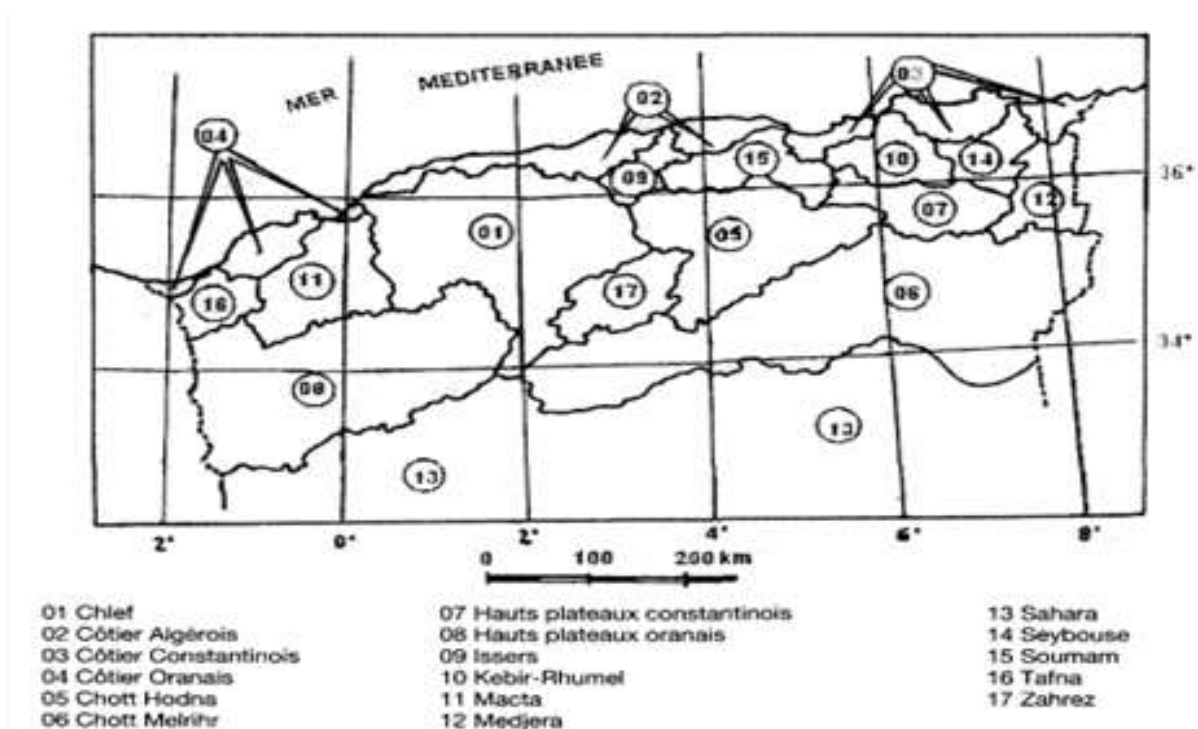


Figure 1 : Les principaux bassins versants en Algérie (**Boudjadja et al, 2003**)

Le Nord Algérien est divisée en quatre bassins versants, de l'Ouest en Est sont : l'Orani, Chott Chergui- Cheliff, Zahraz -Algérois, Soummam, Hodna et Constantinois, Seybouse, Mellegue (figure 2) (**Rimini, 2005**).



Figure 2 : les bassins hydrographiques du nord Algérien (Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau AGIRE)

I.2. Définition, classification, composants et intérêt des cours d'eau.

I.2.1. Définition d'un cours d'eau

Selon l'article L. 215-6-1 du code de l'environnement un cours d'eau est « *Un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année* ».

Un cour d'eau désigne aussi la totalité de la largeur ou longueur d'une rivière, d'une source, d'un ruisseau, d'un lac, d'un étang, d'un réservoir, d'un canal, d'un fossé ou de tout autre canal à ciel ouvert, naturel ou artificiel dont la fonction principale est de transiter ou de retenir de l'eau, que l'écoulement des eaux soit continu ou non (**Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012**).

I.2.2. Classification sommaire des cours d'eau superficielles

Les cours d'eau regroupent les eaux de surfaces et souterraines, courantes et stagnantes, pérennes ou temporaires, avec tout les intermédiaires pouvant êtres exister entre ces catégories,

On distingue deux grandes catégories :

Chapitre I : Revue bibliographique

➤ Les eaux stagnantes :

Sont essentiellement des lacs, étangs, mares et flaques ; elles forment une unité et conservent certaine autonomie, elles se différencient selon la superficie, la permanence de l'eau, la profondeur, l'ensoleillement et le réchauffement du fond.

➤ Les eaux courantes :

Elles sont des milieux ouverts et en mouvement : sources, torrents, ruisseaux, rivières, fleuves constituant un vaste réseau hydrographique qui mène à la mer, elles présentent des échanges constants avec les milieux qu'ils traversent (Génin et al, 2003).

I.2.3. Les composants des cours d'eau

La rivière est un milieu aquatique fortement influencé par son bassin versant dont elle recueille les eaux de pluie et les sédiments qui forment son lit. Elle se compose de :

- Le lit mineur : c'est la partie de la vallée utilisée en temps normal (en dehors des Périodes de grandes eaux) pour l'écoulement des eaux de la rivière.
- Le lit majeur : c'est la zone occupée par les eaux de la rivière au moment des crues. des forêts et des prairies alluviales y abritent une faune et une flore très diversifiées.
- La nappe alluviale : nappe de surface en interaction forte avec le cours d'eau (Alimentation, drainage, vidange) (Assaad, 2014).

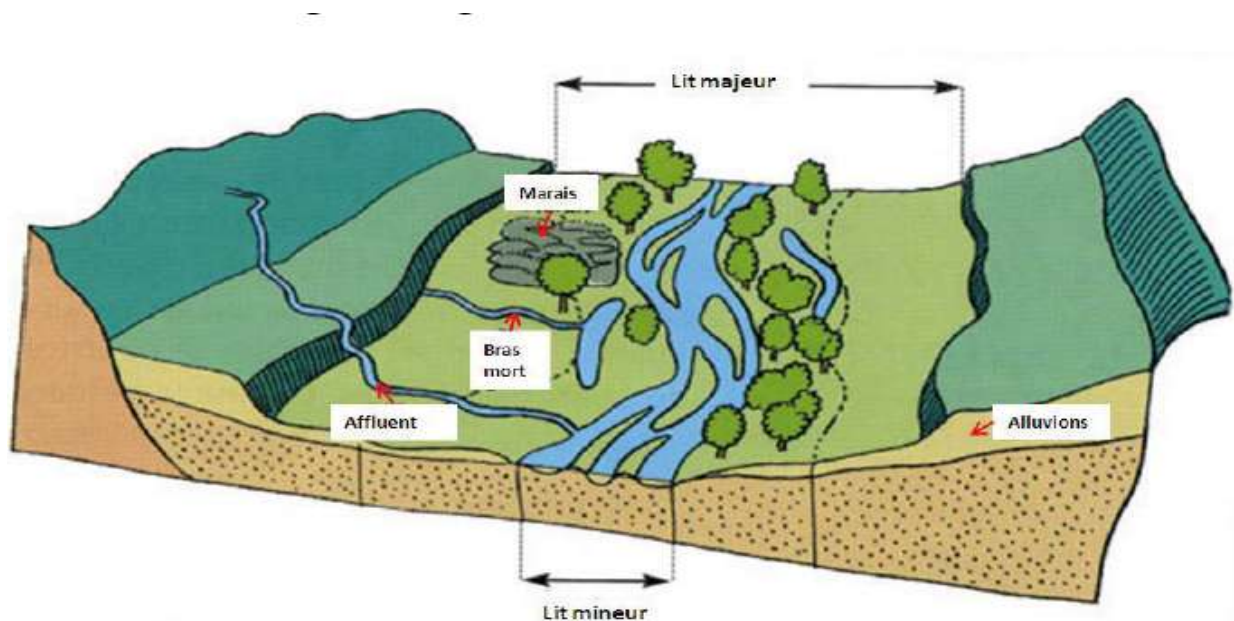


Figure 3 : Principaux éléments d'une rivière (Source : Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2005).

Chapitre I : Revue bibliographique

I.2.4. La biodiversité dans les cours d'eau

Les cours d'eau et les zones alluviales, avec leurs nombreuses espèces animales et végétales, constituent des noyaux de biodiversité. La biodiversité comprend la diversité des espèces, la diversité génétique et la diversité des habitats, ainsi que la diversité des fonctions écologiques, notamment des services éco-systémiques (**Di Giulio et Angelone, 2012**). L'ensemble des espèces végétales et animales ou les éléments biotiques, appelés biocénose, et abiotiques, appelés biotope, les interactions et les relations de réciprocité constituent l'écosystème riverain qui est un système dynamique, complexe et d'une productivité biologique importante (**Sarah, 2009**). La biocénose dans les rivières et sur leurs bords est adaptée aux conditions environnementales de cours d'eau naturels et dynamiques. Or l'homme a porté atteinte à l'écologie de nombreux cours d'eau par des mesures d'aménagement et par la pollution des eaux, menaçant ainsi les espèces (**Di Giulio et Angelone, 2012**).

I.2.5. Intérêt des cours d'eau

- constituent un riche réseau hydrologique : c'est un élément indispensable du cycle naturel de l'eau et donc une composante essentielle des ressources hydrologiques (**Bostelmann, 2004**).
- Les rivières sont un milieu riche et présentent un grand intérêt en tant qu'un champ de Biodiversité et corridor de circulation, utile à l'agriculture et à l'ensemble de la Collectivité des êtres vivants.
- Les rivières sont des lieux d'une grande productivité sur le plan agricole mais aussi en termes de biomasse et d'arbres.
- En tant qu'exutoire et évacuateur principal des excès d'eau et des pollutions, la limitation et l'élimination à la source des pollutions est un objectif incontournable, confirmé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000, Union Européenne) (**Assaad, 2014**).

I.3. la Problématique de l'eau en Algérie

L'eau est l'une des matières importantes en Algérie, cette importance se démontre dans la consommation humaine, la production agroalimentaire, l'industrie, loisirs et les écosystèmes. Néanmoins, en parallèle avec les changements climatiques et les facteurs économiques, démographiques et environnementaux, l'eau est menacée et le pays est classé

Chapitre I : Revue bibliographique

parmi les pays africains touchés par le stress hydrique. De plus, la qualité des rivières est détériorée par différentes formes de pollution alors les ressources en eau deviennent de plus en plus limitées, difficiles à exploiter et parfois sont exposés à des quantités d'eaux usées (**Guettaf et al, 2017**). Dans les années récentes, les problèmes de la dégradation de la qualité de l'eau est due principalement à différentes sources de pollution et causés par la croissance populaire, l'expansion de l'industrie et le développement de l'agriculture, les décharges des zones urbaines qui sont déchargées directement dans les rivières sans aucun traitement (**Mebarkia et al, 2017**). Puisque l'eau est la condition de la santé des populations, la pollution fait un obstacle à la fonction d'un écosystème et les êtres humains sont autant exposés que les autres espèces (**Anctil, 2017**).

I.4. Modes, sources, types et conséquences de la pollution des cours eau

La pollution correspond à une dégradation du milieu naturel et elle fait référence à des normes réglementaires ou tout du moins scientifiques, le polluant est tout élément qui représente un risque avéré ou potentiel sur la santé humaine et/ou sur les milieux naturels (**Assaad, 2014**).

I.4.1. Mode de pollution :

Toutes les contaminations peuvent être classées selon leur mode de propagation : pollution accidentelle, pollution diffuse et pollution anthropique ;

Pollution accidentelle : souvent se sont des pollutions ponctuelles, liées aux grandes activités industrielles ou agricoles et elles peuvent aussi résulter d'un accident de transport ou d'une catastrophe naturelle sur des usines ou des produits engendrant cette pollution.

Pollution diffuse : elle résulte suite à la propagation de l'agent responsable de la pollution par différents vecteurs de transport, l'agent peut être utilisé de façon habituelle pour des usages courants ou non, par exemple : Le lessivage des pesticides du sol et le transport des matières actives par le vent dans les zones parfois même inaccessibles.

Pollution anthropique : elle englobe la pollution urbaine, industrielle et agricole. Cette classification permet de donner les origines de la pollution, ces causes sont bien précises et elle est liée essentiellement du mode de vie de la population de la zone en question et son développement (**Chaden, 2014**).

I.4.2. Les sources de la pollution

Les sources de pollution sont divers dont les principales sont : les systèmes municipaux de collecte et le traitement des eaux usées, les ruissèlements des pratiques agricoles, les effluents des usines, le secteur agroalimentaire, le secteur minier et le traitement des minerais peuvent aussi avoir d'importances répercussions sur la qualité de l'eau. (OECD, 2008). Généralement, on peut classer les sources de pollution en : les rejets industriels, urbaines et agricoles :

➤ la pollution urbaine :

Les effluents urbains comprennent : les eaux résiduaires ou eaux usées et les eaux pluviales.

L'origine des eaux résiduaires urbaines (ERU) est principalement domestique qui est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (tâches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette, etc.). Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain), azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. Les détergents contiennent des matières minérales tels les phosphates, qui entraînent la prolifération des algues dans le milieu naturel s'ils ne sont pas traités.

Aussi les effluents urbains comprennent les eaux pluviales qui résultent du ruissellement sur des surfaces imperméabilisées (toitures, chaussée, trottoirs) de l'eau de pluie. Celle-ci, déjà chargée de micropolluants atmosphériques à son arrivée sur ces surfaces, récupère des polluants supplémentaires : métaux lourds sur les toits, hydrocarbures sur les chaussées, déjections animales. Les eaux usées urbaines peuvent également contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle ou artisanale (Assaad, 2014).

➤ la pollution industrielle

Les secteurs industriels les plus susceptibles de contribuer à la pollution sont les secteurs des produits chimiques (OECD, 2008), les effluents sont très différents des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir :

- des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...).
- des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).
- des métaux (traitement de surface, métallurgie).
- des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs).

Chapitre I : Revue bibliographique

➤ La pollution agricole

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable, elle est la source principale des engrais et des pesticides et la cause essentielle des pollutions diffuses (**Bontoux, 1993**). Les différentes formes des polluants agricoles sont :

- Les engrais et autres matières fertilisantes épandues (boues de stations d'épuration, Effluents d'élevage, cendres) sur les sols agricoles, (**Assaad, 2014**).
- Les engrais azotés sont source de nitrates qui sont la forme la plus mobile de l'azote dans le sol et sont aisément entraînés avec les eaux ruisselées et infiltrées (**Philippe, 2001**).
- Les déjections animales non récupérables pour les animaux en pâture.
- Les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), les plus inquiétants sont les herbicides de la famille des triazines dont l'atrazine, pourtant interdite d'utilisation depuis octobre 2001.
- Des métaux (Cu et Zn essentiellement) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage, des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales (**Assaad, 2014**).

➤ **Autre rejets**

Il s'agit des effluents des installations collectif telles que les casernes, les hôpitaux, les marchés, les écoles, les hôtels et les bornes fontaines..etc. , par ailleurs certains riverains rejettent directement dans le cours d'eau des déchets ménagers et matières solides variables : bouteilles, vieilles bombes aérosols, vieux appareils électroménagers, carcasses de véhicules, céramiques, métaux inoxydables et autres dont elles libèrent dans l'hydrosphère des polluants parfois dangereux tels que le fréon ou le chlorofluorocarbone, certains métaux lourds, les radionucléides. (**Baok, 2007**).

I.4.3. Types de pollution

Tableau 1: natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique (source : (Les Dossiers scientifiques du CNRS : l'eau, Chouteau, 2004).

Chapitre I : Revue bibliographique

Types de pollution	Nature	Origines
Physique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols
Chimique	Matières organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires
	Fertilisants (nitrates, Phosphates)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industries, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides, herbicides, fongicides)	Industrie, agriculture
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industries
	Composés organiques de synthèse	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
Biologique	Bactéries, virus, champignons..	Effluents urbains, agricoles

I.5. Les principales conséquences de la pollution

Les conséquences sur l'homme : On distingue trois types de maladies liées à l'eau ;

- ✓ les maladies hydriques qui regroupent toutes les conséquences néfastes d'un contact direct avec l'eau ou la nourriture contaminée avec des déchets d'origine humaine, animal ou chimique : arsenicisme, cholera, diarrhées, hépatites A et E, polio et d'autres.
- ✓ les maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau sont propagées à travers des insectes (mouches et moustiques) telles que la fièvre dengue, fièvre jaune, filariose, maladie de sommeil et le paludisme.
- ✓ les maladies aquatiques se développent suite à une infestation par des vers présents dans les eaux de surface : clonorchiose, dracunculose, schistosomiase (**Anctil, 2017**).
- les métaux lourds dans les eaux de surfaces provoquent un effet sur la santé et l'environnement dont les perturbateurs endocriniens font l'objet d'une attention accrue (**OECD, 2007**).
- Diminution de la quantité et qualité de l'eau disponible pour l'irrigation et pour d'autres industries tels que ; Les conserveries alimentaires, certaines industries chimiques et textiles, les circuits de refroidissement qui demandent de l'eau non polluée.

Chapitre I : Revue bibliographique

- Les aspects inesthétiques de la pollution et les préoccupations sanitaires empêchent la baignade et la promenade au bord des cours d'eau (**Leroy, 1999**).

Conséquences sur l'écosystème aquatique

- L'eutrophisation ; qui est le phénomène lent d'asphyxie résultant de la prolifération des plantes aquatiques, qui résultent de l'apport excessif en nutriments, les principaux inconvénients de l'eutrophisation sont : la diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau, les facteurs qui augmentent la vitesse de ce phénomène peuvent être naturelles comme ruissellement dans le bassin versant, barrages de castor, etc. ou anthropique comme :
 - Épandage d'engrais à des fins agricoles et horticoles (chimiques ou naturels).
 - Utilisation de produits domestiques contenant des phosphates.
 - Rejets d'eaux usées industriels, urbains et domestiques.
- La perte de la potabilité directe ; lorsque la collectivité a besoin l'approvisionnement d'un cours d'eau en eau potable, elle doit effectuer des traitements souvent très coûteux et à partir de certaine qualité, l'utilisation devient impossible.
- La dégradation de la faune et la flore par des composés toxiques tels que les hydrocarbures (**Assaad, 2014**) et certains rejets toxiques ont un effet mortel entraînant le ralentissement ou le blocage de l'autoépuration dans le milieu aquatique.
- Le déversement des nitrates et phosphates est responsable du phénomène d'eutrophisation et les modifications du pH, de salinité aboutissent à la modification des conditions de vie des espèces vivantes, voire à la disparition des quelques-unes donc à une perturbation des écosystèmes aquatiques. (**Dejoux, 1988**)
- La présence des métaux lourds dans l'écosystème aquatique diminuent leur productivité et leur biodiversité et ont une action toxique sur les organismes aquatiques, en effet ces éléments peuvent se bio-magnifier et entrer dans la chaîne trophique et devenir toxique pour la santé humaine (**Zaimeche, 2015**).
- Radioactivité des eaux du fait du développement du déversement des résidus radioactifs Dangereux (par exemple des éléments transuraniens (Pu, Np, Am) et des produits de fission (⁹⁹Tc, ¹³⁷Cs) (**Assaad, 2014**).

I.6. Présentation de la vallée de l'oued El-Harrach

I.6.1. Situation géographique :

Oued el Harrach est le cours d'eau le plus important de la Mitidja qui se jette dans la baie d'Alger, après un parcours de 67 km. Il prend naissance dans l'Atlas blidéen (djebel Messala). Le bassin versant de l'Oued El Harrach appartient au grand bassin versant côtier algérois, il couvre une superficie de 1236 Km² et s'étend du Nord au Sud sur 51Km et d'Est en Ouest sur 31 Km (**Berrahal et Merouane, 2004**). Il se partage entre trois parties appartenant : L'une à l'atlas Blidéen (600 km²), La deuxième à la plaine de la Mitidja (500 km²) et La troisième au versant du sahel (100 km²) (**DHWA, 2011**).

I.6.2. Réseau hydrographique :

Le bassin de l'Oued El-Harrach donne impression de grande homogénéité d'ensemble surtout dans la partie basse du bassin, donnant des vallées encaissées. En Aval, la pente s'adoucit considérablement (**D.E.M.R.H, 1974**). L'Oued El Harrach à deux ruisseaux de sources :

- L'Oued Okacha (la confluence entre oued Boumaane et Oued Lakhra).
- L'Oued Magtaa (oued El-Aach).

Ces derniers se rejoignent à environ 10 km au Sud de Hammam Malouane, puis l'Oued El Harrach coule en direction Nord-est et élargie son cours dans la plaine de la Mitidja (**Bogardi et Lossen, 1974**).

Les principaux affluents de l'Oued El-Harrach :

- L'Oued Djamaa, issu de l'Atlas blidéen.
- L'Oued Baba Ali et l'Oued Terro, issus de la Mitidja
- L'Oued Smar, issu de la Mitidja (cours d'eau récepteurs des zones industrielles d'Oued Smar et El-Harrach sud).
- L'Oued Kerma, issu du sahel.
- L'Oued Ouchaich issu du sahel (cours d'eau récepteur des communes et quartiers urbaines fortement peuplés à un km de l'embouchure d'Oued El-Harrach versant de (**Bouchelouche, 2010**).

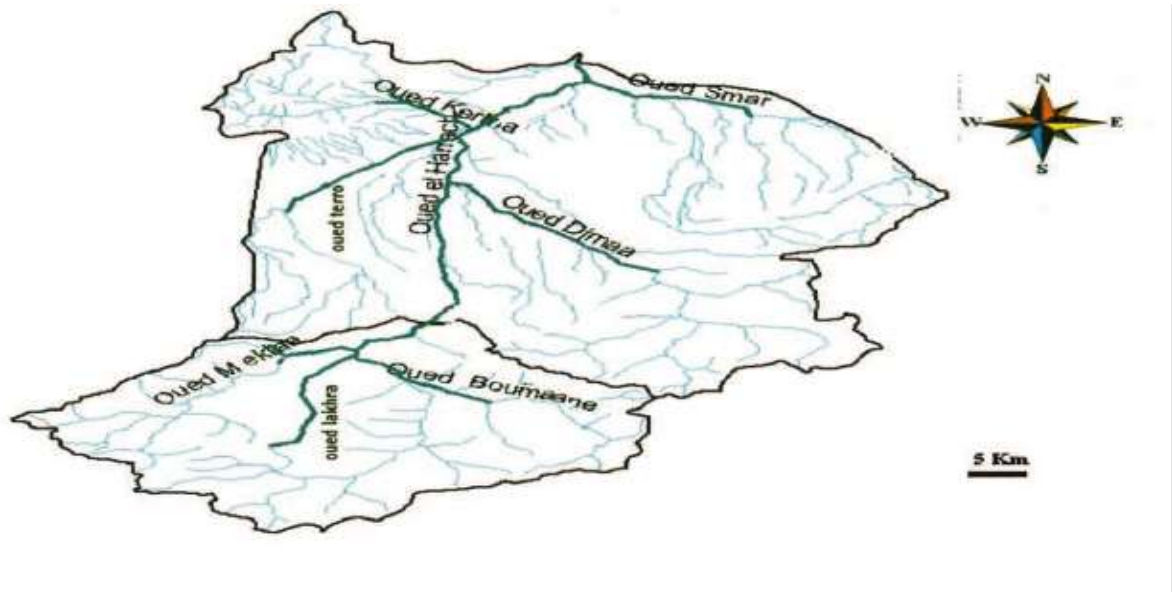


Figure 4: Réseau hydrographique de l'oued El Harrach (A.N.R.H, 2011).

I.6.3. Flore et faune :

Le bassin versant de l'oued El Harrach est caractérisé par l'ensemble de végétation (herbacée, arbustive, et arborescente) des rives qui influe sur le comportement hydrologique de ce bassin. Par ailleurs, la végétation joue un rôle atténuateur important en période de crue. En effet, lorsque la végétation est développée, le ruissellement est retardé et la pointe de crue est atténuée.

- Le haut bassin versant est caractérisé par un recouvrement végétal de 40 à 50%, avec des arbustes (inférieur à 7 m) sur les sommets qui sont composés de Cyprès, de pin d'Alep, de Caroubier, et de lentisque.
- Sur le bas bassin versants, la principale végétation rencontrée est composée de Roseau, de Laurier rose, et des Oliviers.
- L'Oued El-Harrach est caractérisé par une importante zoo-cénose comme :
La Piscifaune par le barbeau algérien..., l'Herpétofaune par : la Tortue terrestre..., l'Avifaune par : merle noir..., les Mammifères par : le Hérisson du désert..., les invertébrés par : les crabes d'eau douces, les larves d'insectes dans l'oued (**Morsi, 2016**).

I.6.4. Les activités anthropiques

Les activités du secteur sont essentiellement agricoles, industrielles et touristiques. La région de Hammam-Melouane qui présente un site touristique très fréquenté par la population du

Chapitre I : Revue bibliographique

centre en période de la baignade ; comme il est utilisé pour le lavage de véhicule, extraction de sable et de gravier, unité de concassage criblage, exploitation d'une carrière, tout ça à entrainer une modification du lit en empêchant le courant, et créant des bassins. Notant aussi les rejets de la station thermale de Hammam-Malouane. Plus nous descendant vers le nord (aval) et à partir de la plaine de la Mitidja, la concentration des rejets urbaines augmente, au cœur de la plaine de la Mitidja les rejets des activités agricoles sont présents, Quant aux activités industrielles, on cite :

- ✓ La zone industrielle d'Oued Smar qui constitue l'exécutoire final de tous les effluents des unités industrielles, vu l'absence d'un collecteur principal propre dans ces zones ; 54 industriels réparties dans différents secteur d'activités (NAFTAL, Unitec, Ecotecex,...) (Entreprise de gestion des zones industrielles de la wilaya d'Alger « GZIWA »).
- ✓ La zone industrielle d'El Harrach qui évacue ces rejets liquides ou solides directement dans l'oued sans aucun traitement préalable.
- ✓ La zone industrielle de Gué de Constantine qui abrite beaucoup d'usines qui déversent leurs rejets dans l'oued.



Figure 5 : exemples des interventions anthropiques à l'Oued El Harrach



Figure 6 : Oued El Harrach ; de la confluence avec l'Oued Smar à l'embouchure en mer (Entreprise de gestion des zones industrielles de la wilaya d'Alger « GZIWA »).

I.7. Caractéristique physico-chimiques de l'eau se surface

I.7.1. Caractéristiques physiques

I.7.1.1. Température (°C)

La température est un facteur écologique important du milieu qui influe sur la densité de l'eau, elle agit aussi sur la concentration de l'oxygène dissous et sur la détermination du pH (Kelly et Green, 1997) ainsi que la solubilité des sels et des gaz dont l'oxygène est nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique (Devilleers et al, 2005).

I.7.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). En milieu aquatique, le pH est essentiellement une fonction de la composition chimique "brute" de la solution aqueuse, et de l'activité des organismes (Sacchi et Testard, 1971). Les valeurs du pH dépendent étroitement de la température, des facteurs climatiques et biologiques tels que la photosynthèse et la respiration (Arfi, 1991).

I.7.1.3. Conductivité électrique (Ce)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, elle permet l'évaluation globale des ions présents dans l'eau. La conductivité électrique est une propriété due au déplacement de charges électriques dans un système (**Copin-Montégut, 1996**).

I.7.1.4. Salinité

Elle est définie par la quantité totale des éléments dissous dans l'eau dont les sels minéraux. La salinité constitue un critère usuel de classification des eaux superficielles, elle est classée en deux groupes : la salinisation naturelle due aux facteurs géologique et le climat en revanche les causes anthropiques sont de loin la plus importante dans le phénomène de la salinisation anthropique (**Piscart, 2004**).

I.7.1.5. Matières en suspension

Correspond à la teneur des matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Sa quantité est influencée par les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Les MES affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons (**Devillers et al, 2005**).

7.2. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES :

7.2.1. L'azote total

L'azote total correspond à la somme de l'azote présent sous toutes ses formes, l'azote et ses composés sont très répandus dans la biosphère. La plupart des végétaux et des animaux, ainsi que les matières organiques en décomposition, il peut se présenter sous un certain nombre de formes chimiques importantes telles que : l'azote organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. Toutes ces formes se retrouvent en quantité plus ou moins importante dans les effluents industriels et municipaux ainsi que dans les eaux de ruissellement des terres (**Hebert et Legaré , 2000**).

I.7.2.2. Nitrites (NO_2^-)

Le nitrite est le produit intermédiaire de plusieurs réactions d'oxydation et de réduction impliquées dans les différents processus de transformation de l'azote dont trois réactions principales réalisées par des bactéries, sont responsables de la présence des nitrites dans les cours d'eau (voir figure7), l'oxydation est influencée par des facteurs environnementaux (Corriveau, 2009).

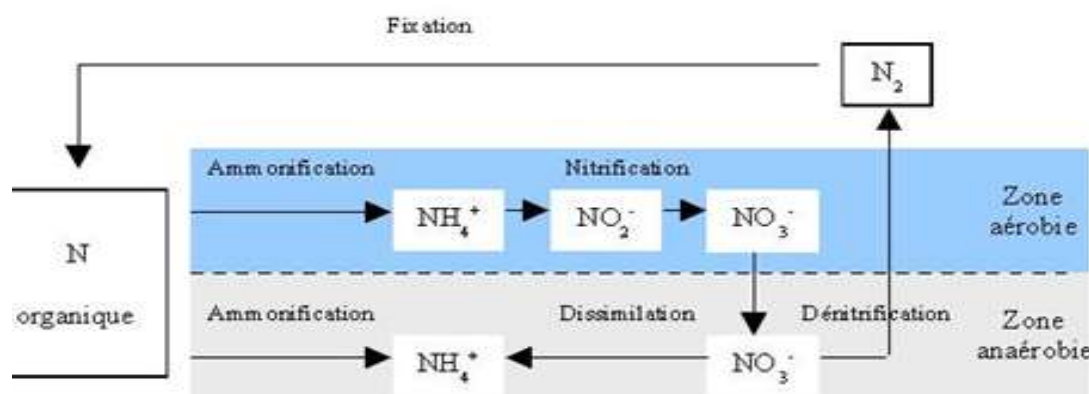


Figure 7 : les processus d'oxydation et de réduction dans le cycle d'azote (Fustec, 2000)

I.7.2.3. Phosphates (PO_4^{3-})

Elément essentiel pour la photosynthèse et la production primaire, on le considère généralement comme facteur limitant la production de la biomasse végétale (Levéque, 1996). Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface peuvent être d'origine naturelle (décomposition de la matière organique et lessivage des minéraux) ou aussi résulter des rejets industriels (agroalimentaires), des rejets domestiques (poly-phosphate des détergents) et de l'utilisation des engrais et des pesticides (Tardat, 1992).

I.7.2.4. Ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacale est la forme la plus réduite de l'azote, il peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (Rodier, 1996). La teneur de cet élément traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique, il provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates, c'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (Aziz et al, 2016).

I.7.2.5. Demande biologique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène est la concentration en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai (**Rodier et al, 2009**).

I.7.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle regroupe la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'ensemble des matières minérales et organiques biodégradables ou non, présentes dans un milieu. Donc les matières oxydables par les processus purement chimiques et celles oxydables par les processus biochimiques (**Bousseboua, 2005**).

I.7.2.7. Le rapport DCO/DBO₅

La différence entre la DCO et la DBO se reflète dans les substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement, la quantification de la charge polluante biodégradable dans l'eau est déterminé par sa DCO et DBO ce qui fait le rapport entre la DCO et DBO₅ un indicateur permettant de mesurer « dégradabilité » biochimique des composés organiques présents dans une eau résiduaire, lorsque des substances toxiques sont présentes, l'activité biologique est ralentie donc la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre, ce qui traduit par un rapport DCO/DBO₅ élevé (**Devillers et al, 2005**). Selon la biodégradabilité, on peut caractériser l'origine des effluents générateurs de la matière organique, ils peuvent être domestiques ou industriels (**Boutayab et al, 2012**).

I.8. Caractéristiques bactériologiques de l'eau de surface :

Les bactéries présentes naturellement dans l'eau possèdent un rôle dans la décomposition de la matière organique et du recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique, cependant d'autres bactéries, proviennent des déjections d'origine animale ou humaine ; qui peuvent rendre l'eau inappropriée pour l'utilisation ; selon les activités. Ce sont des bactéries pathogènes et considérées comme indicatrices d'une contamination fécale. Elles provoquent des problèmes de santé chez l'humain (**Hébert et Légaré, 2000**), parmi ces bactéries on distingue les groupes : les coliformes totaux et les coliformes fécaux (thermo-tolérants) qui ont été les principaux

Chapitre I : Revue bibliographique

indicateurs de contamination fécale mais aujourd'hui, *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux sont plus appropriés pour l'évaluation du risque sanitaire associé aux diverses utilisations de l'eau (**Pierre Servais et al, 2004**).

I.8.1. Les coliformes Totaux

Ce sont des espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques, ce sont des bâtonnets à gramme négatif (**Rodier et al,2009**), aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C (**Leyral et al , 2002**) , un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans la matière fécale des animaux à sang chaud , elles comprennent les genres de : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsilla*, *Yersinia*, *Serratia* (**Rodier et al, 2009**).

I.8.2. Les coliformes fécaux

Ou coliformes thermo-tolérants, présentent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux après incubation à 44C°, elles comprennent entre autre les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica* (**Rodier et al, 2009**).

I.8.3. *Escherichia coli*

Est un thermo-tolérant qui produit de l'indole à partir de tryptophane à 44 C° et qui possède des caractères biochimiques propres à cette espèce, la recherche d'E. Coli est essentiel dans le diagnostic d'une contamination fécale. (**Rodier et al,2009**).

I.8.4. Entérocoques intestinaux

Anciennement « streptocoques fécaux », possèdent une substance antigénique (acide téchoïque) qui caractérise les streptocoques de groupe D de LANCEFIELD (**Rodier et al, 2009**). Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif et anaérobies facultatives, elles présentent les espèces suivantes : *Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E.durans* , *E.hirae* , *streptococcus bovis*, *S.suis* , et *S.equinus* ,les concentrations en streptocoques fécaux dans les milieux naturels autres que ceux pollués par le bétail sont inférieures à celle des coliformes fécaux .(**Rodier et al, 2009**) .

I.8.5. Salmonelle

Fait partie de la famille des Enterobactériaceae, sont des bacilles Gram-négatif et aéro-anaérobies facultatives ((OMS,2000 ; Jawetz et al,1973 ; Legiot et al, 1993) , sont considérées comme pathogènes et leur pathogénicité provoque les fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires, l'homme et les animaux domestiques sont les hots naturels des salmonelles, elles peuvent être aussi présentent dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques ainsi l'eau de mer. (Rodier et al, 2009).

I.9. Eléments traces métalliques

La présence des traces de métaux dans l'environnement est due à des phénomènes naturels et d'autre part aux activités humaines (engrais, fumiers, lisiers, boues de stations d'épuration, activités industrielles et moteurs d'automobiles...) (Philippe et al, 2013), certains sont indispensables pour les organismes vivants y compris l'homme (Zn, Cu, Mn et Fe) néanmoins ; ils peuvent présenter des effets toxiques à des concertations déterminées par contre d'autres métaux ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques (Pb, Cd et Hg.), les principales voies d'absorption par l'homme sont les aliment , l'eau et l'air et la faune aquatique et les poissons sont la principales sources . La contamination de l'environnement aquatique par les métaux lourds peut avoir des effets toxiques aigus ou chroniques sur la vie aquatique. La forme la plus toxique (organique ou inorganique) varie selon l'élément. La distribution des métaux dans la phase sédiment-eau est issue de différentes interactions ; précipitation et adsorption sur des composés (ligands) minéraux et organiques (Calamari et Naeve, 1994 ; Serpaud et al, 1994).

I.9.1. Propriétés générales des éléments traces sélectionnés :

I.9.1.1. Mercure

Appelé le cinabre. Il est présent dans l'environnement sous plusieurs formes ; Il a été utilisé dans la métallurgie, la médecine, les cosmétiques, ou l'alchimie, sa toxicité dépend de sa forme chimique et de la voie d'exposition. Les méthylmercures ont la capacité de se bio-accumuler dans les organismes vivants et entre dans la chaîne alimentaire, une intoxication sévère et prolongée aux méthylmercures, provoque un dérèglement du système nerveux central, causant des atrophies articulaires, une perte cognitive sévère, la cécité, la paralysie et la mort (Olivier, 2015).

I.9.1.2. Le cuivre

Le cuivre est moyennement abondant dans la croûte terrestre, dans les eaux naturelles, le Cu reste à l'état d'ion $2+$ jusqu'à un pH de 6 unités. Cu forme aussi plusieurs complexes avec des ligands organiques et dans le cycle sédimentaire, est un oligo-élément indispensable à la vie mais à dose plus élevée constitue un poison pour l'homme et à des doses infimes pour algues, mousses, microorganismes marins, champignons microscopiques (**Aranguren, 2008**).

I.9.1.3. Cadmium

Le cadmium est un élément non conservatif que l'on retrouve dans le milieu aquatique sous divers formes physiques (dissoutes, colloïdales et particulaires) et chimiques (minérales ou organiques), il est généralement considéré comme dissous, seules les rivières très riches en matières en suspension ou des eaux proches du fond des rivières, peuvent présenter du Cd adsorbé à la fraction solide, il est très toxique sous toutes ses formes pour l'homme l'animal et le végétal, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension (**Aranguren, 2008**).

I.9.1.4. Plomb

Le plomb est un produit naturel, il existe deux états d'oxydations de Pb $+2$ et $+4$, l'état divalent est le plus abondant dans l'environnement. Actuellement plusieurs applications de ce métal sont encore trouvées, bien que beaucoup d'applications historiques du plomb ont maintenant été proscrites en raison de sa toxicité lorsqu'il est absorbé par les organismes vivants, Les effets pathologiques d'une intoxication au Pb sont nombreux dont les effets physiologiques et neurologiques (**Aranguren, 2008**).

I.9.1.5. Nickel

Le nickel est employé en galvanoplastie, fabrication d'alliages et d'accumulateurs alcalins. Il est rejeté dans l'environnement via les processus industriels et peut aussi être présent dans les ruissellements des routes. Il peut se présenter dans le milieu aquatique sous différentes formes ; sels solubles, adsorbés sur les solides en suspension et complexes organiques, il a des effets sur les crustacés et les batraciens à partir d'une concentration de $5 \mu\text{g/l}$, une diminution du poids et de certains métabolites a démontré chez les individus de *Daphnia magna*, chez l'homme ; le système respiratoire est la cible principale et par ingestion les organes touchés sont reins puis le foie, le cœur et les poumons (**Bicocchi et al, 2009**).

II.1. Présentation des stations d'étude

➤ Choix des stations

Le choix des stations a été retenu en tenant compte de plusieurs exigences et critères suivants : L'accessibilité aux stations, l'abondance des poissons, présence des champs agricoles, la situation des points de prélèvement par rapport aux rejets.

➤ Description et caractéristique des stations

Notre site d'étude est limité par une zone de prélèvement qui s'étale de 67 km. De Magtaa Lazrag (Blida) à l'embouchure à Sablette (Alger). On a devisé cette zone en deux stations principales dont six différents places ; deux en amont et les quatre autres en aval du site étudié (voir figure 8).

La présente étude va porter sur l'évaluation des deux compartiments Eau / Sédiment de l'Oued El Harrach, Nous avons choisis sur l'ensemble du site du bassin versant d'oued El-Harrach six points sur lesquels les échantillons ont été prélevés ; L'ensemble des stations (six stations) afin d'évaluer la qualité physique-chimique et bactériologique des eaux, et trois stations dans l'aval (S₁, S₃, S₄) pour l'analyse de compartiment "Sédiments" y compris l'analyse métalliques.



Figure 8 : Situation géographique des stations de prélèvement sur oued El-Harrach.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Tableau 2 : Les coordonnées géographiques des stations choisies.

Stations	Cordonnées géographiques
S1	36 44 574 N 003 08 000 ^E
S2	36 44 305 N 003 07 852 E
S3	36 43 026 N 003 08 121 E
S4	36 42 947 N 003 08 036 E
S5	36 28 167 N 003 00 856 E
S6	36 29 129 N 003 02 551 E

- **Station 1** : l'embouchure d'oued El Harrach en mer.
- **Station 2** : pont de l'autoroute- système de désodorisation ; cette station permet d'évaluer la qualité des eaux de l'oued El-Harrach alimentées par les rejets diffus ainsi que les eaux de ruissellement.
- **Station 3** : la confluence avec l'oued Smar « zone de forte urbanisation et cours d'eau récepteurs des zones industrielles d'oued Smar et El-Harrach sud. Elle permet d'évaluer la qualité des eaux qui alimentent l'oued El Harrach.
- **Station 4** : a été choisi juste avant la confluence d'oued El-Harrach avec oued Smar.
- **Station 5** : elle servira de station de référence en amont, située dans la région de Hammam Malouane.
- **Station 6** : elle servira aussi d'une station de référence (amont), localisée dans le village « Magtaa Lazreg » et en même temps permettra d'apprécier l'effet de la commune de ce dernier sur la qualité des eaux d'oued El Harrach.



S₁



S₂



S₄



S₃



S₆



S

Figure 9 : vue globale des stations de prélèvement.

II.2. Les campagnes des prélèvements

Les sorties sur le terrain ont été effectuées entre mars et mai 2018 à raison de deux sorties par mois (l'une pour les prélèvements de l'aval et l'autre pour l'amont). Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées au niveau des laboratoires de :

Laboratoires	CNRDPA	ANRH	SEAAL	CRAPC
Paramètres analysés	NO ₂ ⁻ , PO ₄ ⁻ , NH ₄ ⁺ analyses bactériologiques	DCO, DBO (mars)	DCO, DBO, Azote total (avril, mai)	Métaux

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**Rodier, 1984**).

II.3. Le Mode de prélèvement

➤ Analyse de l'eau

Les échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés selon le protocole suivant : Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 1.5 litre. Avant le prélèvement, les flacons ont été soigneusement nettoyés et rincés avec de l'eau distillée. Au moment du prélèvement in-situ, les flacons préalablement lavés ont été rincés trois fois avec l'eau à prélever. Le prélèvement de nos échantillons a été effectué manuellement sur des points de prélèvement fixes. Pendant le prélèvement, le flacon tenu à l'aide d'une main est plongé jusqu'à 20 cm de profondeur, goulot dirigé à contre-courant, selon les recommandations de **Rodier (1984)**. Le flacon rempli d'eau est retiré du plan d'eau et fermé hermétiquement. Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. Ces temps devront être réduits au minimum. D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante (**Mimeche, 2014**). Certaines mesures effectuées in situ doivent être mesurées à l'aide d'un analyseur multi-paramètre alors que d'autres sont analysés au laboratoire.

Les prélèvements pour l'analyse bactériologique ont été régulièrement effectués dans les 6 points de l'oued, dans des flacons en verre stériles et étiquetées, d'un volume 250 ml.

Le prélèvement se fait en immergeant la bouteille, en ouvrant le bouchon sous la surface de l'eau en exécutant un mouvement en « U », il faut éviter la récolte des particules déposées en surface ainsi que celles provenant des sédiments (**Denis Brouillette, 2013**).

Les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C et l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon (**Rodier et al, 2009**).

➤ Analyse du sédiment

Les prélèvements des sédiments ont été effectués selon la méthode par jugement linéaire (Ophrys, 2001). Tout au long de cette étude, nous nous intéressons à évaluer la contamination métallique du sédiment qui traduit une pollution récente. En sédimentologie les métaux se fixent préférentiellement sur la fraction fine inférieure à $63\mu\text{m}$ (Cosson, 1987). De ce fait, le prélèvement des sédiments doit répondre à cet objectif. Trois stations ont été sélectionnées sur des lieux stratégiques en fonction des observations faites sur terrain (rejets, sources de pollution, affluent...) afin de mettre en évidence une éventuelle contamination métallique au sein du compartiment sédimentaire S_1 , S_3 , S_4 : Pour cette raison, nous prélevons, en raclant avec une cuillère en inox, les sédiments fins déposés en surface (profondeur ≤ 5 cm) sur les berges ou les rives où le courant est faible après le retrait des eaux. De telles zones favorisent la sédimentation des particules fines sur lesquelles se fixent les contaminants.

Afin d'assurer la représentativité, un échantillon composite est collecté dans des sacs stériles « Stomacher ». Les flacons de conservation des extraits, ainsi que toute la verrerie destinée aux analyses des ETM sont traités au préalable à l'acide nitrique (10 %) où ils sont trempés pendant une semaine. Ils sont ensuite trempés dans deux bains successifs d'eau bi-distillée ou déminéralisée à raison d'une semaine chacun et enfin rincés dans de l'eau déminéralisée (pure), séchés et protégés jusqu'à leur utilisation (Rodier et al, 2005).

II.4. Méthodologies d'analyse physico-chimiques de l'eau

➤ Matériel

La préparation du matériel de terrain est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matériel doit inclure notamment un nombre suffisant de bouteilles stérilisées clairement identifiées, une glacière, un carnet pour prendre des notes sur le terrain et un Multi-paramètre (Denis, 2013). Le matériel utilisé au laboratoire (appareillage, verrerie, solutions, réactifs et milieux de culture) est mentionné et illustré en annexe 1 et 2.

II.4.1. Paramètres physiques :

II.4.1.1. Paramètres mesurés in-situ : Température, salinité, conductivité.

Les mesures de la température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$), salinité et conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) ont été effectuées sur le terrain à l'aide d'un analyseur multi paramètre de type WTW 340i (voir annexe 1).

II.4.1.2 Paramètres mesurés au laboratoire

II.4.1.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est mesuré avec un pH mètre électro métrique (voir annexes 1), Les résultats sont exprimés en unités.

II.4.1.2.2. Matières en suspension par filtration (MES)

L'eau est filtrée via un papier filtre et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (voir annexes 1 et 2). Le taux des matières en suspension est exprimé en mg /l.

$$\frac{(M_1 - M_0) \times 1000 \times 1000}{V}$$

M 1 : poids de filtre après filtration

M0 : poids de filtre avant filtration

V : volume de l'eau filtrée ≥ 100 (ml) (**Rodier et al, 2009**).

II.4.2. Paramètres chimiques (au laboratoire) : exprimés en mg/l.

Les analyses chimiques faites au laboratoire par les méthodes détaillées en annexes, mise au point par (**Rodier et al, 2009**) consistent-en (voir annexe 2):

II.4.2.1. Nitrites (NO₂⁻)

Principe: Méthode spectrophotométrique.

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 Naphthyl Éthylène Diamine Dichloride donne naissance à une coloration rose dont l'absorbance est mesurée à 343 nm.

II.4.2.2. Phosphates (PO₄⁻)

Principe: Méthode spectrophotométrique. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique et développe une coloration bleue qui peut être analysé par un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho Phosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium, l'absorbance est mesurée à 885nm.

II.4.2.3. Ammonium (NH_4^+)

Principe: Le principe consiste à la mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde 630nm (**Rodier et al, 2009**).

II.4.2.4. Demande chimique en oxygène (DBO_5) : par DBO mètre

Principe :

- Un échantillon mesuré d'eau est placé des six flacons bruns de DBO mètre, connectés par leurs bouchons aux capteurs de pression de l'appareil. L'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon.
- Cet oxygène est consommé par les bactéries, pendant la période de mesure (5 jours), pour oxyder les matières organiques.
- Les capteurs de pressions contrôlent la pression d'air dans les flacons d'échantillons. la variation de pression est convertie en mg/l de DBO lorsque la pression diminue dans les flacons.
- Le gaz carbonique (CO_2) qui est produit par les micro-organismes est absorbé par l'Hydroxyde de Lithium placé sans la cupule (une cupule par flacon).

II.4.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO) : mesurée par méthode Kit Hach LCK 114 /314.

Principe : Ebullition à reflux, d'une prise d'essai :

- En présence de sulfate de mercure II
- En présence d'une quantité connue de dichromate de potassium et d'un catalyseur à l'argent.
- En milieu fortement acidifié par de l'acide sulfurique,
- Pendant une période de temps donnée durant laquelle une partie dichromate est réduite par les matières organiques présentes.
- Titrage de l'excès de dichromate avec une solution de sulfate de fer II et d'ammonium. On en déduit la valeur de la DCO. **(ISO 6060 :1989)**

II.4.2.6. Dosage de l'azote total LCK 338

Principe : L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrate. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphatique avec du diméthylphénol-2.6 en formant du nitrophénol (Rodier *et al*, 2009).

II.5. Analyse des éléments traces métalliques

Le matériel utilisé au laboratoire (appareillage, verrerie, solutions, réactifs) est mentionné en annexe 3.

II.5.1. Préparation des échantillons sédimentaires

Ce procédé fournit la digestion acide du sédiment dans un dispositif de récipient fermé chauffé dans une étuve sous une hotte aspirante dans un godet en téflon. Après un séchage du sédiment à 110°C pendant une nuit, suivi d'un refroidissement et ensuite un broyage, pour la détermination du cuivre (Cu), du cadmium (Cd), du plomb (Pb), du Nickel (Ni) et du mercure (Hg), par spectrophotométrie d'absorption atomique SAA (SAA 240FS/ Flamme), munie d'un générateur de vapeur froide VGA 77 pour le mercure (application book SK-10 High Pressure Rotor, MILISTONE) (voir annexe 1).

II.5.2. Minéralisation du sédiment

Une masse représentative de 1.00 g de l'échantillon a été pesée dans un godet à téflon, puis un volume de 10 ml d'eau régale a été ajouté, le godet est fermé hermétiquement avec une pince et laissé à la température ambiante pendant une heure, par la suite le godet a été placé dans une étuve réglée à une température de 110°C pendant 120 min. Après refroidissement l'échantillon a été filtré dans une fiole jaugée de 100 ml préparée au préalable, le godet est rincé plusieurs fois avec de l'eau ultra pure, la fiole est complétée au trait de jauge par l'eau ultra pure. Les fioles sont ensuite conservées dans un réfrigérateur à 4°C pour éviter toute perte et contamination jusqu'au moment d'analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique (voir annexe 3) (Application book SK-10 High Pressure Rotor, MILISTONE).

➤ Principe de la Spectrophotométrie d’Absorption Atomique

Le principe de la SAA est basé sur la proportion d’absorption d’un rayonnement lumineux par un élément en fonction de sa concentration dans la solution à analyser. Les atomes d’un élément donné sont capables d’absorber l’énergie apportée par les photons dont la fréquence est caractéristique de l’élément à doser (Loi de Beer). L’élément à doser dans l’échantillon est préalablement dissocié de ces composés chimiques et porté à l’état non excité et non ionisé dit « état fondamental ». Cette dissociation thermique est obtenue par combustion de l’échantillon dans une flamme ou dans un four en graphite. Une fois dissocié, l’élément est alors capable d’absorber des radiations de longueurs d’ondes bien définies, qu’il est capable d’émettre (Loi de Kirschhoff). L’appareillage utilisé comprend une source de radiation, un système d’atomisation, une flamme composée d’un mélange air-acétylène ou d’un four en graphite, un monochromateur, un ensemble optique, un dispositif de réception électrique et de mesure et un détecteur (Beaty, 1993).

➤ Principe de SAA à flamme

L’échantillon est atomisé et aspiré dans un brûleur, de sorte que les éléments de l’analyte puissent être atomisés dans une flamme d’un gaz combustible, tel que l’acétylène, et d’un gaz d’oxydation, habituellement l’air. Le brûleur est positionné de manière à ce que la région de flamme avec la concentration atomique maximale soit dans le chemin de rayonnement du spectromètre (Beaty et Kerber, 1993).

➤ principe de l’accessoire de mercure VGA-77

Est basé sur la réduction du mercure(II) en mercure métal par du chlorure d’étain (II) SnCl_2 , entraînement du mercure par un courant d’argon, à température ambiante. Le dosage du mercure à l’état de vapeur monoatomique par spectrométrie d’absorption atomique (Varian, 1994).

II.6. Analyses bactériologique de l’eau

L’objectif de ce type d’analyse n’est pas de faire un inventaire de toutes les espèces présentes dans les eaux mais le but est de rechercher et dénombrer les bactéries indicatrices de contamination fécale et évaluer la qualité bactériologique de l’eau.

➤ Choix des dilutions (dilutions décimales)

Le choix de dilution est effectué selon la charge bactériologique de l'eau à analyser, et à fin d'obtenir un nombre de colonies dénombrable et significatif. Des dilutions jusqu'à 10^{-3} ont été réalisées pour les stations : S₁, S₂, S₃, S₄ et jusqu'à 10^{-2} pour S₅ et S₆.

➤ Méthodes de recherche et dénombrement des bactéries

II.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par filtration sur membrane :

- Effectuer des dilutions décimales selon la charge de l'eau.
- Après la filtration d'un volume 100 ml de l'eau prélevée et diluée à l'aide d'une rampe de filtration et des filtres à porosité de 0.45 μm , la membrane estensemencée dans milieu (gélose) lactosé au Tergitol et au TTC (voir annexe 1) , les boites sont par la suite mises en incubation à 37 C° pendant 24h pour le dénombrement des CT et à 44 C° pour les CF
- Lecture : Les colonies obtenues sont de couleur jaune ou jaune-orangé. (**Rodier et al, 2009**)

II.6.2. Recherche d'*E.coli* :

- Repiquer les colonies typiques de CF dans la gélose TSI en faisant des stries suivies d'une piqure centrale et dans le bouillon urée indole puis incuber les tubes à 37C° pendant 24h.
- La lecture : la lecture des tubes TSI est selon la dégradation des sucres et la production de gaz dans le milieu, lecture des tubes d'urée indole se fait en ajoutant 2 gouttes de kovacs, on obtenant par la suite un anneau rouge qui signifie que la bactérie a produit de l'indole à partie de tryptophane (NF EN ISO 9308-1).

II.6.3. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux

- Effectuer des dilutions décimale pour les prélèvement chargés (S₁, S₂, S₃ , S₄)
- La technique de filtration est pareille à celle des coliformes, les filtres sontensemencés dans le milieu Slanetz et Bartley puis incubés à 37 C° pendant 48h
- Lecture : Les colonies observées sont de couleur rose à rouge brique
- Pour confirmer, il est possible de transférer la membrane sur le milieu BEA et compter les colonies noires (**Rodier et al ,2009**).

II.6.4. Recherche des salmonelles

- Etape de pré-enrichissement : incuber les échantillons à 37 C° pendant 24h
- Etape de l'enrichissement : ajouter un volume de l'échantillon dans un bouillon SFB D/C + 2 disques de l'aditif puis incubé à 37C° pendant 24h
- Etape de l'isolement : ensemercer une boîte de gélose Hektoen et un bouillon SFB S/C + 2 disques de l'aditif avec 1 ml à partie de bouillon SFB D/C, incuber à 37C° pendant 24h
- Lecture : On prend en considération les tubes troubles et la présence des colonies blues verdâtres à centre noir caractéristiques des salmonelles pathogènes.
- Effectuer une galerie des tests biochimiques Api 20E (voir annexe1) à fin d'identifier et confirmer la présence de la bactérie (**ISO 6340**).

II.7. Analyse statistique (ACP)

L'Analyse en Composante Principale (ACP) est une méthode statistique descriptive dont l'objectif est de présenter, sous forme de graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données (**Philippeau, 1986**). Cette méthode statistique permet de transformer les variables quantitatives initiales, toutes plus ou moins corrélées entre elles, en nouvelles variables quantitatives, non corrélées, appelées composantes principales (**Davis, 1984**).

Cette méthode a été largement utilisée pour interpréter les données hydro-chimiques des hydro-systèmes (**Fekhaoui, 1990; Bennasser, 1997; Fawzi et al, 2002; Jadal et al, 2002; Oubraim, 2002; El Blidi et al, 2006; El Morhit et al, 2008; Makhoukh et al, 2011; Lamrani et al, 2011; Belghiti et al, 2013**).

L'ACP a été réalisé à l'aide du logiciel XLSTAT2018. Une matrice de données brutes comportant six variables physico-chimiques a été utilisée. Les variables retenues pour cette étude statistique sont : les composés azotés (NO_2^- et NH_4^+), phosphate (PO_4^-), la conductivité électrique (Ce), salinité et les matières en suspension.

III.1. L'Analyse physico-chimique de l'eau.

III.1.1. Paramètres physiques :

➤ Température :

La température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques ce qui engendre l'accélération de l'activité métabolique des organismes aquatiques (**Devillers et al, 2005**).

Tableau 3:les valeurs de température obtenues durant les mois de prélèvement(C°).

Mois/stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Mars	16.3	16.6	17.3	16.9	-	-
Avril	-	-	-	-	14.8	16
Mai	19.7	19.6	21.3	19.9	20.3	20.4

Nous avons enregistré au cours des trois campagnes réalisées, des valeurs qui répondent aux températures saisonnières. La valeur la plus importante était de 20.4°C au mois de mai avec une moyenne de 19.3°C au niveau de la station 3. Quand a la valeur la plus basse était 14.8 °C dans la station 5 pour le prélèvement du mois d'avril avec une moyenne de 17.5 °C. Ainsi, il faut noter que les températures augmentent au cours des trois mois d'échantillonnage. Selon **Rodier et al, 1984**, cette augmentation est influencée par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout le climat régnant.

Les valeurs de la température mesurées dans les eaux de l'oued El-Harrach sont acceptables car elles restent en dessous de la norme fixée par l'**OMS (2004)** qui est de 30°C.

Les légères différences enregistrées lors d'une campagne de prélèvement entre les différentes stations sont dues à l'heure de prélèvement.

➤ Potentiel d'Hydrogène :

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons (**Devillers et al, 2005**).Ce paramètre dépend de la

Chapitre III : Résultats et discussion

nature géologique des terrains traversés par les eaux, ainsi que les apports extérieurs (**Parinet et al, 2000**).

Tableau 4: les valeurs de pH obtenues durant les mois de prélèvement.

Mois/stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Mars	7.9	7.5	8.04	7.98	-	-
Avril	7.9	7.91	8.2	8.3	8.66	8.69

Les valeurs de pH des eaux de l'oued El-Harrach montrent des variations avec un minimum de 7.7 dans la station 2 et un maximum de 8.69 dans S₆, avec une moyenne de 7.7 et 8.69 respectivement, cette variation est liée à la localisation de ces stations au voisinage des zones industrielles pour les stations d'aval et des champs agricoles pour les stations en amont.

Ces valeurs restent toujours conformes à la norme algérienne préconisée par le **JORA (2011)** qui est $6.5 \leq \text{pH} \leq 9$. Les différentes valeurs de pH pour la période d'étude indiquent que les eaux de l'oued El-Harrach (pour la partie étudiée) sont d'une alcalinité faible à moyenne

➤ Conductivité électrique :

Dans d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a ses exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent pas généralement des variations importantes en sels dissous, (**Devillers et al, 2005**).

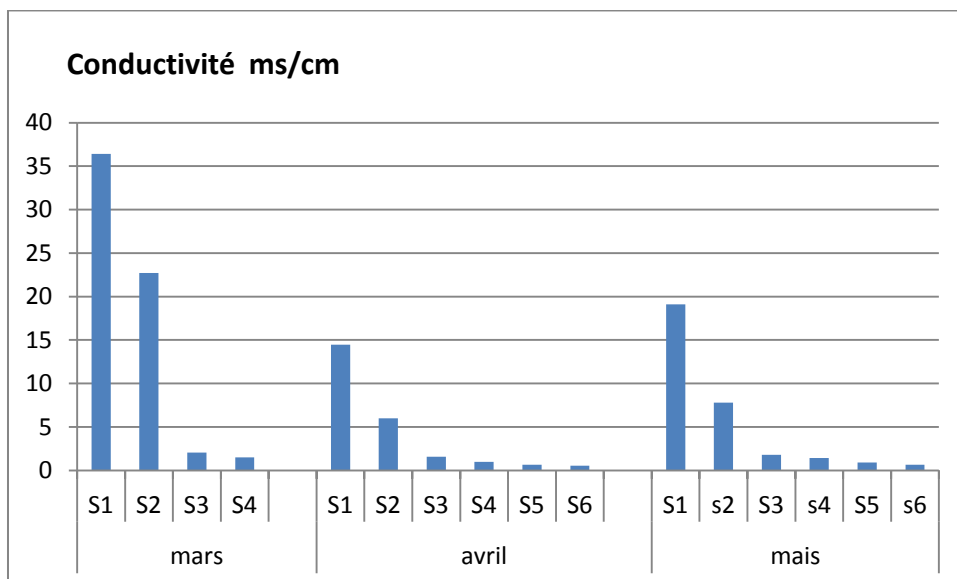


Figure 10 : variations mensuelles de la conductivité électrique.

Chapitre III : Résultats et discussion

La conductivité électrique sert à apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Rodier, 1984**). Les eaux dans notre zone d'étude ont une conductivité qui varie selon les stations. Les valeurs sont comprises entre 14.45 ms/cm et 36 ms/cm avec une moyenne de 23.3ms/cm pour les eaux de la station 1. Concernant la station 2, les valeurs sont comprises entre 5.98 ms/cm et 22.7 ms/cm avec une moyenne de 12.82 ms/cm. Les eaux échantillonnées dans la station 3, présentent des valeurs comprises entre 2.05 ms/cm et 1.57 ms/cm avec une moyenne de 1.8 ms/cm, dans la station 4 : les valeurs sont comprises entre 1.42 ms/cm et 0.96 ms/cm avec une moyenne de 1.29 ms/cm. pour les deux dernières stations S₅ et S₆; Les valeurs sont comprises entre 0.5 ms/cm et 0.8 ms/cm avec une moyenne de 0.59 ms/cm.

Selon ces valeurs, nous pouvons dire que la conductivité électrique est moyenne à accentuée en amont et importante à élevée tout en descendant vers les stations d'aval. Ces valeurs importantes semblent être la conséquence des apports de l'oued surtout au niveau de la station S₁ et S₂ d'une part et d'autre part elles peuvent être le résultat du lessivage du sol car cet oued traverse des terrains agricoles qui apportent des quantités considérables d'engrais pour les stations.

➤ Salinité :

La salinité c'est la quantité des sels dans l'eau, elle indique la teneur d'un milieu en sel, elle permet de connaître la circulation des eaux et d'identifier les masses d'eau d'origine différents (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

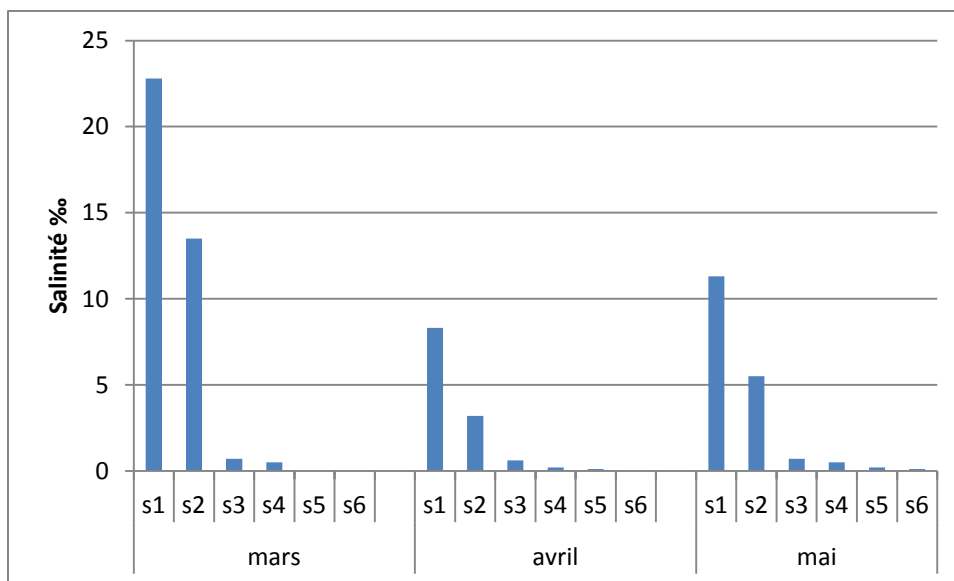


Figure 11: variations mensuelles de salinité

Chapitre III : Résultats et discussion

Les analyses font ressortir des résultats très variables. Ce dernier est plus élevé durant le mois de mars ; 22.8‰ dans la station 1 avec une moyenne de 14.13‰ due à la proximité de cette dernière de l'eau de mer (l'embouchure en mer). Au mois d'avril ; on remarque une diminution de la salinité (de 13 ‰ à 3.2‰) dans la station 2 cela est peut être du à une dilution des eaux de l'oued El-Harrach à cause de l'eau de pluies. On remarque la diminution des valeurs de salinité des stations S₃, S₄, S₅, S₆ qui atteignent un minimum de 0 avec une moyenne de 0.05 en raison d'éloignement de la mer.

Matière en suspension :

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (Devillers et al, 2005).

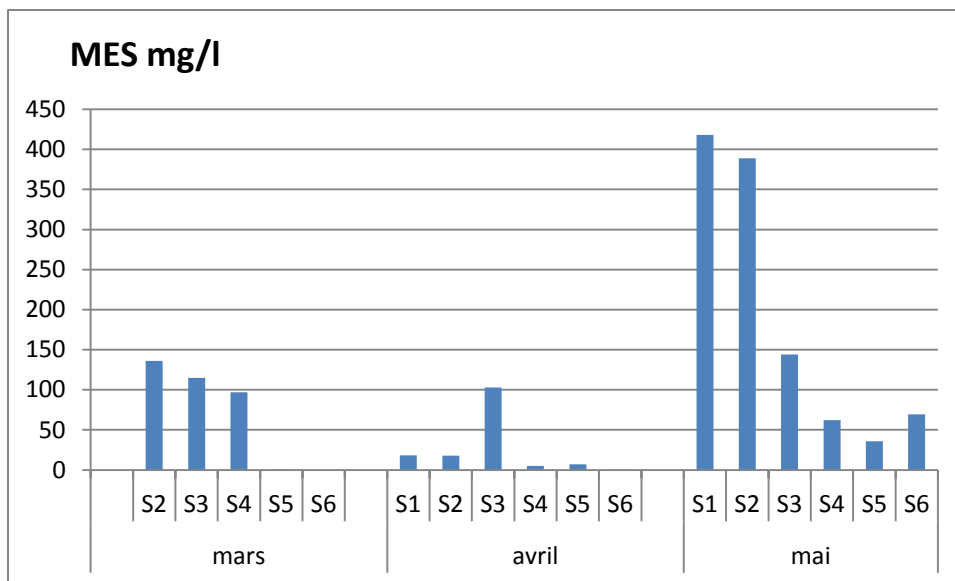


Figure 12 : variations mensuelles des MES.

Les teneurs de matières en suspension varient entre 0 et 136 mg/l au mois de mars, 0.05 à 103 mg/l dans le mois d'avril, 36 à 418 mg/l dans le mois de mai. On note des charges très importantes dans la station 1 et 2 dans ce dernier mois tandis que la valeur la plus faible est enregistrée dans la station 6 au mois de mars et avril mais elle augmente considérablement au mois de mai.

Chapitre III : Résultats et discussion

Les moyennes des teneurs en matières en suspension dépassent la norme Algérienne 30mg/l, sauf la station 5. selon la classification de **Nisbet et Verneaux (1970)**, l'eau aux stations d'aval (S₅ et S₆) et la station 4 est en situation bonne à moyenne, cette situation est similaire à celle de l'étude de **Morsi, (2016)** qui a travaillé sur la partie amont de l'oued, cependant la situation dans la station 1,2 et 3 est médiocre.

Les stations d'aval présentent des grandes charges par rapport à celles de l'amont S₅ et S₆ en raison des rejets, mais aussi l'augmentation de la charge est liée à la saison et l'écoulement des eaux, en mois de mai les précipitations étaient moins par rapport au mois d'avril ce qui diminue la dilution des eaux et augmente le taux des MES.

III.1.2. Paramètres chimiques

➤ Azote total :

Une concentration plus élevée que 1,0 mg/l dans les eaux de surface est considérée comme étant indicatrice d'une problématique de sur-fertilisation dans le milieu (**Hebert et Legaré, 2000**).

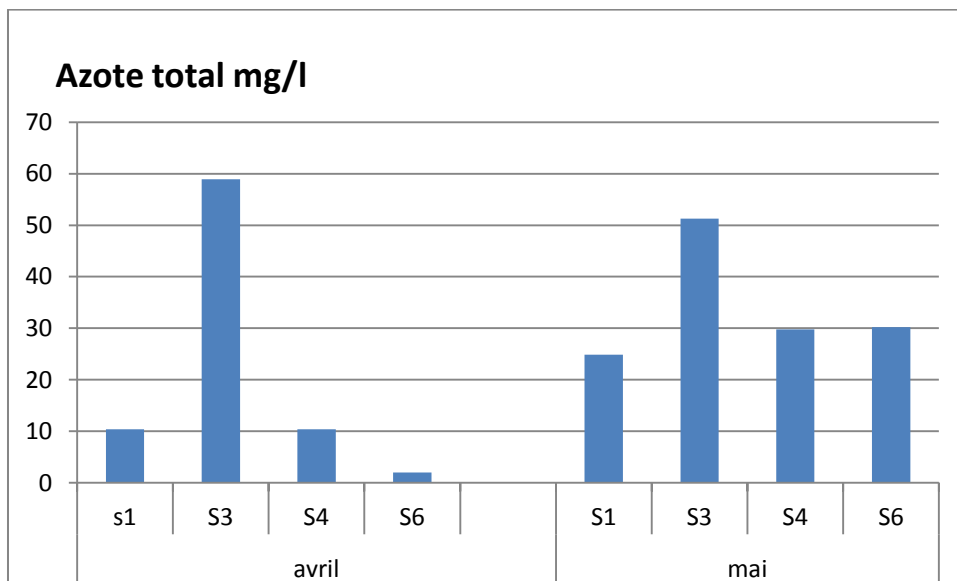


Figure 13 : variations mensuelles de l'azote total.

La figure présente les teneurs en azote total, les valeurs varient de 2 à 58,9 mg/l dans le mois d'avril et de 24,9 à 51,3 mg/l dans le mois de mai.

Chapitre III : Résultats et discussion

La grande teneur est enregistrée dans la station 3 pour les deux prélèvements par ailleurs on note une augmentation des teneurs au sein des autres stations au mois de mai essentiellement la station 6.

Selon **SEQ (2003)**, les moyennes des teneurs en azote total appartiennent à la classe 5 dont la qualité est mauvaise. La classification de la station 6 est instable.

L'azote total peut se présenter sous différentes formes chimiques, l'azote et ses composés sont très communs dans l'environnement, il peut provenir de : l'épandage de fertilisants (organiques et chimiques); rejets d'eaux usées municipales; rejets industriels; lessivage des terres; fosses septiques non conformes des résidences isolées; dégradation de la matière organique.

Les teneurs dans les stations d'aval sont dues principalement aux effluent urbains et industriels, le taux élevé dans la station 3 qui est le point de mélange entre l'oued El-Harrach et oued Smar qui est le support de différent rejets industriels ce qui influe sur les autres stations proches (S₁, S₂) Par ailleurs, l'augmentation de la teneur au sein de la station 6 est jugée par les rejets domestiques de la commune, et puisque c'est une zone rurale ; les apports de ruissellements, fertilisants agricoles et lessivage des terres. Les apports excessifs en azote engendre le phénomène de l'eutrophisation et par la suite des effets qui gênent la faune aquatique ainsi certains forme d'azote sont toxiques (nitrites).

➤ Nitrites

L'excédent en apport des nitrites perturbe l'équilibre des écosystèmes aquatiques et chez l'homme .Le nitrite est très toxique comparativement au nitrate qui est relativement non toxique (**Corriveau, 2009**).

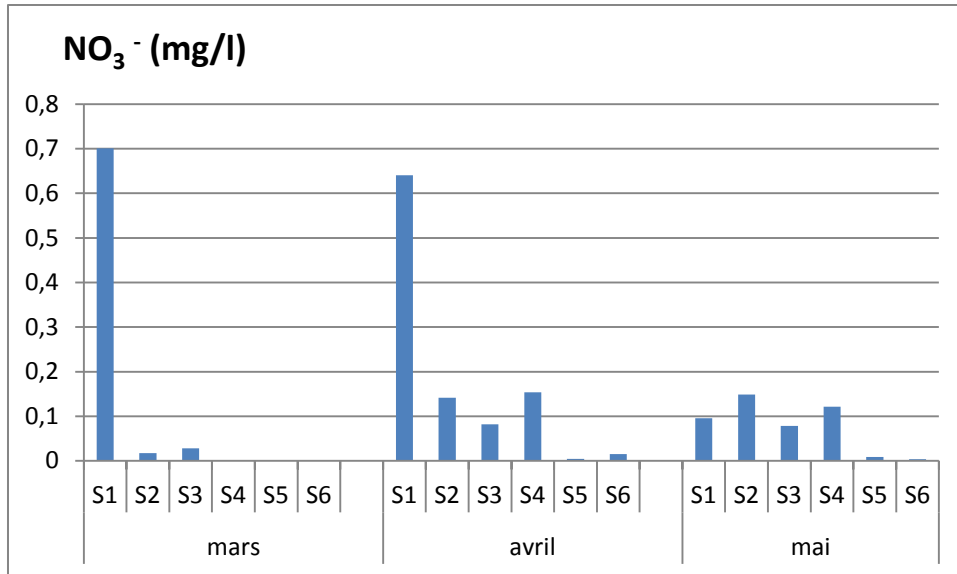


Figure 14 : variations mensuelles des nitrites.

Les valeurs des nitrites sont très variables. Nous avons enregistré des teneurs fortes pour la station 1, moyennes pour la station 2, 3, 4 et de faibles teneurs pour les stations 5 et 6. Ces teneurs varient entre une valeur minimale de 0 mg/l dans la station 5 et 6 avec une moyenne de 0.004 mg/l et une valeur maximale de 0.7 mg/l dans la station 1 avec une moyenne de 0.47 mg/l, ce qui signifie une eau pure ou autoépuration active, pour les stations en amont, elles appartiennent à la classe 1 et les stations en aval à la classe 3, ce que signifie une pollution sensible (Nisbet et Verneaux, 1970). Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (Rodier et al, 2009). Les valeurs de nitrites dans l'aval sont supérieures à la norme fixée par l'OMS (2004) qui est de 0.1 mg/l.

➤ Ammonium (azote ammoniacal)

Dans les eaux superficielles, l'azote ammoniacal peut avoir pour origine : la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...) (Rodier et al, 2009).

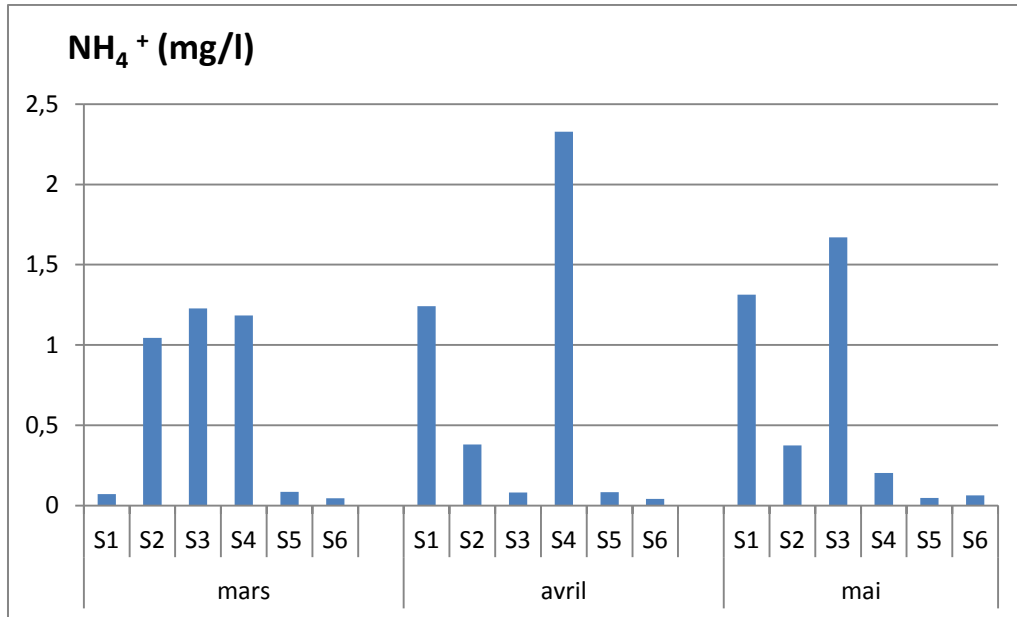


Figure 15 : Variations mensuelles de l'ammonium.

Les valeurs de NH_4^+ varient entre un minimum de 0.04mg/l dans la station S_6 avec une moyenne de 0.05 mg/l et un maximum de 2.4 mg/l dans la station 4 du mois d'avril avec une moyenne de 1.23 mg/l. Nous avons enregistré également des concentrations importantes dans les stations d'aval ; pollution critique selon la classification de **Nisbet et Verneaux (1970)**. Cependant, les valeurs obtenues pour l'ammonium restent inférieures par rapport à celles mesurées au niveau de cours d'eau (oued Seybouse), ces concentrations sont liées aux apports d'effluents urbains et industriels et du lessivage des terres agricoles. Selon **Cardot (2002)** ; ces variations en concentrations de l'ammonium qui en était enregistrées durant les mois de prélèvement sont le résultat de la transformation rapide en nitrite puis nitrate par oxydation. Tant que des faibles teneurs ont été enregistrés dans les stations de l'amont qui signifie une eau normale à douteuse selon la classification de (**Nisbet et verneaux, 1970**).

➤ Phosphates

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Beaudry et Henry, 1984**) Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie aquatique.

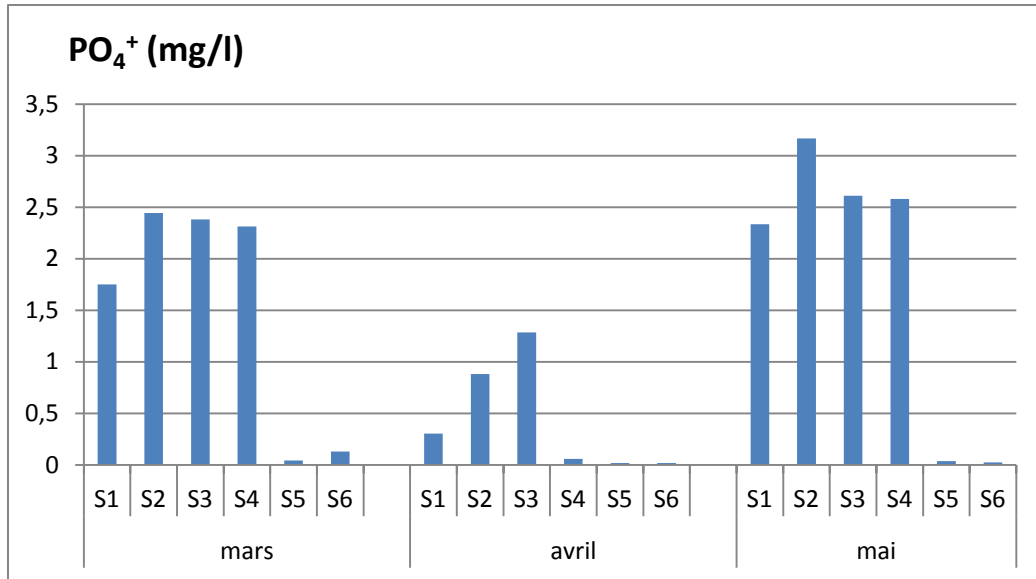


Figure 16 : variations mensuelles des phosphates

Les valeurs obtenues durant nos prélèvements montrent un taux de phosphate avec un maximum de 3.1 mg/l dans la station S₃ avec une moyenne de 2.09mg/l, et un taux bas de 0.01mg/l dans la station S₆ avec une moyenne de 0.05mg/l. Selon la classification de **Nisbet et Verneaux (1970)**, ces eaux appartiennent à la classe 6 ; Eaux notamment polluées ou très eutrophes. Selon **Simoneau (2004)**, les faibles concentrations enregistrées dans les stations S₅ et S₆ sont dues à l'assimilation des végétaux, c'est-à-dire les végétaux utilisent uniquement la forme minérale dissoute. Le phosphore minéral est rapidement assimilé de telle sorte que les concentrations dans les eaux non polluées sont généralement très faibles et sont rapidement recyclés. Ces eaux appartiennent à la classe 2 ; eaux peu productives (**Nisbet et Verneaux, 1970**).

➤ Demande chimique en oxygène(DCO)

Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales donc elle constitue un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (**Devilleers et al, 2005**).

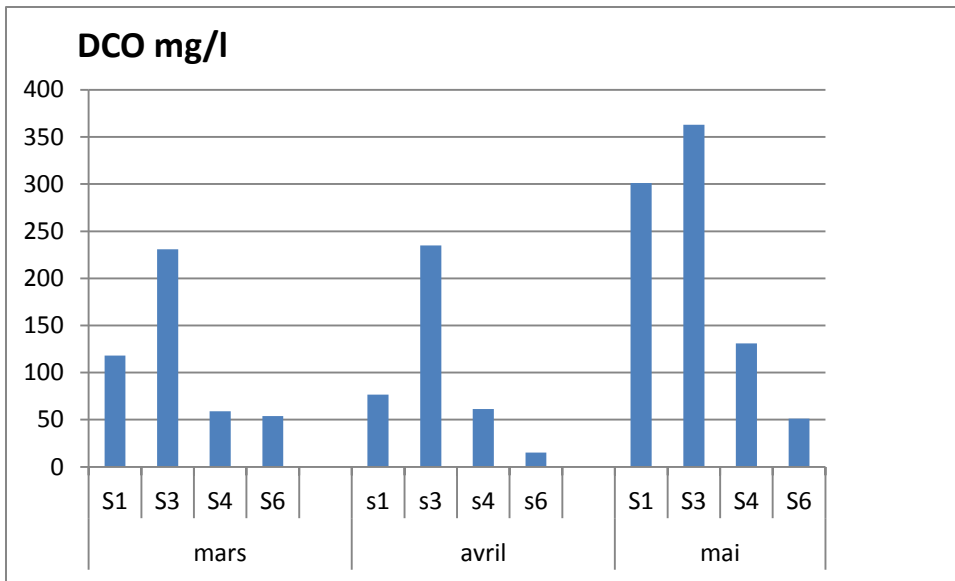


Figure 17: variations mensuelles de la DCO.

D'après la figure ; les valeurs de la DCO varient entre 54 et 231 mg/l dans le mois de mars, 15.5 à 235 mg/l dans le mois d'avril et 51.3 à 363 mg/l dans le mois de mai.

L'augmentation des valeurs au mois de mai est remarquable. La valeur la plus élevée à chaque fois a été enregistré dans la station 3 et la plus basse dans la station 6.

En comparant les moyennes des valeurs de chaque station avec la norme préconisée de la DCO fixée par **JORA (2011)** est 30 mg d'O₂/l, on note que les valeurs dans toutes les stations dépassent la norme. Les valeurs élevées de la DCO signifient l'abondance de l'ensemble des matières minérales et organiques biodégradables ou non qui proviennent des effluents domestiques et industriels. La station 3 présente les grandes charges dont elle constitue l'exutoire des effluents industriels (chimiques) à travers oued Smar dans oued El-Harrach et ce dernier influe sur les stations voisines (S₁, S₄). La valeur au niveau de la station 6 est non négligeable malgré l'absence d'activité industriel donc pas d'important effluent chimique, mais elle peut être due aux effluents urbains ou probablement à une pollution chimique diffuse ou accidentelle.

➤ **Demande biologique en oxygène (DBO₅)**

Elle représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (**Devillers et al, 2005**).

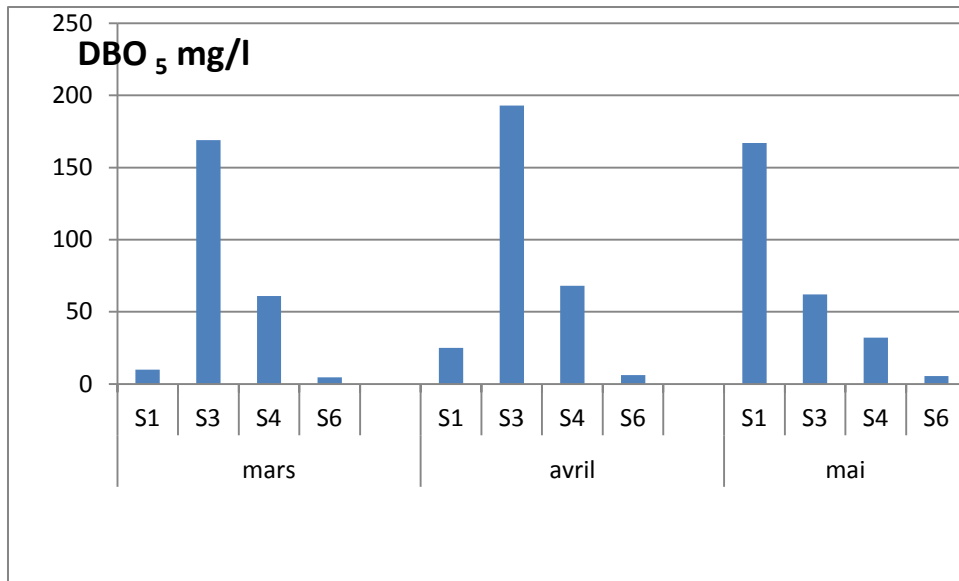


Figure 18: variations mensuelles de la DBO₅

D'après la figure ; les valeurs de la DBO₅ varient entre 4.5 et 169 mg/l dans le mois de mars, 6.2 à 193 mg/l dans le mois d'avril et entre 5.35 à 167 mg/l dans le mois de mai. Dans les deux premiers mois la teneur varie de la même façon tandis que dans le mois de mai, on remarque une augmentation au niveau de la station 1 et chute dans les stations 3 et 4. La teneur dans la station 6 est faible. Les moyennes de la DBO₅ au sein des stations dépassent la norme Algérienne 5mg/l sauf la moyenne au sein de la station 6 qui reste dans la norme. Selon **Nisbet et Verneaux (1970)** ; la situation est douteuse (3-6 mg/l) dans les stations d'amont et anormale (>6 mg/l) dans les stations d'aval.

Les teneurs élevées indiquent l'abondance des matières organiques décomposées par les bactéries qui proviennent essentiellement des rejets domestiques et ménagères dans les stations d'aval (S₁, S₃, S₄) alors que dans la station de l'amont (S₆) les valeurs ne révèlent pas une grande abondance de matière organique biodégradable et par conséquent les rejets domestiques sont moins faibles par rapport à l'aval.

➤ Rapport DCO/DBO₅

On distingue la biodégradabilité de milieu selon les limites suivantes (**Lechevallier, 2017**) :

- DCO/DBO₅ < 2 : l'effluent est facilement biodégradable.
- 2 < DCO/DBO₅ < 4: l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées.
- DCO/DBO₅ > 4 : l'effluent n'est pas biodégradable

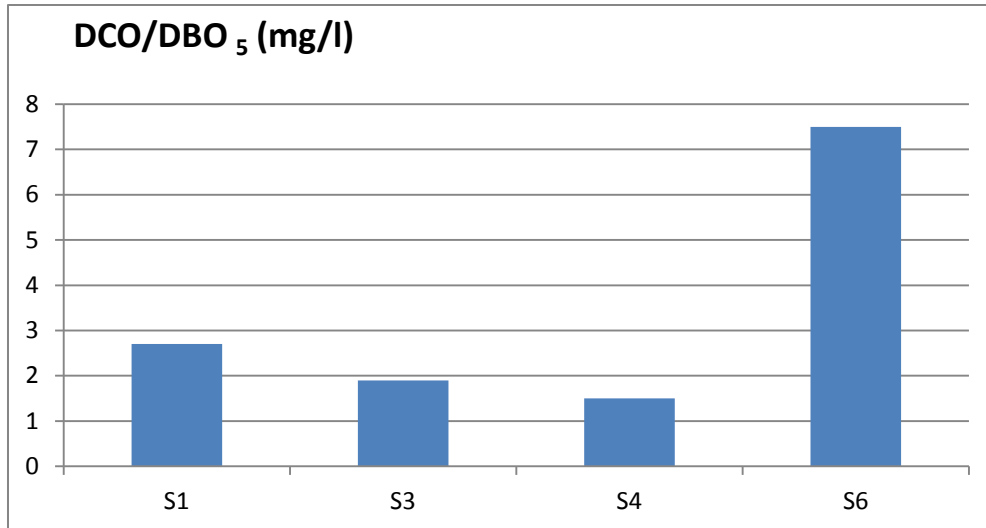


Figure 19: diagramme de rapport entre les moyennes de DCO et DBO₅.

D'après la figure ; le rapport des moyennes varie de 1.5 à 7.5 dont la valeur élevée est enregistrée dans la station 6 (amont).

Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables, le rapport dans les stations 1,3 et 4 est compris entre 1-3 ce qui signifie que les matières polluantes sont facilement biodégradables par contre dans la station 6 le rapport est plus élevé (>3) cela indique la présence de matières difficilement biodégradées ou non dégradables.

Malgré les rejets sont plus abondants dans les stations 1,3 et 4 mais le rapport est inférieur à 3 (matière biodégradables) cependant, la station 6 où les rejets industriels sont peu ou absents mais le rapport révèle la présence de matières difficilement dégradables ou non dégradables dues probablement aux rejets chimiques diffusés ou accidentelles (insecticides ou produits pharmaceutiques issues de l'élevage d'animaux...) pendant la période de l'étude.

III.2. Analyse bactériologiques de l'eau.

Les charges bactériennes obtenues au mois de mars et avril sont supérieures à l'intervalle de dénombrement de colonies pour la plupart des stations (dilutions 10^{-1} à 10^{-3} pour S₁, S₂, S₃, S₄ et 10^{-1} à 10^{-2} pour S₅ et S₆) (voir annexe 5).

Chapitre III : Résultats et discussion

➤ Coliformes totaux

La réalisation des dilutions décimales jusqu'à la dilution 10^{-3} pour les stations d'aval (S_1, S_2, S_3, S_4) et jusqu'à 10^{-2} pour les stations d'amont a donné les résultats suivants :

Tableau 5: nombre de colonies des coliformes totaux au mois de mai.

Stations	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
UFC/100ml	>300000	86000	>300000	>300000	10000	5800

D'après le tableau ci-dessus ; la charge des CT est beaucoup plus élevée au niveau des stations d'aval que celles de l'amont de l'oued El-Harrach. Elle est supérieure à 300000 pour les stations S_1, S_2, S_4 et 86000 UFC/100ml pour S_2 , 10000 UFC/100ml pour S_5 et 5800 UFC/100ml pour S_6 .

Les teneurs en CT au niveau des stations S_1, S_2, S_3, S_4 ; sont supérieures aux normes fixées par (**JORA, 1993**) et (**OMS, 2004**) par contre au niveau de S_5 et S_6 sont inférieures aux normes.

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement (sol, végétation, intestins des mammifères dont l'être humain) par ailleurs L'abondance des CT dans la partie aval par rapport à l'amont est due aux activités anthropiques dont les effluents domestiques et ménagers notant que la région est caractérisée par une forte densité populaire.

➤ Coliformes fécaux

Les mêmes dilutions ont été faites pour la recherche des CF.

Tableau 6 : nombres de colonies des coliformes fécaux au mois de mai

Stations	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
UFC/100ml	>300000	>300000	>30000	>300000	300	29900

D'après le tableau ci-dessus ; la charge microbienne en CF varie de la même façon que celle des CT .elle est supérieure à 300000 UFC/100ml pour les stations S_1, S_3, S_4 >30000 dans S_2 , 300 dans S_5 et 2990 UFC/100ml dans S_6 .

Selon la norme fixée par **JORA(1993)** et **OMS(2004)** 20000 UFC/100ml, les charges obtenues dans les stations d'aval aussi que la station 6 sont supérieures à la norme, contrairement à la station 5 (amont) qui reste inférieure à la norme.

Chapitre III : Résultats et discussion

On note une charge un peu plus élevée dans la station 6 par rapport la station 5, cela peut être du à la densité de la population riveraine dans cette station par rapport à la station 5. Selon **Hébert et Légaré, (2000)** ; les coliformes fécaux présents dans l'eau peuvent provenir de différentes sources:

Rejets des eaux usées municipales, épandage inadéquat de fertilisants de ferme, installations septiques non conformes, systèmes d'entreposage de fumier et de lisier défectueux, ruissellement urbain, raccords inversés.

Se sont des bactéries qui se retrouvent uniquement dans le système digestif des humains et des animaux, Leur présence présente plus de danger que les CT. Les valeurs en amont sont toujours inférieures à la norme selon l'étude de **Abed (2017)** sur la partie amont de l'oued El-Harrach ; qui présentait des charges en CF au mois de janvier et février (inférieur à 2000 UFC/100 ml) et des valeurs élevées au mois d'avril et mai (entre 5000 et 10000) .

➤ *Escherichia Coli*

E. coli est un thermo-tolérant donc on considère que le nombre d'E. coli est le même des CF présentant les caractéristiques biochimiques d'E. Coli.

Tableau 7 : Caractéristiques biochimiques obtenues lors de la recherche d'*E. Coli*

Prélèvement	Stations	Caractères biochimiques						Normes
		Glu	Lac	Sacc	Gaz	H ₂ S	Indole	
Avril	S1	+	+	+	+	-	+	20000 UFC/100ml OMS (2004) JORA(1992)
	S2	+	+	+	+	-	+	
	S3	+	+	+	+	-	+	
	S4	+	+	+	-	-	+	
	S5	+	+	+	-	-	+	
	S6	+	+	+	-	-	+	
Mai	S1	+	+	+	+	-	+	
	S2	+	+	+	+	-	+	
	S3	+	+	+	+	-	+	
	S4	+	+	+	+	-	+	
	S5	+	+	+	+	-	+	
	S6	+	+	+	+	-	-	

Chapitre III : Résultats et discussion

On a repiqué des colonies typiques des coliformes thermo-tolérants, en réalisant une mini galerie afin de rechercher la bactérie *E. coli* qui a les caractères biochimiques suivants :

Glucose +	Lactose+	Saccharose+	Gaz+	H ₂ S-	Indole +
-----------	----------	-------------	------	-------------------	----------

Les résultats obtenus indiquent la présence du germe dans les stations d'aval (S₁, S₂, S₃, S₄) dans le prélèvement de mois d'avril alors que dans le mois de mai ; on note la présence d'*E. coli* dans toutes les stations d'aval (S₁, S₂, S₃, S₄) et dans la station d'amont (S₅).

Dans toutes les stations d'aval (S₁, S₂, S₃, S₄) le nombre d'*E. Coli* est supérieur à la norme 20000 UFC/100ml fixée par **JORA(1992)** et **OMS(2004)** cependant dans la station S₅ (amont) est inférieur à la norme. *Escherichia coli* est abondant dans les fèces humaines et animales. On le trouve dans les eaux d'égout, les effluents traités, ainsi que dans toutes les eaux naturelles et dans les sols qui ont subi une contamination fécale récente, qu'elle soit due à l'homme, aux animaux d'élevage ou à la faune sauvage (**OMS, 2000**).

La présence d'*E. Coli* dans les différentes stations de l'oued essentiellement dans la partie aval est un indice de contamination fécale potentiellement dangereux qui provient des rejets domestiques et urbains.

➤ Entérocoques fécaux

Les dilutions qui ont été faites sont pareilles à celles des coliformes.

Tableau 8: nombres de colonie des entérocoques fécaux au mois de mai.

Stations	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
UFC/100ml	104000	6000	65000	22000	140	400

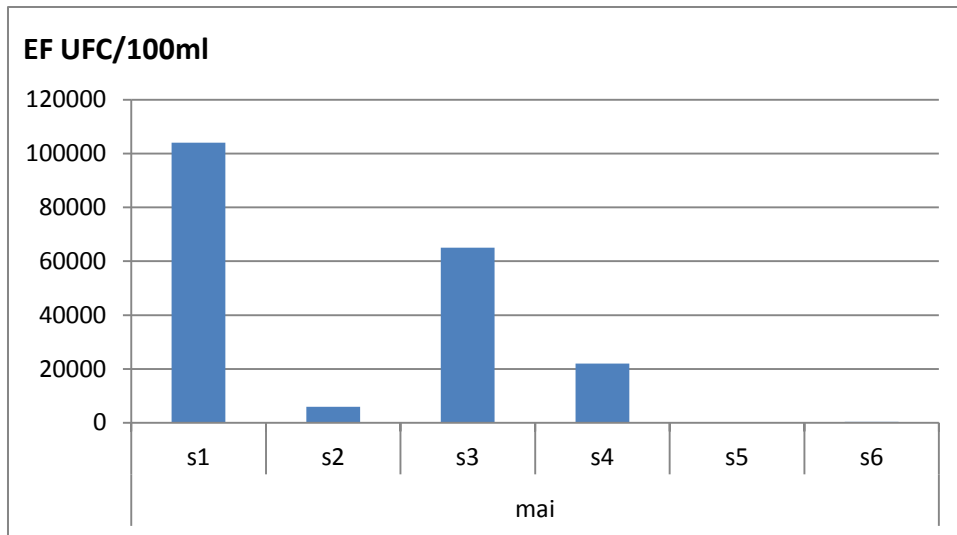


Figure 20 : diagramme des Entérocoques fécaux.

Les teneurs en EF sont moins élevées par rapport aux coliformes, elles varient entre 104000 et 140 UFC/100ml, la teneur la plus élevée a été enregistrée dans la station 1 par ailleurs les charges sont plus élevées dans les stations d'aval par rapport à celles de l'amont.

Les teneurs enregistrées sont supérieures à la norme fixée par **JORA (1993)** et **OMS(2004)** 10000 UFC/100ml, sauf la station S₂ et les stations de l'amont S₅ et S₆.

Les EF sont des bactéries qui se retrouvent aussi dans le système digestif des humains et des animaux. Leur présence dans l'eau de l'oued suggère une contamination d'origine fécale qui provient de fumier, effluent d'égouts et autres. La persistance des entérocoques dans l'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateur, notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (**Chevalier, 2002**) sont donc des bactéries pathogènes présentent une certaine dangerosité sur la faune aquatique et la population riveraine ainsi sur la baignade puisque le cours d'eau déverse dans la baie d'Alger.

Salmonelles :

Selon l'**OMS (2004)** et le **JORA(2011)** les Salmonelles doivent être absentes dans les eaux de surface.

Dans toutes les stations, on n'a pas enregistré la présence de salmonelle (bactérie pathogène) par ailleurs la réalisation de la galerie biochimique a aboutit à l'identification de certains germes dans des stations différents (S₁, S₄, S₅).

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau 9: caractéristiques biochimiques des bactéries identifiées

Stations /bactéries		<i>Klebsiella</i> (<i>Raoultella</i>) <i>ornithintilytica</i> (S ₁)	<i>Enterobacter</i> <i>cloacea</i> (S ₄ , S ₅)	<i>Serratia</i> <i>Odorifera</i> (S ₅)
Caractères biochimiques	ONPG	+	+	+
	ADH	+	+	-
	LDC	+	-	+
	ODC	+	+	-
	CIT	+	+	-
	H ₂ S	+	-	-
	URE	+	+	-
	TDA	-	-	-
	IND	+	+	+
	VP	-	-	-
	GEL	-	-	+
	GLU	+	-	+
	MAN	+	+	+
	INO	+	+	-
	SOR	+	+	+
	RHA	+	+	+
	SAC	+	+	+
	MEL	+	+	+
	AMY	+	+	+
ARA	+	+	+	

Les bactéries identifiées sont des entérobactéries qui une famille hétérogène et des pathogènes opportunistes (Piseth et al, 2015; Guérin, 2015 ;Horinouchi, 2010) cependant, leur localisation préférentielle au niveau du système digestif - certains faisant d'ailleurs partie de la flore normale - bien qu'ils soient également présents dans l'environnement. Ce sont donc une source de contamination fécale d'origine humaine ou animal potentiellement dangereuse sur la qualité de l'eau, la faune aquatique (poisson) ainsi la santé public (baignade).

III.3. Analyse des métaux dans les sédiments.

Les résultats obtenus révèlent la présence du Pb, Cu, Ni, et Cd dans tous les échantillons des sédiments analysés. L'ordre d'abondance des éléments est le suivant : Pb > Ni > Cu > Cd. Les résultats sont représentés dans le tableau 8, par contre nous avons enregistré l'absence d'Hg.

Tableau 10: les ETM trouvés dans le sédiment d'oued El-Harrach

ETM	CONCENTRATION EN mg/kg				SEQ Eau (2003)
	S1	S3	S4	MOYENNE	
Cadmium (Cd)	1.3	1.6	1.6	1,5 ± 0,17	1
Cuivre (Cu)	9.2	10.4	10.9	10,16 ± 0,87	31
Nickel (Ni)	24.2	16.7	20.8	21,9 ± 3,76	22
Plomb (Pb)	50.5	31.5	29.4	37,13 ± 11,62	35
	CONCENTRATION EN µg/kg				
MERCURE (Hg)	<20	<20	<20	<20	200

➤ Cuivre:

Les teneurs en Cuivre sont relativement faibles présentant des valeurs proches (dans la même gamme) entre les trois stations de prélèvements. La teneur moyenne en Cu pour l'ensemble des stations d'oued El-Harrach est de l'ordre de 10mg/kg .Elle reste inférieure à la norme 31 mg/kg (**SEQ, 2003**), Néanmoins les concentrations déterminées révèlent un niveau de contamination qui n'est pas à négliger. Les concentrations déterminées dans toutes les stations suggèrent un apport anthropique en Cu.

➤ Cadmium :

Les teneurs en Cadmium sont relativement élevées présentant des valeurs proches (dans la même gamme) entre les trois stations de prélèvements. La valeur la plus élevée est de 1.6 mg/kg enregistrée dans S₃ et S₄, La teneur moyenne en Cd pour l'ensemble des stations d'oued El-Harrach est de l'ordre de 1.5mg/Kg. La comparaison rapide de nos résultats

Chapitre III : Résultats et discussion

obtenus par rapport aux valeurs recommandées (SQE ,2003), nous permet de constater que toutes les teneurs, sont supérieures à la valeur estimée ; 1 mg/kg. En fait, **Wang et al, (2006)** affirment que les teneurs élevées en cadmium dans les sols et les sédiments ne pourraient être dues qu'aux activités humaines. Ainsi, de telles teneurs en Cd estimées élevées pourrait avoir comme source importante de contamination, des tonnes d'engrais phosphatés riches en Cd.

➤ Nikel

Les sédiments prélevés d'oueds El-Harrach ont aussi présenté des teneurs en Nickel dont la valeur la plus élevée est de 24.2 mg/kg dans la station 1, la teneur moyenne est de 21.9 mg/kg. La teneur en Nickel dans le sédiment de la station 1 dépasse la teneur considérée comme naturelle qui est de 22 mg/kg (SEQ, 2003). Un tel résultat pourrait être du aux activités industriels et peut aussi être la présence du Ni dans les eaux de ruissellement des routes.

➤ Plomb

Pour ce qui est du plomb, les sédiments d'oued El-Harrach présentent une concentration en Pb très importante par rapport à celles révélées pour d'autres éléments, la variation des concentrations dans une station à autre est observée. Elles sont maximales au niveau de la station S₁ de l'ordre de 50.5mg/kg. La concentration moyenne en Pb pour l'ensemble des stations d'oued El-Harrach est de 37.13 mg/kg. Si nous confrontons nos résultats aux valeurs naturelles préconisées par SEQ, nous constatons que les sédiments d'oued El-Harrach, sont qualifiés comme étant chargés en Pb. Cette teneur pourrait être due aux rejets importants de la ville d'Alger au nombre d'habitants et aux activités industrielles et agricoles.

➤ Mercure

Contrairement à ces éléments, nous avons enregistré une absence de mercure (Hg) avec des valeurs inférieures à 20µg/kg. sur la base de seuils réglementaires proposé par SQG, traduit une situation normal par rapport au mercure.

- ❖ Les valeurs obtenues dans la présente étude restent comparables à celle rapportées par **Yoshida et al (2005)** au niveau de oued El-Harrach concernant les teneurs en Cd, mais inférieurs par rapport aux autres éléments pour les deux cours d'eau cités.
- ❖ D'une manière générale, nous pouvons considérer les teneurs des sédiments d'oued El-Harrach en ETM analysés comme moyennes à élevées. En effet, ces teneurs témoignent

Chapitre III : Résultats et discussion

d'un état anormal où les teneurs sont supérieures aux teneurs naturelles et recommandées par SEQ-Eau. Ce qui traduit donc un enrichissement métallique considérable permettant un risque de toxicité chronique pour la vie aquatique (faune et flore), tout en affectant le pouvoir reproducteur des espèces vivantes ce qui peut engendrer une diminution de leur diversité et leur durée de vie (**Praveena et al, 2008**).

III.4. Classification des eaux de l'oued El-Harrach selon SQE (2003).

Tableau 11 : Grille de classification des eaux d'oued El-Harrach (SEQ-Eau) (MEDD, 2003).

Paramètres /qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Température °C	<20 (18.1 °C)	20-21.5	21.5-25	25-28	>28
pH	<8	8-8.5 (8.2)	8.5-9	9-9.5	>9.5
MES mg/l	<25	25-50 (27.9- amont)	50-100	100-150 (144.7- aval)	>150
Conductivité Min µs/cm Max	180 2500(685- amont)	120 3000	60 3500	0 4000	>4000 (9805.3- aval)
DBO5 mg/l	<3	3-6(5.35- amont)	6-10	10-25	>25 (84.8 - aval)
DCO mg/l	<20	20-30	30-40	40-80(40.2 - amont)	>80(175.1- aval)
NKJ mg/l N	1	1-2	2-4	4-6	>6 (27.2)
NO2- mg/l	<0.03(0.008 - amont)	0.03-03 (0.21 – aval)	0.3-0.5	0.5-1	>1
PO4-3 mg/l	<0.1 (0.08- amont)	0.1-0.5	0.5-1	1-2 (1.76- aval)	>2

Chapitre III : Résultats et discussion

Mercuré mg/kg	0.02	0.2	1		
Cadmium mg/kg	0.01	1	5 (1.5)		
Cuivre mg/kg	3.1	31 (10.2)	140		
Plomb mg/kg	3.5	35	120 (37.1)		
Nickel mg/kg	2.2	22	48(24.2 dans la station1		
Coliformes totaux UFC/100ml	<50	50-500	500-5000	5000-50000 (7.9×10^3) amont	>50000 (2.5×10^5 -aval)
Coliformes fécaux UFC/100ml	<20	20-200	200-2000	2000- 20000(1.5×10^4 amont)	>20000 (2.3×10^5 -aval)
Entérocoques fécaux UFC/100ml	>20	20-200	200- 1000(2.7×10^2 - amont)	1000-10000	>10000 (4.8×10^4 -aval)

(Les valeurs entre parenthèses indiquent les moyennes)

III.5. Etude statistique :

➤ Analyse ACP :

L'analyse des composantes principales de l'étude a été effectuée pour l'ensemble des 3 mois (mars, avril, mai) pour les six stations,

Statistiques descriptives (Données quantitatives) :

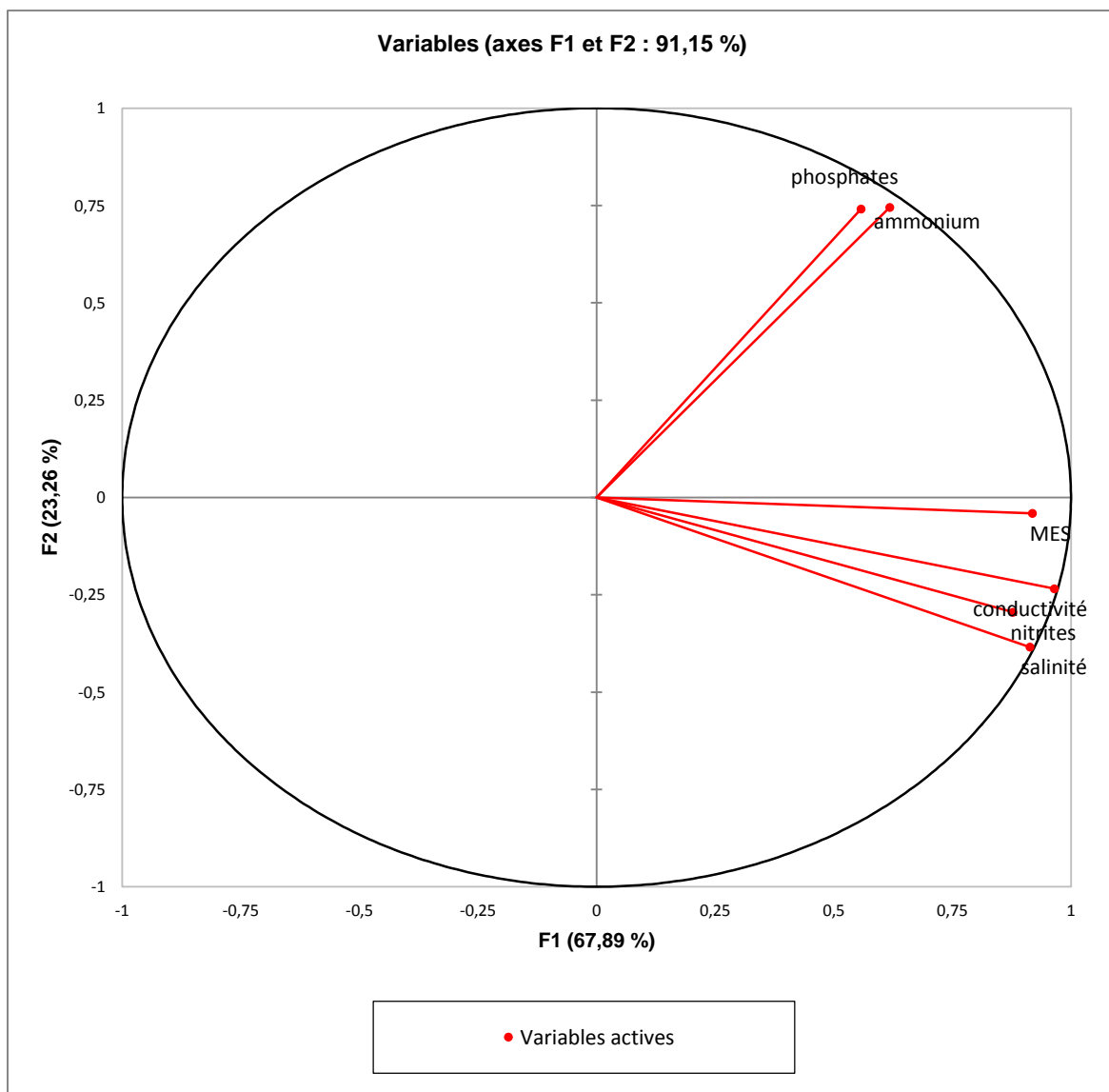
Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Nitrites	6	0,005	0,479	0,125	0,178
Phosphates	6	0,005	2,164	1,189	0,978
Ammonium	6	0,050	1,238	0,638	0,492
MES	6	46,667	181,000	106,033	62,742
Salinité	6	0,200	14,133	3,844	5,771
conductivité	6	0,891	23,583	7,993	9,063

Analyse en Composantes Principales

Valeurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	4,074	1,395	0,500	0,030	0,001
Variabilité (%)	67,892	23,255	8,335	0,501	0,017
% cumulé	67,892	91,147	99,483	99,983	100,000

- L'analyse de l'ACP s'est faite en fonction de F1 ; F2, car elles ont les plus grandes



valeurs de variabilités (F1, F2 91,15%).

Figure 21 : ACP des caractéristiques physico-chimiques, éléments minéraux majeurs et des

Chapitre III : Résultats et discussion

paramètres de pollution organique dans l'eau. Cercle de corrélations et projection des variables

Le plan principal Axes (1-2) qui va servir pour les projections résume 91,15 % de l'information (figure 21).

Interprétation du cercle des corrélations

L'axe principal (horizontale) représente F1 avec 67,89% de l'information, alors que l'axe secondaire (Verticale) représente F2 avec 23,26% de l'information. Les vecteurs rouges sont les variables étudiées (les composantes de notre étude).

L'ACP résume sur les premiers axes 91,15% de l'information totale. La première composante contribuant pour F1 : 67,89% est corrélée positivement aux teneurs de la conductivité, salinité, nitrites et MES.

La deuxième composante contribuant pour F2 : 23,26% est corrélée positivement entre le phosphate et l'ammonium.

Tableau 12 : Cosinus carrés des variables physico-chimiques, éléments minéraux majeurs et des paramètres de pollution organique dans l'eau. Cercle de corrélations et projection des variables.

	F1	F2	F3	F4	F5
Nitrites	0,770	0,087	0,142	0,000	0,000
Phosphates	0,382	0,555	0,062	0,001	0,000
Ammonium	0,311	0,549	0,140	0,000	0,000
MES	0,844	0,002	0,153	0,000	0,000
Salinité	0,835	0,148	0,000	0,017	0,000
Conductivité	0,931	0,055	0,002	0,011	0,000

Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand (+).

Schématiquement, nous pouvons considérer que l'ensemble des paramètres mesurés et analysés permettent de définir deux groupes qui se distinguent sur le plan (figure 21). Le premier groupe renferme les stations formé par le pourcentage de conductivité, salinité, nitrites et MES de l'eau qui se projettent du côté positif de l'axe 1. Le second groupe contient les stations formé du côté positif de phosphate et l'ammonium.

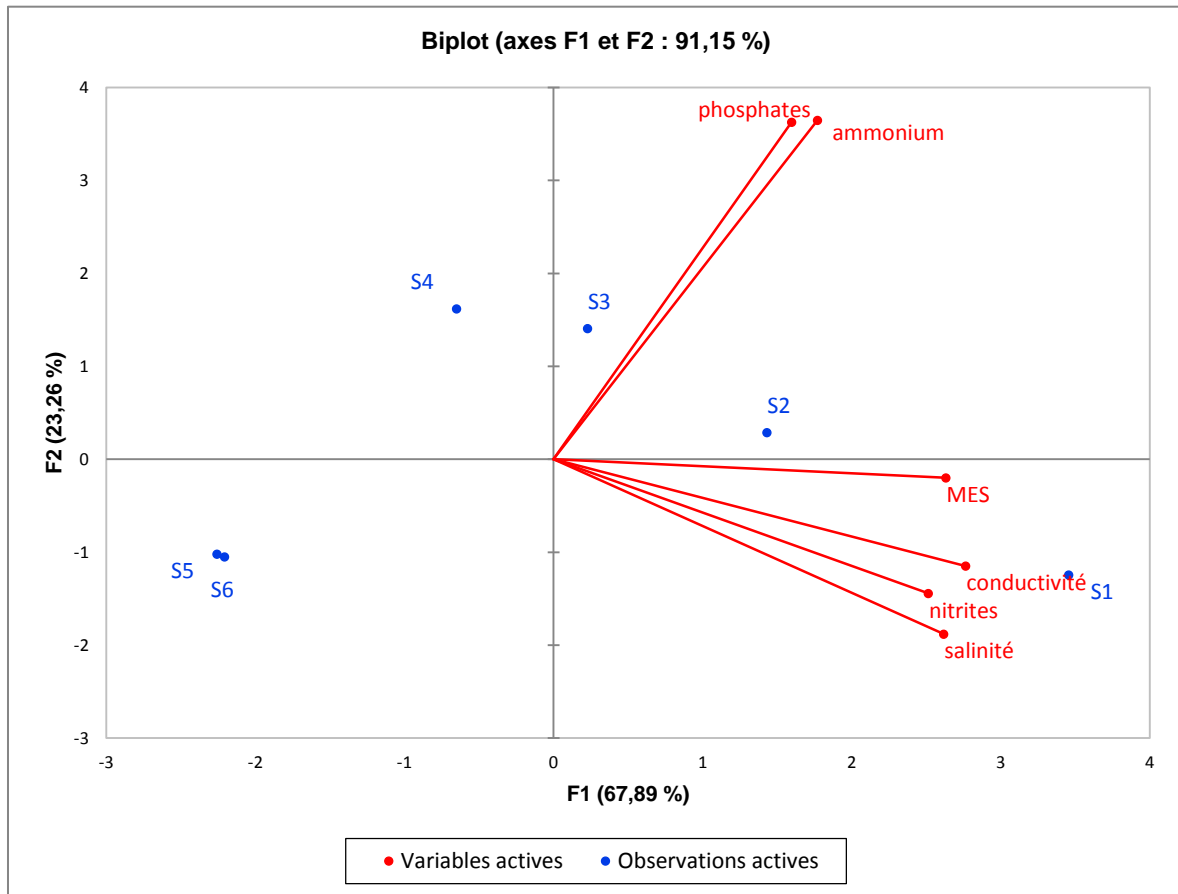


Figure 22: Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2.

Ainsi, la projection des stations d'études pendant 03 mois de prélèvement sur le plan principal (axes 1-2) de l'ACP fait apparaître des ressemblances et des différences entre les paramètres physicochimiques étudiés (Station 1,2,3 groupe 1, station 4,5,6 groupe 2) (figure 22). Cette représentation visualise une structure dominée par un rapprochement des stations les unes aux autres, et le détachement de certaines stations où (S_1) se projette du côté positif présentant par conséquent des valeurs élevées de conductivité, salinité, nitrites et MES de l'eau, la deuxième composante (S_2, S_3) et présente par conséquent une valeur élevée en phosphate et l'ammonium, et les stations qui se détache des stations et forme l'axe du côté négatif. Ces stations (S_4, S_5, S_6), être les stations qui présente apparemment les teneurs les plus basses pour tous les paramètres étudiés.

Ces résultats révèlent une variation de degrés de contamination physico-chimiques entre les stations étudiées où les stations S_1, S_2, S_3 (aval) présentent de fortes contaminations issues des rejets urbains et industriels, essentiellement les rejets entraînés par oued Smar (exutoire des rejets industriels), par contre la station 4 qui se localise avant la confluence des deux oueds (El-Harrach et Smar); présente moins de contamination par rapport aux stations précédentes,

Chapitre III : Résultats et discussion

ce qui affirme l'influence de oued Smar sur la partie aval de l'oued El-Harrach.les station S_5 , S_6 représentent la partie amont de l'oued ;ses résultats affirment que l'état de cette partie est assez bon par rapport la partie aval.

CONCLUSION

La présente étude consiste à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued El-Harrach dans sa partie amont et aval durant une période de trois mois (mars, avril, mai), ainsi que l'évaluation de la contamination métallique dans les sédiments de la partie aval de l'oued. L'ensemble de ce cours d'eau reçoit des rejets de divers origines sans aucun traitement préalable, les rejets sont plus abondants dans l'aval ce qui est révélé par les résultats obtenues, l'embouchure de cet oued en mer constitue un certain danger sur la santé public dont la qualité de poissons et la baignade.

Au terme de ce travail, onze paramètres physico-chimiques ont été déterminés, les résultats révèlent que les valeurs de la température ne dépassent pas 20.4°C, le pH est neutre à alcalin ; varie entre 7.5 à 8.7 et la salinité diminue selon l'éloignement de la mer donc ces paramètres font l'objet des variations saisonnières et géologiques.

Cependant, la conductivité et les matières en suspension ainsi les sels nutritifs ; leurs valeurs sont plus importantes dans l'aval de l'oued par rapport à l'mont, les nitrites varient entre 0 et 0.7 mg/l, l'ammonium varie de 0.04 à 2.4 mg/l et les phosphates de 0.01 à 3.1 mg/l, ces valeurs dépassent les normes et indiquent la mauvaise qualité due aux rejets urbains et industriels au niveau de cette région.

Les résultats de la DCO et DBO₅ sont aussi plus élevés et importants dans les stations d'aval révélant une présence de matières organiques et minérales polluantes issues des effluents domestiques et chimiques, la DCO varie de 15.5 à 235 mg/l et de 5.5 à 193 mg/l pour la DBO₅, dans l'ensemble les valeurs dépassent les normes à l'exception de la DBO₅ de la station 6 , le rapport entre ces deux paramètres démontrent la biodégradabilité de ces matières polluantes dans l'ensemble des stations sauf celle de l'amont(S₆) ce qui n'était pas attendu par rapport au faible activité industrielles dans cette zone .

Concernant la qualité bactériologique des eaux de l'oued, le dénombrement de germes indicateurs de contamination fécale (CT, CF, EF) dépasse largement les normes normales dans les eaux de surface et par conséquent les eaux sont de très mauvaise qualité, par ailleurs on n'a pas enregistré la présence de salmonelle.

CONCLUSION

La recherche des métaux dans les sédiments dans les stations d'aval n'a pas abouti à la présence de mercure par contre on a enregistré des teneurs en Cu, Cd, Pb et Ni dont les teneurs en Cd, Ni et Pb dépassent légèrement les normes. Ces résultats par rapport à une étude préalable qui révélait des taux élevées de métaux aussi que le mercure sont probablement les résultats de travaux de dépollution de l'oued El-Harrach.

Les résultats obtenus indiquent que la qualité physico-chimique pour la plupart des paramètres aussi bien que la qualité bactériologique des eaux de surface ne répondent pas aux critères en vigueur. La classification de cet oued selon le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (2003), a permis de conclure que les eaux de l'oued El-Harrach sont de qualité bonne à moyenne pour la partie amont de l'oued et de mauvaise qualité dans la partie aval .

Au court terme, il faut que les autorités responsables continuent les travaux de dépollution au sein de l'oued El-Harrach, il faut aussi accéder à la gestion et le traitement des rejets industriels et domestiques ainsi mettre fin aux effluents d'égouts des communes. D'autre par la sensibilisation des populations à protéger l'eau contre la pollution est la solution à long terme.

INTRODUCTION

CHAPITRE I
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II

MATEIELS ET METHODES

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION

ANNEXES

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques sont le siège de phénomènes chimiques, physiques et biologiques et apparaissent comme une source limitée et fragile menacée par les atteintes à l'environnement (**Aspe et Point, 1999**).

L'Algérie, est un pays aride à semi-aride, subit des sécheresses et des inondations récurrentes et les besoins en eau doubleront de volume sous la pression de la croissance démographique et l'urbanisation continue. Le pays appréhende déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes dont la pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau (**Aroua et Azzag, 2009**).

Les eaux de surface ont connu ces dernières années une détérioration flagrante, liée principalement à l'activité anthropique qui est devenu intense à cause du développement démographique et industriel, les rejets générés sont de plus en plus variés et chargés dans les milieux aquatiques ce qui constitue un danger croissant pour l'écosystème et menace la santé publique (**Unesco, 2017**).

L'Oued El-Harrach traverse dans sa partie aval la ville d'Alger, cette ville qui présente une énorme population, urbanisme et une industrialisation très importante, par ailleurs la partie amont de l'oued culmine la wilaya de Blida dont la région représente moins de population et d'industrialisation mais il existe une activité touristique due à la présence d'une station thermale au niveau de secteur de Magtaa Lazrag.

Les eaux usées d'Oued el Harrach causent des maladies chroniques (l'asthme) en plus des insectes nuisibles et les odeurs fâcheuses (**Djallal, 2013**). Des études ont montré la présence des teneurs inacceptables en mercure et le chrome, ainsi que la présence d'autres métaux (Cd, Pb, Cu) dans l'eau et sédiments d'Oued El Harrach (**Yoshida et al, 2005**). Ces résultats sont les conséquences d'une absence de traitement des déchets industriels et domestiques.

La biocénose au sein de l'Oued est importante, en distinguant une variété de végétation des rives ainsi qu'une zoo-cénose. En effet, l'accentuation de la pollution peut se répercuter sur la biocénose sachant que l'oued se jette dans la baie d'Alger, ce qui constitue un danger dans la région.

L'objectif de l'étude vise à évaluer les degrés de pollution chimique et biologique au niveau de l'oued à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

INTRODUCTION

Ce travail est organisé sous forme d'une introduction, trois grands chapitres et enfin une conclusion et perspectives :

- Le premier chapitre se compose d'une brève présentation des cours d'eau et la problématique de l'eau en Algérie , la notion de cours d'eau et son intérêt , les sources et types de pollution de l'eau et ainsi les principales caractéristiques physiques et environnementales du réseau hydrographique de l'Oued El-Harrach.
- Le deuxième chapitre décrit les points de prélèvement et résume les principales méthodes analytiques employées pour la caractérisation des eaux de l'Oued El-Harrach.
- Le troisième chapitre présente les résultats organisés sous forme de tableaux et graphes. Il présente aussi la discussion et l'interprétation de ces résultats et l'étude statistique.

- **A.N.R.H., 2017** : agence national des ressources hydrogéologiques. Données hydrologiques.
- **Abed, 2017**. Evaluation de la qualité de l'eau du réseau Hydrographique de l'Oued El Harrach (partie amont), MASTER en GENIE DES PROCEDES.
- **Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau « AGIRE »** agence de bassin hydrographique Chellif-Zahrez.
- **Alloway . et Ayres , 1997**. Chemical principals of environmental pollution. Chapman et Hall Eds., 395 p.
- **Aminot . et Chaussepied. (1983)** : Manuels d'analyses chimiques en milieu marin p : 993.
- **Anctil , 2017** .l'eau et ses enjeux.2 édition page 9,192,193.
- **Aranguren , 2008**. Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique.Doctorat de l'université de Toulouse.
- **Arfi , 1991-** Qualité des eaux : hydrologie, matériel particulier et plancton. Ed.A.F.N.O.R Tome 3, 6eme Edition, 635 p.
- **Aroua, Pr Berezowska, 2009**. Contribution à l'étude de la vulnérabilité urbaine au risque d'inondation dans un contexte de changement climatique.Cas de la Vallée de Oued El Harrach à Alger.
- **Aspec et Point ,1999-**l'eau en représentation, gestion de la qualité des milieux aquatiques et représentation sociale Ed.Masson et C.101p.
- **Assaad ,2014**. Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux.
- **Aziz, Qaouiyid, Hourri, Saad, et Fadli, 2016**. Les Teneurs Métalliques Et Paramètres Physico-chimiques De L'eau Et Du.
- **Baok, 2007**. pollution des eaux de riviere et impact sur les populations riveraines: cas de la rivière mgoua dans la zone industrielle de douala-bassa (cameroun).
- **Beaty, et Kerber , 1993**. Concept, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry .Second edition, the Perkin-Elmer Corporation (1993).
- **Belghiti , Chahlaoui , Bengoumi . (2013)**. Caractéristiques physico-chimique des eaux de certains puits utilisés comme source d'eau potable en milieu rural dans la région de Meknès (Maroc), Larhyss Journal.ISSN 1112-3680, n°14, Juin, 21-36.

- **Bennasser . (1997).** Diagnose de l'état de l'environnement dans la plaine du Gharb: suivi de la macro-pollution et ses incidences sur la qualité hydrochimique et biologique du bas Sebou. Thèse de doctorat d'état Es Science, Univ. Ibn Tofail; Kenitra, Maroc, 157p.
- **Berrahal, et Merouane, 2004** - L'étude du risque d'inondation de l'Oued El
- **Bicocchi ,Mathieu ,karen ,2009.**les polluants et les techniques d'épuration des fumées .2eme édition p 72.
- **Bogardi , et Lossen , 1974** - Assainissement de la région d'oued El-Harrach.
- **Bontoux , 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.
- **Bostelmann, (2004):** Ökologische Funktionen kleiner Fließgewässer im Wald und ihre Bedeutung. In: Fließgewässer im Wald. FVA, Freiburg im Breisgau, 2004, 7-29. La traduction en français est parue sur <http://www.foretinfor.net>, 12.11.2008.
- **Bouchelouche , 2010** - Bioaccumulation des Métaux lourdes par les Macro-invertébrés d'oued El-Harrach. Mem. Magist., USTHB (Alger), 125 p.
- **Boudjadja, Messahel, and Pauc.** "Ressources hydriques en Algérie du Nord." *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science* 16.3 (2003): 285-304.
- **Bousseboua , (2005)** : Eléments de microbiologie. 2ème édition, Campus-Club, Algérie.
- **Boutayeb, Bouzidi et Fekhaoui, 2012.** Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia – Ouardigha (Maroc)
- **Bruno, Aout 2017.** Avocat au Barreau de Paris.
- **Calamari et Naeve, 1994.** revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture(FAO).p42.
- **Cardot , 2002** - Les traitements de l'eau : procédé physico-chimique et biologiques, cours et problèmes résolus, Génie de l'environnement. Edit. Ellipses. Technosup.306p.
- **Chabour, Mebrouk, Moulay ,Kirsty ,Brighid, British Geological Survey, Imogen Bellwood-Howard, Traduit par Ahmed Zeggan.2018.** Hydrologie d'Algérie.
- **Chaden ,2014** .évaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la riviere du litani, liban : approche hydrogéochimique.
- **Chevalier et les membres du Groupe scientifique** sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec. INSPQ.2002.
- **Copin-Montégut , 1996** - Chimie de l'eau de mer. Institut océanographique, Paris. P43

- **Corriveau ,2009.** Étude des concentrations toxiques de nitrite dans les cours d'eau d'un bassin versant agricole. Thèse de doctorat en Sciences de l'eau. Université du Québec.p 5,9.
- **Cosson, 1987.** Influence des pratiques agricoles sur la contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds : approche éco toxicologique. Thèse de doctorat es Sciences naturelles. Université de Paris Sud. Centre d'Orsay. 275p
- **D.E.M.R.H., 1974** - Projet de barrage de Rocher des Pigeons. Service Hydrologie.
- **D.H.W.A** : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Alger - Quelques données Hydrologique du bassin versant d'oued El-Harrach.
- **Davis, (1984).** Statistics and data analysis in geology. 2e édition, Wiley, New-york, Etats-unis, 550 p.
- **Devillers , Squilbin, Yourassowsky .2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Bruxelles.
- **Dejoux, 1988.** La pollution des eaux continentales africaines : expériences acquises, situation actuelle et perspectives. Paris : ORSTOM.
- **Denis et manon (2013):** Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologiques de l'eau en lac p: 20.
- **Derwich , Beziane , Benaabidate , Belghyti . (2008).** Evaluation dela qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc , Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°07, Juin , 59-77.
- **Di Giulio, Angelone, 2012.** Office fédéral de l'environnement (OFEV). Allemand Traduction et suivi linguistique Aude Thalmann, Anne-Catherine Trabichet.
- **Djallal Mezrag, 2013.** Contribution à L'étude D'impact d'Aménagement d'Oued El
- édition, 1365 p : 08 - 101-112.
- **EL blidi , Fekhaoui , EL Abidi , Idrissi , Benazzou .(2006).** Contamination des rizières de la plaine du Gharb (Maroc) par des métaux traces. Vecteur environnement, janvier, 46–53.
- **EL Morhit , Fekhaoui , Serghini , EL Blidi , EL Abidi , Bennaakam , Yahyaoui , Jbilou . (2008).** Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, N° 30, 39-47
Étude n° 36, Alger, 53 p.

- **Fakhaoui, (1990).** Recherches hydro-biologiques sur la moyen Sebou soumis aux rejets de la ville de Fès : suivi d'une macro-pollution et évaluation des indices sur les composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème, Thèse d'état, 173 p.
- **Fawzi, 2002.-** Peuplement diatomique du réseau hydrographique de l'Oued Mellah : Composition, structure, autoécologie et indices de qualité. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Ben M'Sik.
- **Fustec, Lefevre et coll, 2000,** Fonctions et valeurs des zones humides, éditions DUNOB.
- **Génin, Chauvin et Ménard.2003.** cours d'eau et indice biologique 2ème édition .p17-19.
- **Gilbin, 2001.** Caractérisation de l'exposition des écosystèmes aquatiques à des produits phytosanitaires: spéciation, biodisponibilité et toxicité. Exemple du cuivre dans les eaux de ruissellement de parcelles viticoles (Roujan, Hérault, France).Diss.Université Montpellier L'university of Geneva.
- **Guérin, 2015.** Infections à *Enterobacter cloacae* complex : résistance aux antibiotiques et traitement.2015. Service de microbiologie, CHU Côte-de-Nacre, avenue Côte-de-Nacre, 14033 Caen cedex 9, France.
- **Guettaf, Maoui and Ihdene.** "Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria)." *Applied Water Science* 7.1 (2017): 295-307.
Harrach à Alger (Traitements des Eaux Usées). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene Département de la Géographie et de l'Aménagement de Territoire Laboratoire de l'Aménagement de Territoire
Harrach. MémIng. USTHB. 123 p.
- **Hébert et Légaré, 2000** Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec. Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau.
- **Horinouchi, Sueharu, Tsukasa, 2010 .in** Comprehensive Natural Products II.
- **ISO 6340: 1995.**Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement de Salmonella.
- **Jadal, EL Ayouchi, Bennasser, (2002).** Qualité des eaux de l'estuaire de l'oued Om Rbiâ (Maroc) et influence de la dynamique marégraphique. L'eau, l'industrie, les nuisances, 256, 59–66.
- **Jawetz, Melnick, Adelberg, (1973) .**Microbiologie médicale .Paris .p : 254.
- **JORA, (1993) :** Journal Officielle de la République Algérienne, Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

- **JORA, 2011.** journal officiel de la republique algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et decrets arretes, decisions, avis, communications et annonces.
- **Kelly et Green, 1997** - Dissolved oxygen and temperature. Natural Resources.
- **Khelil, 2015.**"Changements climatiques et ressources en eau en Algérie Vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation." LARHYSS Journal ISSN 1112-3680 21 (2015): 15-23.) L'hydrologie. Consortium Kittelberger-inco, vol.1, 87p.
- **Lamrani, Chahlaoui, EL Addouli, Ennabili, (2011).** Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'oued Boufekrane au voisinage des effluents de la ville de Meknès (Maroc). ScienceLib Éditions Mersenne : Volume 3, N° 111112. ISSN 2111-4706.
- **Lechevallier, 2017** – Responsable technique du pôle Eaux (Auréa AgroSciences).France, DCO, DBO : les MO de l'eau.
- **Legiot , LE mao , Conventant et Penot. (1993).** Recherche des salmonelles dans les mollusques bivalves marins par conductance-métrie. direction de l'environnement et de l'aménagement journal : 6.
- **Leroy, 1999.** *La pollution des eaux. 4^e édition.* Paris : Presses Universitaires de France.
- **Leveque, 1996** : écosystème aquatique, les fondamentaux : édition hachette, paris.
- **Leyral, Ronnefoy, Guillet, (2002)** : Microbiologie et qualité des Industries agroalimentaire, Paris, p : 245.
- **Mebarkia, et al. 2017.**"Assessing of water pollution of ain zada dam by nutrients (north-east of algeria)." *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 9.3 (2017: 1358-1377.)
- **Mimeche, 2014** - Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (*Pisces : Cyprinidae*) dans le barrage d'EL K'sob (M'Sila).Thèse Doct.Sci., Ecol. Nat. Sup. Agron., Alger, 117 p.
- **Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 2012.** Direction de développement durable, planification et évaluation des impacts Directives techniques de la modification des cours d'eau et des terres humides Janvier, p8.
- **Morsi ,2016.** Thèse de doctorat ; Ecologie du barbeau de l'Algérie, *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (*Cyprinidae*) dans Oued El-Harrach et de ses affluents (nord de l'Algérie).
- **Namane ,2009.**suivie des irrigations dans une exploitation agricole de la Mitidja ouest commune de Mouzaia .

- **Nisbet et Verneaux, 1970.**composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classe n t a n t q u e b a s e s d'interprétation d e s a n a l y s e s c h i m i q u e s, p 161,190.
- **NF EN ISO 9308-1** (T 90-414), Septembre 2000. Qualité de l'eau. Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes. Partie 1 : Méthode par filtration sur membrane.
- **OECD, 2007** .examens environnementaux de L'OECD. Denmark p.62.
- **OECD, 2008.**Organisation de coopération et de développement économiques .Perspectives de l'environnement de l'OECD à l'horizon 2030 page 306.
- **Olivier, 2015.** Pham Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). UNIVERSITÉ DE Sherbrooke 3, 4,5.
- **OMS, 2000.** Organisation mondiale de la Santé Genève, qualité pour l'eau de boisson, 2ème édition ; Volume 2 Critères d'hygiène et documentation à l'appui.
- **OMS, (2004)** : Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et Documentation à l'appui. Genève, p : 1050
- **Onu, 1984.** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 1984. Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens Rapport sur le nickel et les poissons d'eau douce.D. Calamari (Italie) - Convocateur R. Lloyd (Royaume-Uni) J.F. de L.G. Solbé (Royaume-Uni).
- **Ophrys, 2001** et Tauw Environnement : Guide méthodologique de la caractérisation des sédiments, projet de curage et surveillance des sédiments. Version 1.410pp.
- **Oubraim . (2002).** Qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau du réseau hydrographique de la Meseta Occidentale Marocaine : Cas de l'Oued Mellah. Thèse de doctorat d'état. Faculté des Sciences Ben M'Sik.
- **Owa, 2014.** "Water pollution: sources, effects, control and management." International Letters of Natural Sciences 3.
- **Parinet, Alhot, Legubem et Gborgue 2000-**Étude analytique et statistique d'un écosystème lacustre soumis à divers processus d'Eutrophisation. Rev.Sc.de l'eau. Vol. 1313 : 237 - 267
- **Philippe, Clause et Paul** , renaturation des berges de cours d'eau et la phytoremédiation .2013 .p 60

- **Philippe, 2011** Contribution à la modélisation du transfert des nitrates au travers de la zone non saturée à l'échelle régionale : application au bassin de la Seine.thèse de doctorat. L'École nationale supérieure des mines de Paris.
- **Philippeau, (1986)**. Comment interpréter les résultants d'une analyse en composantes principales. Institut Techniques des Céréales et Fourrages,Paris, 63 p
- **Piesse, 1862**. Le tell et le sahara .paris p.XXXVIII.
- **Piscart, 2004**. Rôle de la salinité dans la dynamique et la régulation de la biodiversité des communautés de macro-invertébrés dulçaquicoles. thèse de doctorat université de Metz.p2-4.
- **Piseth, Boushab, Raoult, Stein, 2015**. RÔLE ÉMERGENT DE RAOULTELLA ORNITHINOLYTICA DANS LES INFECTIONS HUMAINES, Service des Maladies Infectieuses, Hôpital de la Conception; URMITE, CNRS UMR 6236, Faculté de Médecine, 27 Bd Jean Moulin, 13385 Marseille Cedex 05, France .
- **Praveena , Radojevic , Abdullah et Aris, 2008**. Application of sediment quality guidelines in the assessment of Mangrove surface sediment in Mengkabong Lagoon, Sabah Malaysia. Iran J. Environ. Health.Svi. Eng., VOL. 5, n°1. 35-42pp.
- **Ramade, 2005**. Elément d'écologie, Ecologie appliquée. Nouvelle édition, Paris Rapport sur les enquêtes menées et les résultats obtenus dans le domaine de
- **Rimini 2005** : problématique de l'eau en Algérie .collection hydraulique et transport solide.
- **Rodier, 1996**-l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, L'eau de mer : Chimie, physico-chimie, Bactériologie. Éd. Dunod, 1383 p.
- **Rodier, Bazin, Broutin, Champsaur et Rodi, 2005**. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 8ème Ed. DUNOD. Paris, 1383 pp.
- **Rodier, Legube, Merlet et coll ,2009**.l'analyse de l'eau. 9ème édition .p 727, 754,768, 799.
- **Rodier, 1984** : Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7^{ème}
- **Sacchi et Testard, 1971** - Ecologie animale : Organismes et milieu. Ed. Doin ,480 p
- **Sarah, 2009** .essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale (maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale) FACULTÉ DES SCIENCES UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE. Les écosystèmes riverains, les bandes riveraines et les corridors écologiques : regard sur la capacité des bandes riveraines définies selon la Politique de

protection des rives, du littoral et des plaines inondables du Québec de maintenir la fonction de corridor écologique. Canada.

- **SEQ-EAU ,2003. (MEDD)**Ministère de l'écologie et de développement durable et agence de l'eau SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU DES COURS D'EAU GRILLES D'EVALUATION **SEQ-EAU** (VERSION 2),France .
- **Serpaud, et al.** "Adsorption des métaux lourds (Cu, Zn, Cd et Pb) par les sédiments superficiels d'un cours d'eau: rôle du pH, de la température et de la composition du sédiment." *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science* 7.4 (1994): 343-365.
- **Servais, 2004.** Tamara Garcia Armisen, Philippe Mercier, 2004 .programme Interdisciplinaire de recherche sur l'environnement de la Seine.
- **Simoneau, 2004** - Qualités des eaux du lac Menphrémagog, 1996-2003- Québec, Ministère de l'environnement, direction, suivie de l'état de l'environnement, environ **doc N° : ENV/2004-2005. Rapport N° QE/P.149.17p.**
- **Tardat, Beaudry, (1992)** : Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du griffon d'Argile, p : 213-215.
- **Tardat, (1984)** : Chimie des eaux, éd. "le Griffon d'argile Inc.", 1ère éd. Revue et corrigée, bibliot. Nat. du Québec, Canada, p : 340.
- **Unesco, 2017** .Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- **Varian, 1994:** Instrument at Work, Vapor Generation Accessory VGA-77.
- **Vencent et Teillet, 2007** géographie de l'Algérie à l'usage des cours d'eaux élémentaires, moyens et superieurs. Édition Heilnz frères Oran.

- **Wang et Quin , 2006.**Spatial distribution of metals in urban toposoils of Xuzhou (China) : controlling factors and environmental implications. *Environ. Geol.*,49 : 905-914.
- **Yoshid ,*, Moali **, Houas **, Lakhdari **, Nechaoui **, Guerrida**, Chatal **, Oussalem **,Makour, Khelifi *** and Laleg ,2005.** Environmental Pollution in Oued El Harrach area, Alger -A Preliminary Report on Mercury and Heavy Metals Contaminations. Compte-Rendu du Séminaire sur « Pollution et Protection de l'Environnement en Algérie », Alger, 5 et 6 avril 2005, Pages 19-37. © 2005, ONEDD et JICA.
- **Zaimeche, 2015.** Contribution à l'étude de l'action d'agents polluants sur les végétaux bio-indicateurs. thèse de doctorat.

Annexe 1 : photos du materiel



Ensemble de filtration « MES »



pH mètre



DBO mètre



multi-paramètre



Figure : Rampe de filtration



filtre 0,45 µm

« Dénombrement de bactéries »



Milieux de culture



Galerie biochimique Api 20E

échantillons de sédiments préparés pour la digestion



Accessoire du mercure VGA-77



Spectromètre d'absorption atomique(SAA)

Annexe 2: Méthodes d'analyses des paramètres physico-chimiques

MESURE DES MATIERES EN SUSPENSION

Mode opératoire :

- Préparation des filtres, filtration, séchage et pesée dans des filtres :
- Placer chaque filtres sur les boites de pétri et laver abandonment toute sa surface à l'eau distillée.
- Placer les boites de pétri à l'étuve à 105C° pendant 1 heure ;
- Laisser refroidir, et peser chaque filtre avant la filtration dans sa boite à l'abri de la poussière
- Le volume à filtrer ; doit être supérieur à 100ml
- Placer un filtre t le centrer dans le dispositif de filtration
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide sans créer de pression supérieur à 2/3Bar, puis filtrer progressivement tout le volume mesuré ;
- Mettre les boites de pétri contenants les filtres à l'étuve à 105C° pendant 1 heure
- Laisser refroidir n'en sortir les filtres que juste avant la pesée.(**Rodier, 1996**)

ANALYSE DE PHOSPHORE

Tableau 11: mode opératoire de dosage de phosphore

Mode opératoire	Solutions	Réactifs nécessaire	Préparation	Remarques
Préparer le mélange réactif ; préparer des échantillons de 100ml ; ajouter 10 +0.5 de mélange et homogénéiser aussitôt ; attendre 5 min et mesuré l'absorbance à 885 nm en cuve de 10 cm de trajet optique par rapport à l'eau distillée $\mu\text{mol/l} \times 0.095 \text{ mg/l PO}_4\text{-3}$ ef $\times 0.031 \text{ p\AA} \text{ PO}_4\text{-3}$.	Réactif 1 : Solution de molybdate d'ammonium	Paramolybdate d'ammonium	On dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium ($\text{NH}_4 \text{ 6MO-O24 , 4 H}_2\text{O}$) de préférence en poudre fine, dans 500 ml d'eau distillée ou déminéralisée	En flacon de plastique et à l'abri de la lumière ; cette solution est stable indéfiniment.
	R 2 : 2.5 mol/l (H_2SO_4) Acide sulfurique	Acide sulfurique densité= 1.84	Ajouter petit à petit, avec précaution ,140 ml d'acide sulfurique (densité =1.84) dans 900 ml d'eau distillée Laisser refroidir.	Conserver en bouteille de verre bien bouchée.
	R3:solution d'acide ascorbique	Acide ascorbique	Dissoudre 54 g d'acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) dans 500ml d'eau distillée en flacon de plastique,	Cette solution se conserve plusieurs mois au congélateur dégeler juste avant utilisation.
	R4:solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine	D'oxytatrate de potassium et d'antimoine	Dissoudre 0.34g d'oxytartrate de potassium et d'antimoine dans 250ml d'eau distillée en chauffant si nécessaire.	Cette solution conserve plusieurs moi au réfrigérateur.

ANALYSE D'AZOTE AMMONIACAL

Tableau 12 : mode opératoire de dosage de l'azote total

Mode opératoire	Solutions	Réactifs nécessaire	Préparation	Remarques
<p>Prendre 100+ -5ml d'échantillon ,ajouter 3.0 ml du réactif 1,boucher et agiter pour bien homogénéiser ,ajouter sans attendre 3.0 ml du réactif 2 ,boucher et agiter ,placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6à8 h ou mieux pendant une nuit à température ambiante . Mesuré l'absorbance à 630, nm,par rapport à l'eau distillée ,en cuves de 10 cm de trajet optique.</p>	<p>Réactif1 :(1 litre) solution de Phénol-Nitroprussiate de sodium</p>	<p>-eau distillée -35g de phénol -400mg Nitroprussiate de sodium</p>	<p>Dissoudre les deux réactifs dans 1000 ml d'eau et la conservé au réfrigérateur à l'abri de la lumière, et laisser stabilisé pendant quelques semaines.</p>	<p>Il doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.</p>
	<p>R 2 :(1litre) Solution d'alcaline d'hypochlorite</p>	<p>-280g de citratetrisodique(NA3C6H5O7) -22g de soude -solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1.4g de chlore soit 44ml d'une solution à 10 degrés de chlore.</p>	<p>On dissoudre les réactifs 1.2 dans 800 ml d'eau distillée et on ajoute un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1.4g de CL. OU C3-CL2KH3O3 Dichlorisocyanurate de potassium.</p>	<p>Ce réactif se conserve au froid pendant 1à2 mois.</p>
	<p><u>Etalon primaire :</u> <u>d'ammonium</u> <u>(1litre)</u> <u>10µmol/1ml</u></p>	<p>-sulfate d'ammonium (NH4)2 SO4 0.66g</p>	<p>Sécher pendant 1h à 110c° et dissoudre dans 1000ml d'eau distillée 10µmol(NH4+)/1ml</p>	<p>Cette solution est stable indéfiniment au réfrigérateur</p>
	<p><u>Etalon secondaire :d'ammonium</u> <u>(1litre)</u> <u>0.5µmol/1ml</u></p>	<p>Etalon 1(NH4)2 SO4 -chloroforme 1ml</p>	<p>Diluer 20 fois la solution Etalon 1 avec l'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme .</p>	<p>Pour plus de sécurité, la préparer juste avant usage.</p>
<p><u>Courbe d'étalonnage :</u> préparer l'étalon secondaire ,introduire dans des fioles jaugées de 500ml 0.5-1-2-5-10-20ml ... etc, de la solution étalon secondaire et compléter à 500ml avec de l'eau d'échantillon pour obtenir la gamme de concentration : 0.5-1-2.5-5-10-20µmol/l.et on ajoute les réactifs 1 et 2 (3ml ;3ml) Faire des mesures d'absorbance (même méthode pour l'azote ammoniacal), retrancher la valeur d'absorbance obtenue avec l'eau d'échantillon non dopé et tracer la courbe d'étalonnage (1mg/l NH3 ,4=0.014µmol/l, pour NH3 multiplier par 0.017 et 0.018 pour NH4+.</p>				

ANALYSE DE NITRITE

Tableau 13 : mode opératoire de dosage de nitrite

Mode opératoire	Solutions	Réactifs nécessaire	Préparation	Remarques
Prendre 50+ - 1ml d'échantillon, ajouter 1.0ml du réactif 1 et mélanger .laisser reposer 2 à 8 min ajouter 1.0 ml du réactif 2 et mélanger l'absorbance à 543 nm, par rapport à l'eau distillée, en cuves de 10 cm de trajet optique.	Réactif1 :(500ml) solution de sulfanilamide	5g de sulfanilamide 50ml d'acide chlorhydrique concentré d=1.18	Dissoudre 50ml d'acide chlorhydrique concentré dans environ 300ml d'eau distillée et dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 ml	Cette solution est stable indéfiniment
	R 2 :(500ml) Solution de N-Naphtyléthylène diamine	0.5g de dichlorhydrate de N-Naphtyléthylène- diamine	On dissoudre 0.5g dans 500ml d'eau distillée.	Conserver cette solution au froid à l'abri de la lumière et la renouveler tous les mois ou qu'il s'y développe une coloration brune.
	<u>Etalon primaire</u> (1litre)5µmol/1 ml	Nitrite de sodium anhydre de pureté garantie.	Sécher à 110c°pendant plusieurs h et dissoudre 0.345g dans 1 d'eau distillée compléter à 1000ml et ajouter 1ml de chloroformes 5µmol/1ml	Conserver au froid et à l'abri de la lumière.
	<u>Etalon secondaire :</u> (1litre) 0.05µmol/1ml	Etalon primaire	Diluer100 fois la solution Etalon 1 avec l'eau distillée 0.05µmol/1ml	Stable pendant 1 à 2 mois.
<p><u>Courbe d'étalonnage</u> : préparer l'étalon secondaire ,introduire dans des fioles jaugées de 500ml 1-2-5-10-20ml ...etc, de la solution étalon secondaire et compléter à 500ml avec de l'eau d'échantillon pour obtenir la gamme de concentration : 0.1-0.2-0.5-1.0 µmol/l.et on ajoute les réactifs 1 et 2 (1ml ;1ml) Faire des mesures d'absorbance (même méthode pour l'azote nitrique), retrancher la valeur d'absorbance obtenue avec l'eau d' échantillon non dopé et tracer la courbe d'étalonnage (1mg/l NO₂⁻ =0.046µmol/l, et 0.014 µmol/l pour NO₂⁻).</p>				

(Rodier, 1996)

ANALYSE DE L'AZOTE TOTAL

1. Pipeter l'échantillon et ajouter la solution A et une pastille B

Pour LCK338 ; pipeter 0.2 ml d'échantillon dans le tube à essais sec puis ajouter la solution A et une pastille B.

Pour LCK 238 ; pipeter 0.5ml d'échantillon dans le tube à essai sec puis ajouter 2ml de la solution A et une pastille B.

Fermer immédiatement le tube et ne pas mélanger.

2. Chauffer le tube à essais 60 minutes à 100°C.

A l'aide de thermostat Hach LT200.

3. Bien mélanger la cuve à code barre.

Jusqu'à la lyophilisat se soit complètement dissous du Microcap. C

Pour le contrôle interne de la manipulation et du matériel, il suffit de remplacer la prise d'essais par la solution standard de l'étalon LCA 708 pour LCK 338 et LCA 700 pour LCK 238 et suivre les mêmes étapes indiquées dans le logigramme de LCK 338 et LCK 238.

(Manuel d'utilisation de réactif au niveau de laboratoire SEAAL)

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO) PAR METHODE KIT HACH LCK 114/314

Si l'échantillon doit être conservé avant l'analyse, ajouter 10ml d'acide sulfurique dans 1 litre d'échantillon .le conserve entre C° et 5C°

1. prendre une cuve de gamme indiquée et bien l'agiter :

L'agitation de la cuve est obligatoire afin de mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve DCO.

2. chauffer le tube pendant 2h à 148C° :

Le chauffage de la cuve à 148C° pendant 2 heures dans le thermostat LT200 est une étape essentielle, afin de permettre aux substances oxydables de réagir avec le bichromate de potassium sulfurique en présence du catalyseur le sulfate d'argent.

3. Nettoyer la cuve puis l'insérer dans l'emplacement approprié :

Sélectionnez le mode a code barre sur le menu principal sur l'écran digital du DR2800/DR3800 la valeur de la DCO s'affichera en mgO₂/l qui est la concentration en masse d'oxygène consommée par la matière organique présente dans l'échantillon. Les résultats d'analyses sont enregistrés dans le cahier de poste puis sous trame informatique. Pour le contrôle interne de la manipulation et du matériel il suffit de remplacer la prise d'essai par la solution standard de l'étalon LCA703 pour LCK114 et le LCA704 pour LCK314, suivre les mêmes étapes indiquées dans le logigramme.

(ISO 6060 :1989)

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE (DBO₅) : PAR DBO METRE.

Réactifs :

L'hydroxyde de lithium (LIOH) : base très forte, toxique corrosive, il absorbe le CO₂ dégagé lors de la dégradation de la matière organique par les micro-organismes.

Il est utilisé à raison de 0.4g pour chaque cupule.

Etalons : Solution composée de 150mg/l de glucose et de 150mg/l d'acide glutamique, ou ampoule Voluette étalon DBO (réf .n°14861-10 Hach).

Tampon nutritif (réf.1486198Hach)

Un prélèvement d'eau usée urbaine (environ 500 ml)

Appareillage :

DBO mètre BOD Trak (Hach) avec 6 flacons pour DBO contenant chacun un barreau magnétique et une cupule Incubateur

Matériel courant de laboratoire : entonnoir, éprouvette, etc.

Application :

- A l'aide d'une éprouvette, verser le volume approprié d'échantillon (voir sélection du volume 6.5.1) dans le flacon de l'appareil BODTrak contenant un agitateur magnétique.
- Appliquer de la graisse pour robinet sur bord de chaque flacon et sur la lèvre de la cupule (pour assurer l'étanchéité).
- Placer la cupule contenant environ 0.4 g d'hydroxyde de lithium dans le goulot de chaque flacon.
- Placer les flacons sur l'appareil BODTrak.
- Raccorder le tuyau approprié à chaque flacon et d=serrer soigneusement le bouchon

- Chaque tuyau est étiqueté avec le n° de voie qui correspond à celui du panneau de commande
- Placer l'appareil BODTrak dans l'incubateur réglé à 20C°
- Mettre en marche l'appareil
- Vérifier que les barreaux d'agitation sont en mouvement
- Pour démarrer l'essai, presser le n° de voie du flacon (1à 6)
- Presser la touche ON pour sélectionner la gamme de mesure
- Les touches < et > servent à diminuer ou à augmenter la gamme
- Presser et maintenir la touche ON pour démarrer l'essai
- Lire les résultats de la DBO directement à l'affichage de l'appareil BODTrak en pressant le n° de voie correspondant à chaque échantillon

Calcul :

- Les résultats de DBO sont lus directement à l'affichage de l'appareil BODTrak en pressant le numéro de voie correspondant à chaque échantillon.
- Pour l'étalon de DBO le résultat est exprimé de manière suivante :

$$\text{DBO de l'échantillon} = \text{DBO lue} - (\% \text{semence} \times \text{DBO semence}) / \text{Fraction décimale d'échantillon}$$
 Soit : $\text{DBO lue} - (10\% \times \text{DBO semence}) / 90\%$
 La DBO de la solution étalon doit être de 198 +- 30.5 mg/l

Si ce n'est pas le cas, recommander l'opération et vérifier l'appareil (étalonnage).

Notice de l'appareil BODTrAK (HACH)(labo SEAAL)

Annexe 3: protocole expérimentale de la digestion

Instruments	Verrerie	Autres	Poids de l'échantillon	Réactif
<ul style="list-style-type: none">• Une étuve• Des godets en téflon fermés hermétiquement• Balance analytique	<ul style="list-style-type: none">• Quatre fioles de 100 ml• Quatre entonnoirs• Deux béchers de 100 ml	<ul style="list-style-type: none">• Une capsule en porcelaine• Un mortier• Une spatule• Papier filtre• Micropipette• Embouts de 5 ml	1 g	10 ml d'eau régale (mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique)

➤ Minéralisation du sédiment

Préparation du blanc :

Un blanc d'analyse est préparé en mettant 10 ml d'eau régale dans un godet en téflon.

➤ Stockage des échantillons minéralisés et le blanc :

Les fioles sont ensuite conservées dans un réfrigérateur à 4°C pour éviter toute perte et contamination jusqu'au moment d'analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique.

➤ Filtration des échantillons minéralisés :

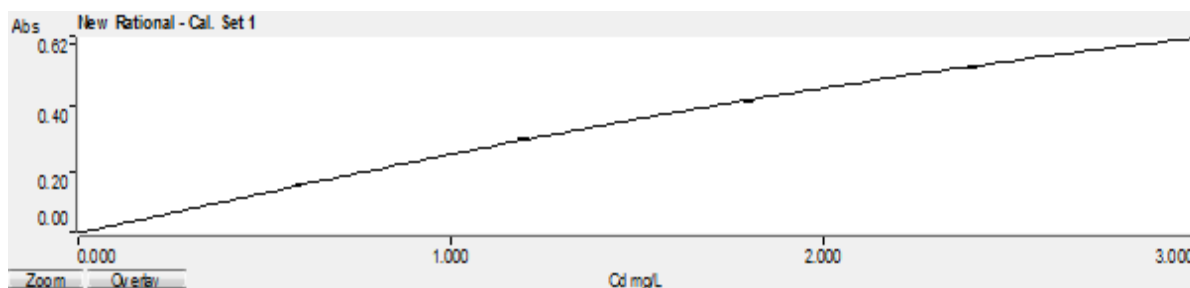


Annexe 4 : courbes d'étalonnages d'éléments métalliques analysés.

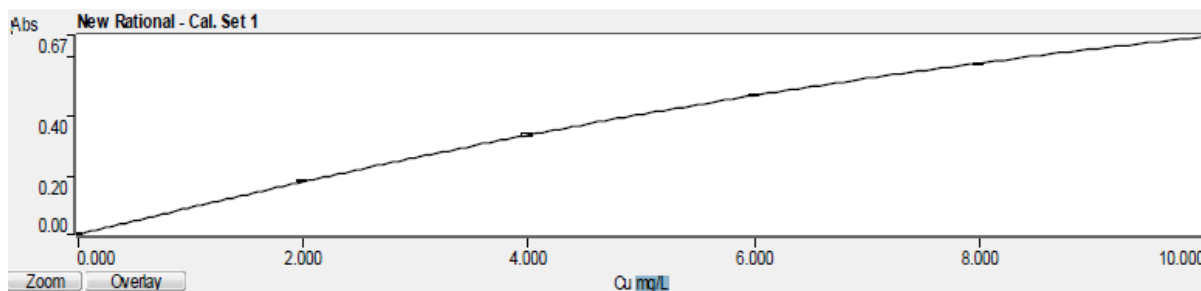
➤ Méthode : Cu, Cd, Ni, Pb (Flamme)

Instrument:

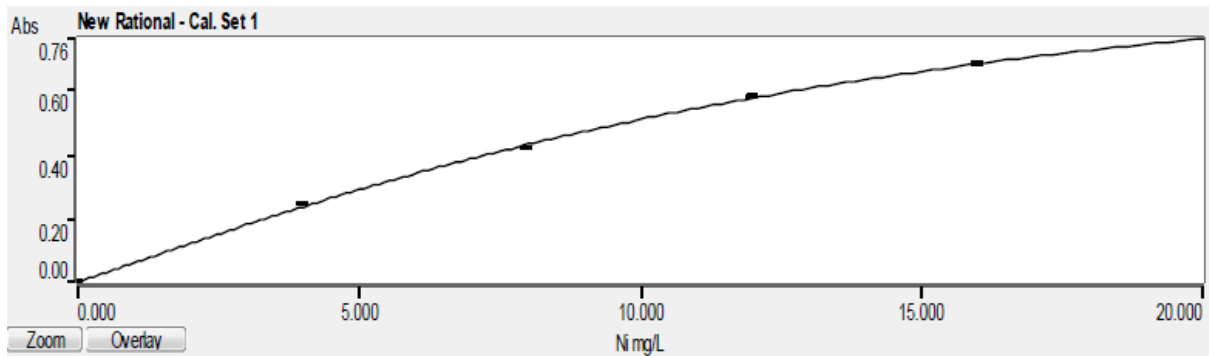
Agilent AA 240 FS spectromètre d'absorption atomique dédié Flamme Air-acétylène, à correction Deutérium transversale.



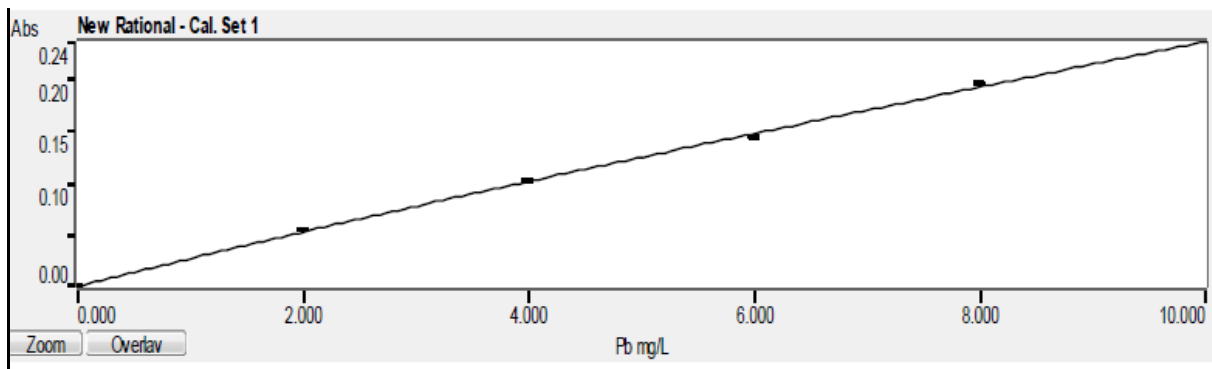
Courbe d'étalonnage du Cadmium (Cd)
'Echantillon de sédiment'



Courbe d'étalonnage du Cuivre (Cu)
'Echantillon de sédiment'



**Courbe d'étalonnage du Cadmium (Ni)
'Echantillon de sédiment'**

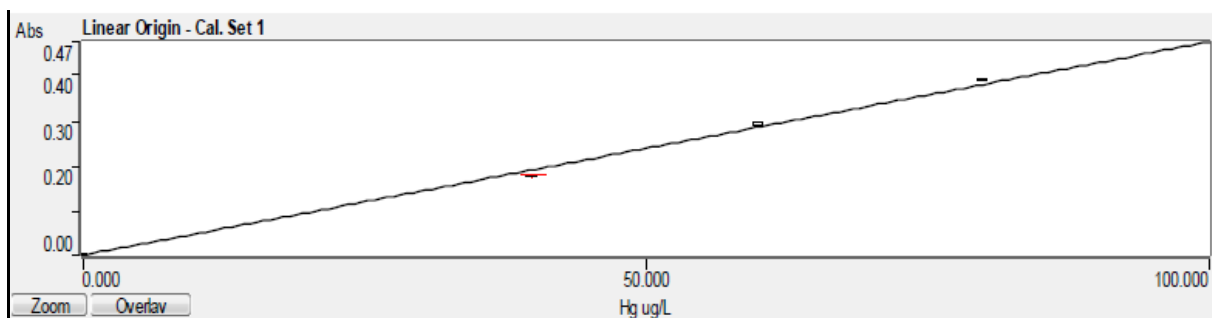


**Courbe d'étalonnage du Cadmium (Pb)
'Echantillon de sédiment'**

➤ **Méthode : Hg (Vapeur) (VGA)**

Instrument:

Agilent AA 240 FS spectromètre d'absorption atomique à correction Deutérium, dédié Accessoire de Génération de Vapeur Froide (VGA77).



**Courbe d'étalonnage du Cadmium (Hg)
'Echantillon de sédiment'**

Annexes 5 : résultats brutes d'analyses bactériologiques.

Tableau 14 : résultats brutes d'analyses bactériologiques.

Paramètres /mois		Mars	Avril	Mai	Normes
Coliformes Totaux	S1	>3000	>30000	>300000	50000 UFC/100ml OMS (2004) JORA(1992)
	S2	>3000	>30000	86000	
	S3	>3000	>30000	>300000	
	S4	>3000	>30000	>300000	
	S5	>300	>3000	10000	
	S6	>300	>3000	5800	
Coliformes Fécaux	S1	>3000	>30000	>300000	20000 UFC/100ml OMS (2004) JORA(1992)
	S2	>3000	>30000	>30000	
	S3	>3000	>30000	>300000	
	S4	>3000	>30000	>300000	
	S5	>300	370	300	
	S6	>300	900	2990	
Entérocoques Fécaux	S1	>300	1400	104000	10000 UFC/100ml OMS (2004) JORA(1992)
	S2	>300	>3000	6000	
	S3	>300	>3000	65000	
	S4	>300	1370	22000	
	S5	230	103	140	
	S6	240	136	400	