

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université Med-Seddik Benyahia-Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية



Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme **MASTER Académique**

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Etude physico-chimique et microbiologique des eaux de l'Oued
Amsal (Ziama Mansouriah)**

Devant le jury composé de :

President: Mr KRIKA A.

Examinatrice : Mme AMIRA W.

Encadreur : Mme BENFRIDJA L.

Présenté par :

ALIA Asma

MEKIDECHE Manar

Session : Juin 2018

Numéro d'ordre :

laboratoire d'écotoxicologie d'Université Med-Seddik Benyahia-Jijel et l'ADE de Jijel.

Dédicace

A ma très chère mère, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon très cher papa, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi

*A mon petit frère **M. Idris***

*A ma sœurlette **Meriem** et mon frère **Mizo**, merci pour tout*

A mes cousins et mes cousines

*A tous mes amis surtout **Amine***

*A mon binôme **Asma** et sa famille*

A tous mes enseignants

Je dédie ce mémoire

*A toute la promotion de l'écosystème aquatique **Meriem, Hanane, Mehdi, Sofiane.***

Nouna

Dédicace

Si Dieu a mis le paradis sous les pieds des mères, ce n'est pas pour rien.
A la mémoire de mes parents Qui sont toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A Ma chère grand-mère paternelle

Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

*A ma sœur **Ryma** Merci pour m'avoir toujours supporté dans mes décisions. Merci pour tout votre amour et votre confiance, pour m'avoir aidé à ranger mon éternel désordre et pour votre énorme support pendant la rédaction de mon mémoire*

*Mes cher frères **Mouh** et **Houssam***

Ambitieux comme vous êtes, je vous souhaite beaucoup de succès et de bonheur pour couronner vous courage et vos sacrifices

Puisse Dieu vous accorder la bonne chance et la réussite dans votre vie J'espère que nous resterons toujours aussi unis

*Mon cher mari **Ramzi***

Pour tout l'encouragement, le respect et l'amour que tu m'as offert, Je te dédis ce travail, qui n'aurait pas pu être achevé sans ton éternel soutien et optimisme.

Tu es un modèle d'honnêteté, de loyauté et de force de caractère.

J'espère te combler et te rendre toujours heureux.

Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

À ma famille avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions.

À mes chers amis, je cite en particulier

***Manar, Meriem, Mimi, Hanan, Hamza, Mehdi, Sofian** et sans oublier bien sur mon cher ami **Ishak**, votre encouragement et votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours .*

Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous

Merci pour votre présence dans ma vie

Sima.A.O

R **EMERCIEMENT**

Je tiens tout d'abord à remercier « Dieu » très clément et sa sainte miséricorde qui nous a donné la force et la patience, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire.

*Je remercie en particulier Madame **Benfridja L** qui a bien voulu assurer notre encadrement et pour ses conseils et ses encouragements qu'il nous a sans cesse prodigué tout au long de ce travail, je tiens à l'exprimer tous nos respects.*

*Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de cette formation en particulier madame **Bencharif N** et madame **Bouraoui**, et nos respects aux membres de jury **Mr. KrikaA** et Madame **Amira W** qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.*

*Mes vifs remerciements et ma reconnaissance à **Mr Mekideche**, Directeur de l'Algérienne des eaux, unité Jijel et Kissir de nous avoir autorisé à réaliser notre travail au sein de son entreprise, ainsi que toute son équipe pour leurs précieuses aides et orientations toute au long de nos activités en particulier **Hanane Hireche**.*

Mes sincères remerciements à mes enseignants et tous les enseignants du Département de biologie pour leurs efforts dans notre formation tout au long du cursus universitaire.

J'exprime ma reconnaissance et ma profonde gratitude à l'égard de ceux qui de près ou de loin m'ont assistée par leurs conseils, leurs encouragements à l'élaboration de cette œuvre.

Enfin, nos remerciements sont adressés à toutes les personnes que nous avons rencontrées à l'occasion de ce travail et qui ont beaucoup apporté au niveau scientifique. A travers ces lignes nous souhaiterons leur exprimer toute notre reconnaissance et nos remerciements pour nous avoir encouragées et aidées pendant ce travail de master

Titres	Pages
Dédicace	/
Remerciement	/
Sommaire	i
Liste des figures	Vii
Liste des photos	ix
Liste des tableaux	x
Liste des abréviations	xi
Introduction	01
<i>Chapitre I : Synthèse bibliographique</i>	
I. Généralités sur l'eau	02
I.1. Définition et intérêt de l'eau	02
I.2. Le cycle de l'eau	02
I.3. Différents états de l'eau	03
I.4. La composition des eaux	03
I.4.1. Composition microbiologique	03
I.4.2. Composition physico-chimique	03
I.5. Propriétés de l'eau	04
I.5.1. Propriétés physiques de l'eau	04
I.5.2. Propriétés électriques de l'eau	04
I.5.3. Propriétés optiques de l'eau	04
I.5.4. Propriétés chimiques de l'eau	04
I.5.5. Propriétés biologiques de l'eau	05
I.6. Les types des eaux douces	05
I.6.1. Les eaux souterraines	05
I.6.2. Les eaux de surface	05
I.7. Répartition de l'eau sur la terre	06
II. Pollution des cours d'eaux	07
II.1. Définition de la pollution	07
II.2. Pollution des eaux	08
II.2.1. Les différentes formes de pollution des hydrosystèmes	08
II.2.2. Type, nature et source de pollution	09

II.2.2.1.Types de pollution	09
II.2.2.1.1. La pollution biologique	09
II.2.2.1.2.La pollution chimique	09
II.2.2.1.3. La pollution physique	10
II.2.2.2. Nature et source de pollution	11
II.2.2.2.1. Pollution domestique	11
II.2.2.2.2. Pollution des effluents urbains	11
II.2.2.2.3. Pollution industrielle	12
II.2.2.2.4. Pollution agricole	12
II.2.2.2.5. Phénomènes naturels	13
III. Qualité de l'eau	14
III.1. Paramètres de la qualité de l'eau	14
III.1.1. Paramètres organoleptiques	14
III.1.1.1. Couleur	14
III.1.1.2. Odeur	15
III.1.1.3. Goût et saveur	15
III.1.1.4. La turbidité	15
III.1.2. Paramètres physiques	15
III.1.2.1. La température	16
III.1.2.2. Le Potentiel d'hydrogène (pH)	16
III.1.2.3. La conductivité électrique	16
III.1.2.4. Minéralisation globale	17
III.1.2.5. La dureté	17
III.1.3. Paramètres chimiques	17
III.1.3.1. Les chlorures	17
III.1.3.2. Les phosphates	18
III.1.3.3. Les nitrates	18
III.1.3.4. Les Nitrites	18
III.1.3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO)	19
III.1.3.6. La demande chimique en oxygène (DCO)	19
III.1.4. Métaux lourds	20
III.1.4.1. Le Cadmium	20

III.1.4.2. Le Cuivre	20
III.1.4.3. Le Zinc	21
III.1.5. Paramètres microbiologiques	21
III.1.5.1. Les germes totaux	21
III.1.5.2. Les Coliformes totaux	21
III.1.5.3. Les Coliformes fécaux (Escherichia coli)	22
III.1.5.4. Les Streptocoques fécaux	23
III.1.5.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs	23
IV. Normes et classes de la qualité de l'eau superficielles	23
Chapitre II : matériel et méthodes	
I.1. Cadre d'étude	24
I.2. Données générales	25
I.2.1. Cadre géographique et administratif	25
I.3. Le cadre physique	27
I.3.1. Cadre local	27
I.4. Géologie	27
I.5. Climatologie	28
I.5.1. Température de l'air	29
I.5.2. Humidité de l'air	30
I.5.3. La pluviométrie	30
I.5.3.1. Répartition de la pluie moyenne mensuelle	30
I.6. Présentation de la zone d'étude	31
I.6.1. Choix et localisation des stations de prélèvement	31
II. Analyse de l'eau	33
II.1. Prélèvement des échantillons et conservation	35
II.2. Méthodes d'analyses	36
II.2.1. Matériels utilisés	36
II.3. Paramètres organoleptiques	36
II.3.1. Test de la couleur	36
II.3.2. Test de l'odeur et de la saveur	36
II.3.3. Mesure de la turbidité	37
II.4. Analyses physicochimiques	37
II.4.1. Paramètres physiques	37

II.4.1.1. La mesure de pH, température, conductivité	37
II.4.2. Paramètres chimiques	38
II.4.2.1. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)	38
II.4.2.2. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	38
II.4.2.3. Demande chimique en oxygène	38
II.4.2.4. Demande biochimique en oxygène	39
II.4.2.5. Dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible	39
II.4.2.6. Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium)	39
II.4.2.7. Dosage des phosphates par spectrophotomètre UV visible	39
II.4.2.8. Dosage de sulfate par spectrophotomètre UV visible	40
II.4.2.9. Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »	40
II.4.2.10. Dosage d'Ammonium par spectrophotomètre UV visible	40
II.4.2.11. Dosages des métaux lourds (Spectrométrie d'absorption atomique)	40
II.4.3. Méthodes d'analyses bactériologiques	41
II.4.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	42
II.4.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (D)	42
II.4.3.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	43
Chapitre III : résultats et discussions	
I. Paramètres organoleptique	44
I.1. La couleur	44
I.2. L'odeur et la saveur	44
I.3. La turbidité	44
II. Paramètres physiques	45
II.1. La température de l'eau	46
II.2. Potentiel hydrogène (pH)	47
II.3. Conductivité électrique (CE)	48
III. Les éléments minéraux	48
III.1. Alcalinité ou titre alcalimétrique complet (TAC)	49

III.2. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)	49
III.3. Chlorures (Cl ⁻)	50
IV. Paramètres de pollution	51
IV.1. L'Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	52
IV.2. Nitrite (NO ₂ ⁻)	53
IV.3. Nitrate (NO ₃ ⁻)	54
IV.4. Phosphate	55
IV.5. Sulfate	56
IV.6. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	56
IV.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	57
V. Résultats des éléments traces métalliques dans l'eau	58
V.1. Zinc (Zn)	59
V.2. Cadmium (Cd)	60
V.3. Cuivre (Cu)	60
VI. Analyse en composantes principales (ACP)	61
VI.1. Analyse en composante principale	62
VI.2. Corrélation entre les paramètres physiques, éléments minéraux et les paramètres de pollution dans l'eau	64
VII. Analyses microbiologiques	65
VII.1. Coliformes totaux	65
VII.2. Escherichia coli	67
VII.3. Streptocoques fécaux (D)	68
VII.4. Clostridium sulfito-réducteurs	70
Conclusion	71
Les références bibliographiques	73
Annexe	
Résumé	/

N de la figure	Titre des figures	Page
1	Schéma général du cycle de l'eau	03
2	La répartition de l'eau sur la terre	06
3	Le ruissèlement urbain	12
4	Coliformes totaux	22
5	Coliformes fécaux	22
6	Localisation satellitaire du bassin versant Et occupation de sol	26
7	Plan communal de la wilaya de Jijel	28
8	Histogramme de Répartition mensuelle de la température.	29
9	Histogramme de Répartition mensuelle de l'humidité de l'air	30
10	Histogramme de répartition mensuelle des pluies moyennes	31
11	les stations de prélèvement	33
12	Méthodologie de travail	34
13	Variation de la turbidité en fonction des stations	45
14	Variation de la température en fonction des stations	46
15	Variation du pH en fonction des stations.	47
16	Variation de la conductivité en fonction des stations.	48
17	Variation du TAC en fonction des stations	49
18	Variation du TH en fonction des stations	49
19	Variation des chlorures en fonction des stations	50

20	Variation de l'ammonium en fonction des stations	52
21	Variation des nitrites en fonction des stations	53
22	Variation des nitrates en fonction des stations	54
23	Variation des phosphates en fonction des stations	55
24	Variation des sulfates en fonction des stations	56
25	La demande chimique en oxygène (DBO)	56
26	Variation de la DCO en fonction des stations	57
27	Variation du zinc en fonction des stations	59
28	Variation du cadmium en fonction des stations	60
29	Variation du cuivre en fonction des stations	60
30	Répartition de l'inertie entre les axes des paramètres physico-chimiques d'eau d'oued Amsal selon le plan F1× F2.	61
31	Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l'axe F1 et l'axe F2	62
32	Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2	63
33	Evolution du nombre de coliformes totaux dans les stations de l'Oued Amsal	67
34	Evolution du nombre de streptocoques fécaux dans les stations de l'Oued Amsal.	69

N de photos	Titre des photos	Page
1	Première station d'oued Amsal	32
2	Lieu de prélèvement	36
3	Multiparamètre	37
4	DCO Thermoréacteur	38
5	Un appareil manométrique pour la mesure de la DBO	39
6	Spectrophotomètre par flamme	41
7	Application des tests microbiologiques	43
8	Formation de la couleur jaune et gaz dans les cloches	67
9	Formation d'anneau rouge et production de gaz dans le tube	68
10	Absence de Clostridium sulfito-réducteurs	70

N de tableau	Titre de tableau	Page
1	La quantité d'eau disponible dans la biosphère	07
2	Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines	10
3	Origines de la pollution	13
4	Classification des eaux selon la conductivité	16
5	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité	17
6	Classe des eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO ₅	19
7	Répartition mensuelle de la température	29
8	Répartition mensuelle de l'humidité de l'air	30
9	Répartition mensuelle des pluies moyennes	31
10	Variations spatiales de la turbidité	44
11	Variations spatiales des paramètres physiques	45
12	Résultats obtenus des éléments minéraux.	48
13	Résultats obtenus des paramètres de pollution.	51
14	Résultats obtenus des éléments traces métalliques.	58
15	Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques des eaux analysées	64
16	Résultats obtenus des coliformes totaux	66
17	Résultats obtenus des streptocoques fécaux	69

Liste des abréviations

ADE : Algériennes des eaux.

AgNO₃: Le nitrate d'argent

BCPL : Bouillon Lactosé au Pouppe de Bromocrésol

CE : Conductivité Electrique

CF : Coliformes Fécaux

CO₂ : Dioxyde de carbone

CT : Coliformes totaux

D/C : Double concentration.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène

DCE : Directive Cadre Européenne sur l'Eau

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DEJ : direction d'environnement Jijel

E.C : Escherichia coli

EDTA : Éthylène Diamine Tétra-Acétique.

EDTA : Acide Éthylène Diamin-tetracétique

ERI : Eaux Résiduaires industrielles

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines

Hcl : Acide chlorhydrique.

IBD : Indice Biologique Diatomique

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé

MEA : masse d'eau artificielle

MEFM: masse d'eau fortement modifiée

MES : Matière En Suspension

MO : Matière Organique

NaOH: hydroxyde de sodium.

Liste des abréviations

NQE : Normes de qualité environnementale

O₂ : Dioxyde d'oxygène.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONEMA : Office National de l'environnement et des milieux aquatiques

pH : Potentiel hydrogène

SEQ-EAU : Système d'évaluation de la qualité des eaux

SF : Streptocoques fécaux

SM : Solution Mère

T : Témoin

UV : ultra-violet

VF : Viande Foie

μS: micro Siemens.

L'eau est depuis la création de l'univers la matière essentielle de la vie sur terre, elle a toujours été la priorité de l'être humain dans sa vie. Au cours de son histoire, l'homme a utilisé cette eau comme source de vie, de développement, et de son confort.

Cependant l'eau douce constitue un élément indispensable pour la vie des hommes, des animaux et des plantes. Ainsi avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisantes contribue au maintien de la santé. L'eau peut aussi être source de maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles, par des excréta et divers déchets organiques (OMS, 2003).

La pollution est l'un des problèmes environnementaux majeur, généré par les émissions industrielles et les déchets urbains dus aux activités humaines, réside dans la contamination du sol, de l'eau et de l'air par une diversité de composants organiques et inorganiques (Adriano, 2001).

En outre, la pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos belles réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne la charge, la distribution et le sort des contaminants, Comme tous les autres pays du monde, les eaux de surface en Algérie n'échappent pas au fléau de la pollution et l'activité anthropique demeure la cause principale de la dégradation de la qualité des eaux de surface (Bendjama et al., 2014).

Pour ce, nous avons été chargé de mener une étude sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux d'oued Amsal, affluent important situé à la région de Ziama-Mansouriah et de déterminer l'origine anthropique ou naturelle de la qualité de ses eaux.

Pour ce, nous avons adopté la démarche suivante :

La première partie est consacrée à une étude bibliographique, subdivisée en deux chapitres. Le premier comporte des généralités sur l'eau et le deuxième présente la pollution des eaux.

La deuxième partie est subdivisée en deux chapitres, le premier porte sur une présentation de la région d'étude, ses caractéristiques naturelles et morphométriques, et aux analyses effectuées. Le deuxième est consacré aux résultats obtenus et à leurs discussions. Ce dernier fera l'objet d'une appréciation des eaux de l'Oued Amsal selon les normes Algériennes de la qualité des eaux de surface.

Nous terminons par une synthèse des différents résultats obtenus sous forme de conclusion et des recommandations utiles pour les travaux futurs.

I. Généralités sur l'eau

1. Définition et intérêt de l'eau

L'eau est une matière très importante pour la survie des êtres vivants. C'est un composé incolore, inodore, insipide et liquide à température ordinaire (Hamoudi, 1999).

Selon Ramade, (1998) l'eau par ces propriétés physiques, constitue un liquide à bien des égards anormal dans le domaine de température qui caractérise la biosphère. Cela résulte de sa structure physique. Cependant L'eau est un corps composé résultant de la combinaison de deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène de formule H_2O . Elle bout à la température de $100^{\circ}C$. 1 cm^3 à $4^{\circ}C$ pèse sensiblement 1g (Haddad et al., 2006).

Le corps humain contient principalement de l'eau puisqu'un adulte sain de 70 Kg présente une proportion de 45 litres. La teneur moyenne en eau décroît au cours de la vie de 97% chez le fœtus de 2 mois, elle tombe à 65% chez l'adulte et à 55% chez le vieillard. Le bilan hydrique quotidien comporte la comparaison entre la perte cutanée, pulmonaire, fécale et les entrées alimentaires. L'eau représente également le constituant le plus abondant dans la plupart de nos aliments à l'état naturel. D'autre part c'est un élément essentiel dans la vie humaine (Guiraud et al., 1986).

2. Le cycle de l'eau

La vapeur de l'eau constitue la forme à partir de laquelle s'effectue le cycle de ce composé. Pourtant, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est dérisoire : si elle était condensée, elle occuperait une hauteur moyenne d'à peine 3 cm à la surface de la terre. Le déplacement d'air chargée de vapeur d'eau assure la distribution des précipitations. Leur refroidissement ramène l'eau à la surface sous la forme de pluie, neige ou grêle. Cependant la majorité des précipitations retombent sur l'océan, seulement 22,8% atteignant la surface des continents qui occupent pourtant 29% de la surface totale de la planète. À la surface des continents, l'eau subit trois phénomènes différents, l'évaporation et l'évapotranspiration par les plantes. Ce dernier phénomène est très important. Une forêt pouvant dégager dans l'air de 20 à 50 t d'eau par hectare et par jour selon les conditions météorologiques locales et la nature du sol. L'évapotranspiration joue un rôle particulièrement important dans les écosystèmes forestiers tempérés et tropicaux. Ainsi la reprécipitation sur place de l'eau évapotranspirée par les arbres représente en général plus de 75% des précipitations totales dans les forêts pluvieuses tropicales.

L'infiltration est un autre phénomène très important car c'est d'elle que dépend la réhydratation des sols et l'approvisionnement des nappes phréatiques, des rivières souterraines et résurgences.

Enfin, le ruissellement assure l'alimentation des cours d'eau et donc boucle le cycle par retour des fleuves à l'océan (Ramade, 2002), (Figure 1).

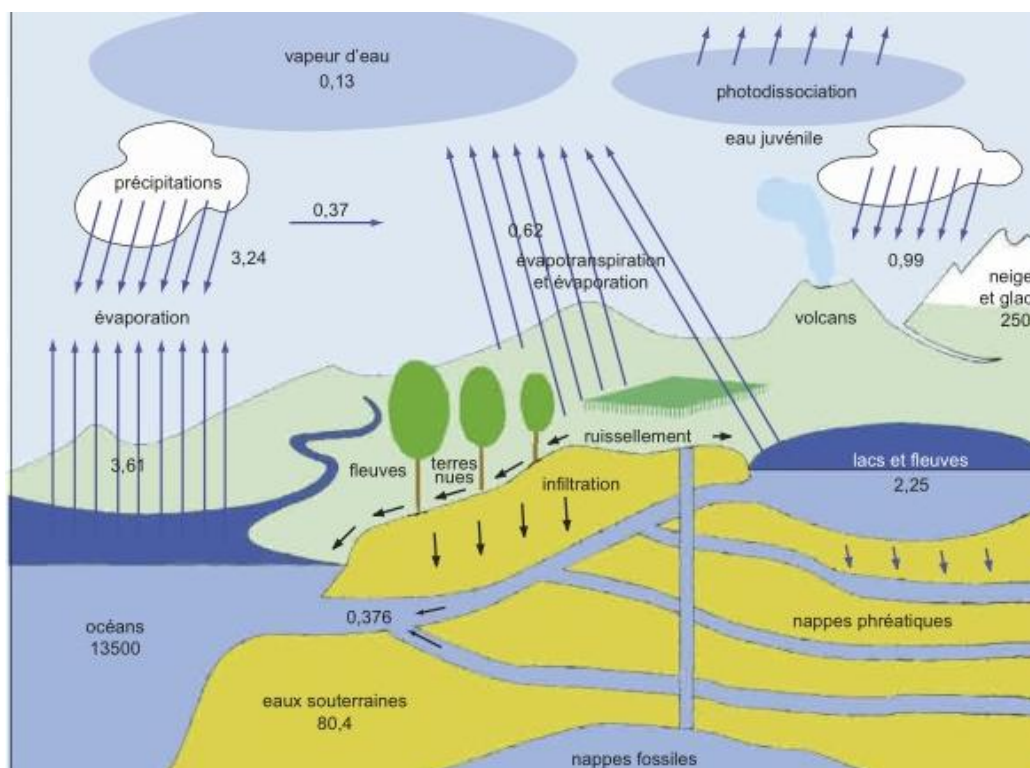


Figure 1. Schéma général du cycle de l'eau (Ramade, 2002)

3. Différents états de l'eau

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et la température l'eau change d'état, on peut la trouver sous trois formes (Defranceschi, 1996) :

- **Etat solide** : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières (en fonction de la température).
- **Etat gazeux** : caractérisée par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, elles sont indépendantes les unes des autres.
- **Etat liquide** : caractérisé par une forme non définie, les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires

4. La composition des eaux

4.1. Composition physico-chimique

Les eaux douces ont en générale une composition chimique à majorité constituée d'anions tels que les bicarbonates, les chlorures et les sulfates, de cations tels que le calcium, le magnésium, le

potassium, et le sodium (Banton et Bangoy, 1997). On y observe aussi une forte charge ionique représentée par les composés tels que les nitrates, phosphates, hydrogénocarbonates et des oligoéléments (fer, manganèse, zinc, etc).

5. Propriétés de l'eau

5.1. Propriétés physiques de l'eau

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau. Il donnera lieu à bien des caractères physiques :

- a. Température d'ébullition.
- b. Masse volumique.
- c. Viscosité.
- d. Tension superficielle (Zouied et Djouama, 2010).

5.2. Propriétés électriques de l'eau

- Constante diélectrique très élevée.
- Pouvoir ionisant très important.
- Conductivité électrique.

Cette dernière est utilisée par le contrôle de la qualité de l'eau (Cordonnier et Berne, 1991).

5.3. Propriétés optiques de l'eau

La transparence de l'eau est fonction de la longueur d'onde de la radiation qui la traverse.

- L'eau est transparente aux UV
- Opaque aux IR (vers 4000 cm^{-1}).
- Absorbe le rouge dans le visible, ce qui explique la couleur bleue de l'eau.

Les propriétés optiques sont très utilisées dans le contrôle de l'efficacité des traitements d'épuration et pour mesurer certaines formes de pollution (Cordonnier et Berne, 1991).

5.4. Propriétés chimiques de l'eau

a. Solvatation (ou action hydratante de l'eau)

Elle est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électro-statistiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau.

b. Dissolution des corps minéraux

Elle engendre une ionisation, c'est-à-dire la dissolution des molécules formants le cristal minéral, avec apparition d'ions chargés électriquement, dotés d'une certaine mobilité en solution (Zouied et Djouama, 2010).

5.5. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants.

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges. L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants ([Zouied et Djouama, 2010](#)).

6. Les types des eaux douces

6.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité.

Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs...) et d'autre part avec les eaux marines en bordure littorale. Le sens de ces transferts peut varier au cours de l'année ainsi qu'en fonction des conditions hydrologiques. Elles assurent souvent le débit de base des systèmes d'eaux continentales superficielles et de ce fait influencent leur qualité. En d'autres termes, les effets de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines et les débits des nappes peuvent se répercuter sur la pérennité et la qualité écologique des écosystèmes aquatiques associés et des écosystèmes terrestres directement dépendants. ([Kaid Rassou, 2009](#)).

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface ([Guergazi, Achour, 2005](#)).

6.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface (douce) sont l'eau qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol (rivières, lacs, étangs, barrages...). Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Leur composition chimique dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours ([Bohy, 2003](#)).

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec l'extérieur.

Les ressources en eau douce sont essentielles pour l'homme qui les sollicite fortement, notamment dans le cadre de ses activités agricoles ([Thiollet Scholts, 2004](#)).

Les estuaires sont des milieux de grande importance écologique et économique ([El Morhit et al., 2008](#)).

7. Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à 1,4.109 Km³(Figure 2).

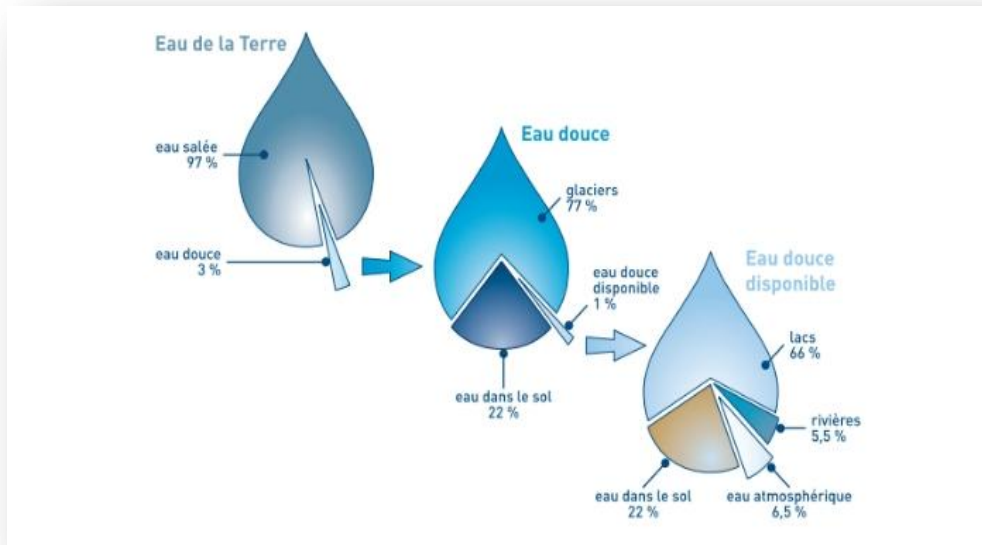


Figure 2. La répartition de l'eau sur la terre (Anonyme)

Les mers et les océans représentent 97,4% de la totalité des eaux terrestres.

Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets enneigés totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques.

L'eau indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0,014% de l'eau totale (Tableau 1).

C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités de générations futures de découvrir leur propre besoin (Friedli, 2002).

Tableau 1 : la quantité d'eau disponible dans la biosphère

D'après [Shiklomanov, \(1993\)](#).

	Surface (en 10 ³ km ²)	Volume (en 10 ³ km ²)	Pourcentage des réserves globales	
			Eau total	Eau douce
Océan mondial	361 300	1338 000	96,5	30,1
Eaux souterraines	134 000	23 400	1,7	0,005
Eaux douce		10 530	0,76	0,005
Humidité des sols		16,5	0,001	68,7
Glaciers et névés	16 267	2 4064	1,74	61,7
Eau des lacs	2 058,6	176,4	0,013	0,26
Cours d'eau	148,800	2,12	0,0002	0,006
Réserves hydrique totales	510 000	1385 984	100	-
Réserve d'eau douce	148 800	35 029	2,53	1

II. Pollution des cours d'eaux

II.1. Définition de la pollution

Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution », parmi lesquelles :

Selon le dictionnaire du bon usage ([Robert, 1992](#)), «polluer» c'est "salir en rendant malsain, dangereux". «Polluer» signifie étymologiquement: profaner, souiller, salir, dégrader.

[Ramade, \(2000\)](#) a donné une définition plus restrictive de ce terme : «constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des

constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme».

D'autres définitions, limitent l'usage du terme de pollution aux rejets des produits chimiques ou radioactifs dans l'environnement et désignent sous le vocable général de nuisances les autres altérations du milieu ambiant provoquées par l'homme.

II.2. Pollution des eaux

Les pollutions sont « des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer, dans la limite des eaux territoriales » (Faurie *et al.*, 2006).

II.2.1. Les différentes formes de pollution des hydrosystèmes

Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct de déchets. On distingue ainsi les pollutions ponctuelles et les pollutions diffuses. Les pollutions ponctuelles proviennent de sources bien identifiées : rejets domestiques ou industriels des eaux usées, effluents d'élevage ou de pisciculture. De telles sources de pollutions ponctuelles peuvent être traitées et contrôlées par des stations d'épurations. Au contraire, des épandages de pesticides ou d'engrais (Nitrates, phosphate) sur les terres agricoles constituent des sources de pollution diffuse sur les hydrosystèmes, dans la mesure où ils concernent l'ensemble du bassin. Les produits gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surfaces, ou après infiltration dans le sol. Il en est de même pour divers retombées atmosphériques (plomb, pesticides, etc.).

On parle également de pollutions permanentes (rejets domestiques des grandes villes, par exemple) ou périodiques (comme les variations saisonnières de rejets polluants liées aux afflux touristiques ou aux crues), et de pollutions accidentelles ou aiguës. Ces dernières correspondent à des déversements intempestifs de produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou à des lessivages des sols urbains consécutifs à de fortes pluies.

Ces pollutions accidentelles peuvent provoquer des chocs polluants considérables et une mortalité piscicole massive (Leveque, 1996).

II.2.2. Types, nature et source de pollution**II.2.2.1. Types de pollution**

On distingue trois types de pollutions ([Ramade, 1974](#)) :

- biologique (micro-organismes, matières organiques),
- chimique (substances toxiques)
- physique (variations de température, radioactivité).

II.2.2.1.1. La pollution biologique

Liée à l'apport en excès de matières organiques ordinairement présentes dans le milieu, entraîne un fort développement bactérien et des problèmes sanitaires. La charge de pollution organique s'évalue en DBO₅ : demande biochimique en oxygène en 5 jours, soit la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes décomposeurs pour dégrader entièrement les matières organiques présentes dans un litre d'eau polluée. La charge en pollution organique influence fortement les biocénoses aquatiques, qui peuvent être caractérisées en fonction du niveau de pollution. Les effets de la pollution biologique sur les communautés aquatiques fait l'objet de nombreuses publications de synthèse, comme celles de [Ramade, 1974](#) et de [Calow et al., 1990](#).

II.2.2.1.2. La pollution chimique

C'est le fruit d'un nombre considérable de composés qui sont en principe absents du milieu naturel, sinon sous la forme de traces. Ces polluants sont, en particulier, des métaux lourds, des composés organochlorés et organophosphorés ainsi que de diverses formes d'hydrocarbures. Ces pollutions ont des effets variables, qui s'expriment souvent sur le plan physiologique, avec des conséquences sur la fertilité ou la survie des organismes.

En laboratoire, les effets toxiques de la pollution chimique s'évaluent par des indices de toxicité du type CL50 (concentration susceptible de faire périr 50% d'une population animale en 24 heures en conditions de laboratoire).

Sur le terrain, les analyses consistent plutôt à comparer les paramètres physiologiques, démographiques et écologiques de populations échantillonnées sur des sites pollués et non-pollués. Dans de tels contextes, le recours à des marqueurs permettant de mesurer le stress physiologique engendré par les polluants est une méthodologie particulièrement indiquée, car elle permet d'effectuer facilement des échantillonnages répétés et donc de suivre la réponse des populations aux polluants au cours du temps. ([Ramade, 1974](#))

II.2.2.1.3. La pollution physique

Due au rayonnement ionisant, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique (Ramade,2000). Comprend notamment les effets des pollutions thermiques et ceux des isotopes radioactifs. (Møller et Mousseau, 2006) proposent une revue des effets des retombées radioactives de l'accident de Chernobyl, en 1986, sur les écosystèmes environnants. Les pollutions thermiques peuvent également avoir des conséquences écologiques importantes, comme dans le cas de la pollution thermique, qui influence la survie des organismes ainsi que la composition chimique des eaux. Cette problématique est notamment abordée par (Küttel,Petter&Wüest ,2002), qui ont examiné les limites de températures supportées par 32 espèces de poissons de la faune helvétique. Sur la base de ce type de constats, des normes de rejet peuvent être fixées pour limiter les impacts des variations de température d'un cours d'eau par exemple (Tableau 2)

Tableau 2 : Principaux types de pollution des eaux continentales, nature des produits polluants et leurs origines (Leveque C., 1996).

Types de pollution	Nature	Source
Physique :		
Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
Matière organique :	Glucides, lipides, protides	Effluent domestiques,
	Ammoniac, nitrates	Agricoles, agro-alimentaires
		Elevages et piscicultures

Chimique :		
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessive
Métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic.....	Industries, agriculture Pluies acides, combustion
Pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
Pesticides		
Organochlorés	polychlorobiphényles, solvants	industries
Composés organiques desynthèse		
Détersifs	Nombreuses molécules	effluent domestiques
	Agents tensio-actifs	industrie pétrolière, transport
Microbiologique :	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

II.2.2.2. Nature et source de pollution

II.2.2.2.1. Pollution domestique

Les principaux polluants apportés sont salins (chlorure de sodium de régénération des résines échangeuses d'ions des adoucisseurs d'eau, des fers à repasser ou de la vaisselle), tensioactifs (borates, polyphosphates des détergents), bactériologiques (*Escherischia coli*, Entérocoques fécaux...), hormonaux (pilule anticonceptionnelle...). Outre les ions apportés en solution, la pollution domestique émet des matières en suspension, en particulier organiques. Il faut y ajouter les déchets de bricolage (solvants des peintures, huiles de vidange...), engrais et pesticides utilisés à forte dose dans les jardins privés (Gilli et al., 2008).

II.2.2.2.2. Pollution des effluents urbains

Les déchets organiques sont les principaux polluants d'eau urbains. Leur dégradation consomme l'oxygène dissous dans l'eau. Les engrais engendrent des développements d'algues excessifs, qui consomment aussi de l'oxygène dissous. L'huile de vidange, souvent jetée illégalement dans les collecteurs d'eau pluviale, et les métaux lourds sont des polluants courants (Figure 3). Ils sont emportés par les collecteurs vers les rivières et les fleuves (Raven & al., 2008).



Figure 3. Le Ruissèlement urbain (Raven & al., 2008)

II.2.2.2.3. Pollution industrielle

Les industries, en particulier chimiques, métallurgiques et même électroniques, constituent une cause essentielle de la pollution des eaux. Celle-ci prend place non seulement au niveau des usines mais aussi au niveau de l'utilisation des substances produites et au niveau des objets manufacturés, en fin de cycle du produit, avec les déchets (Ramade, 1984).

Elle est caractérisée par une très grande diversité, selon l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution...etc.). Nous pouvons donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine : des matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissage), hydrocarbures (raffineries), acides, bases et produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques) (Gaujous, 1995).

II.2.2.2.4. Pollution agricole

Elle dépend de plusieurs types d'activités : agricoles, d'élevages et liée à l'habitat. L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides. L'élevage traditionnel abouti au fumier qui constitue des litières souillées de déjections animales (fertilisant naturel). Il présente de fortes charges organiques.

Aux activités précédemment décrites s'ajoutent une pollution de type domestique liée à l'habitat du monde rural (Viala & Botta, 2005). Certaines de ces pollutions ont un effet cumulatif et retardé (cas des nitrates dans les nappes phréatiques), ce qui ne facilite pas l'étude de ces phénomènes et la lutte contre leurs effets (AFNOR, 1992).

II.2.2.2.5. Phénomènes naturels

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution : par exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux lourds), une source thermominérale...etc (Gaujous, 1995)(Tableau3).

Tableau 3 : Origines de la pollution (Ramade, 1984).

	Rejets agricole	Rejets industriels	Rejets urbains
Matières organique	Essentiellement engrais et déjection animale	Rejets de l'industrie agroalimentaire et des papeteries.	Essentiellement dans les eaux usées
Nutriments	1/3 des phosphates 2/3 des nitrates (engrais azotés, épandage de lisiers)		2/3 des phosphates 1/3 des nitrates (rejets d'eaux usées)
Produits toxiques	Herbicides, pesticides, insecticides.	Très variables selon le type d'industries et le procédé de fabrication utilisé ; en réduction sensible depuis 20 ans.	Essentiellement dans les urbains de temps de pluie : métaux lourds, hydrocarbures.
Rejets bactériens ou viraux	Lessivage des surfaces polluées par les déjections des animaux.		Essentiellement les rejets urbains de temps de pluie.
Matières en suspension	En augmentation du fait de la modification des pratiques culturales	Industries chimiques.	Essentiellement les rejets urbains de temps de pluie.
Eau chaude		Rejets des centrales électriques, qu'elles soient thermiques ou nucléaires.	

III. La qualité de l'eau

La qualité de l'eau potable est évaluée à partir des critères de qualité. En effet, l'utilisation d'une eau médiocre pour la production d'eau potable peut accroître les risques pour le consommateur si cette eau contient des produits nuisibles pour la santé. L'eau est considérée souvent comme un symbole de pureté, elle est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et est soumise aux normes de qualité les plus sévères (Defranceschi, 1996 ; MDDEFP, 2013). La surveillance de la qualité de l'eau correspond à la conduite des analyses, de tests et d'observation de certains paramètres à des points clés du réseau d'alimentation en eau potable. L'objectif principale de ce suivi de la qualité de l'eau est de vérifier que l'eau distribuée remplit les critères de potabilité. C'est un moyen de protéger la santé publique (Muriel, 2010).

L'eau potable doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, divisés en différents groupes : les qualités organoleptiques (odeur, couleur, saveur), les éléments microbiologiques (virus, bactéries), les substances indésirables (nitrate, fluor), toxiques (chrome, plomb), les pesticides ainsi que la composition naturelle de l'eau (pH, taux de calcium...) (Encyclopédie Médical, 1997).

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (Hubert et Marin, 2001).

III.1. Paramètres de la qualité de l'eau**III.1.1. Paramètres organoleptiques**

La couleur, l'odeur et la saveur font partie des paramètres organoleptiques les plus suivies lors des traitements des eaux destinées à la consommation. La couleur de l'eau est due à la présence des matières organiques et de sels de fer et de manganèse, par contre l'odeur et la saveur sont dues à la présence de matières organiques en décomposition (Rodier, 1996).

III.1.1.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/l de platine cobalt (Lefèvre, 1991).

III.1.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- . la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier, 2005).

III.1.1.3. Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

III.1.1.4. La turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Il est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (Miquel, 2003).

III.1.2. Paramètres physiques

La régularité des maladies d'origine hydrique dues aux pathogènes microbiologiques peut avoir des manifestations rapides et/ou à court terme suivant le type de microbe. De même les contaminants chimiques de l'eau peuvent engendrer aussi des épidémies qui ne sont à majorité détectable à long terme après la contamination du point d'eau comme dans le cas de l'arsenic.

Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau destinée à la consommation est nécessaire pour s'assurer que leur teneur demeure en deçà des valeurs pouvant engendrer une toxicité chez l'homme comme stipulé par les normes de qualité des eaux potables de l'OMS. Les paramètres régulièrement suivis lors des contrôles de qualité physico-chimique comprennent : la turbidité, le pH, la température, les teneurs en pesticides et en minéraux qui présentent des risques néfastes pour la santé tels que les nitrates, l'arsenic, le plomb, et les ions métalliques en solution (Miquel, 2003 ; OMS, 2006).

III.1.2.1. La température

Il est important de connaître avec précision la température d'une eau car elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous et donc sur la conductibilité électrique et le pH. Elle influence aussi la multiplication des micro-organismes, ainsi que leur métabolisme. Une température trop élevée favorise la croissance des microorganismes (Moussa, 2005 ; OMS, 2006).

III.1.2.2. Le Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H⁺ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (Rodier et al, 2009). Le pH qui dépend de la teneur en ions acides ou basiques conditionne les équilibres physicochimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitiques. Il est alcalin dans les aquifères calcaires. Le pH doit être compris entre 6,5 et 8 (OMS, 2006).

III.1.2.3. La conductivité électrique

Selon Rodier (2009), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (Tableau 4).

Tableau 4: Classification des eaux selon la conductivité. (Rodier J., 2005)

Type d'eaux	Conductivité (μS/Cm)	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

III.1.2.4. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (Degremont, 1990).

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (Rodier, 2005).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009) (Tableau 5).

Tableau 5 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier J., 2005).

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

III.1.2.5. La dureté

La dureté de l'eau correspondant à sa minéralisation en calcium et en magnésium. Elle est mesurée par le titre hydrotimétrique et exprimé en °F (degré français). Elle peut modifier l'état des canalisations et des appareils de chauffage et empêcher la formation de la mousse lors du lavage de linges.

III.1.3. Paramètres chimiques

III.1.3.1. Les chlorures

Ces éléments sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés.

Selon les normes locales de la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation (N.A, 1992). Il s'avère d'après certaines

études (Weinberg, 1986; Schultz, 1984; Siggaard-Anderson, 1976 ; Tortora, 1984) que même dans le cas de quantités excessives dans l'eau potable, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car les concentrations de chlorures dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal. Même après l'absorption de quantités importantes de chlorures par l'intermédiaire des aliments et de l'eau, l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorures dans l'urine.

III.1.3.2. Les phosphates

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tout être vivant. Il joue un rôle d'engrais. Le phosphate est obtenu dans la nature à partir de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les micro-organismes. Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquence sanitaire. Par contre, elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière par des phénomènes de l'eutrophisation. Bien que non toxiques, les phosphates présents dans l'eau peuvent occasionner des troubles digestifs à cause de leur effet tampon (Samake, 2002).

III.1.3.3. Les nitrates

Les nitrates (NO_3^-) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont le produit de l'oxydation de l'azote par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau et, dans une moindre mesure, par les décharges électriques comme la foudre (Beatson, 1978). Les sources de nitrates dans l'eau comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles (Adam, 1980 ; Egboka, 1984).

D'après la réglementation algérienne (JORA, 2011) et les normes européennes (N.E, 1998), il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur maximale de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation.

III.1.3.4. Les Nitrites

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. Les nitrites (NO_2^-) sont considérés comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et aux animaux (le taux de NO_2) devient nocif quand il dépasse 0.5 mg/l). Sous l'action des phénomènes biologiques, l'équilibre entre l'ammoniac, les nitrites et les nitrates peut évoluer rapidement. Il convient de procéder au dosage des nitrites le plus tôt possible après prélèvement en le conservant à 4 °C (Hakmi, 2006).

III.1.3.5.Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅), constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau usée.

Le rejet des matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout, par exemple, provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant (Ramade, 2002).

L'indicateur utilisé est généralement la DBO₅ qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée (Tableau 6).

L'analyse de la DBO₅ est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes (Bremond et Vuichard, 1973).

Le tableau 6 : classe des eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO₅

DBO ₅	Qualification de l'eau
DBO₅ < 1 mg/l d'O₂	Excellente qualité
DBO₅ = 2 mg/l d'O₂	Bonne qualité
DBO₅ = 3 mg/l d'O₂	Qualité moyenne
DBO₅ = 5 mg/l	Eau moyennement polluée
DBO₅ > 10 mg/l	Eau polluée

III.1.3.6.La demande chimique en oxygène (DCO)

Est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans un effluent industriel ou une eau usée.

Les substances organiques et inorganiques présentes dans les effluents industriels proviennent principalement des raffineries de métaux, de l'industrie alimentaire et des fabriques de pâtes et papiers.

Les eaux d'un effluent industriel dont la DCO est élevée peuvent provoquer des problèmes de diminution de la concentration d'oxygène dans des cours d'eau.

La valeur de la DCO peut également servir d'indicateur pour les dilutions nécessaires lors de la mesure de la demande biochimique en oxygène (CEAEQ, 2016).

III.1.4. Métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leurs caractères essentiels ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arсениc (As) et du Titane (Ti). Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

III.1.4.1. Le Cadmium

Le Cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas ; il a une bonne conductivité de l'électricité ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures ; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes.

Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines.

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

III.1.4.2. Le Cuivre

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et particulièrement de sa conductibilité électrique et thermique.

Il est présent dans l'environnement, sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 ppm (30 à 100 ppm).

Le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols marins constituent les principales sources naturelles d'exposition. Dans les eaux, le Cuivre provient pour la majeure partie de l'érosion des sols par les

cours d'eau : 68 % ; de la contamination par le sulfate de cuivre : 13 % ; et des rejets d'eaux usées qui contiennent encore du cuivre, même après traitement.

III.1.4.3. Le Zinc

Le zinc entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émission d'aérosols marins.

Le zinc est un des métaux les moins toxiques et les problèmes de carence sont plus fréquents et plus graves que ceux de toxicité. Les risques tératogènes, mutagènes et cancérigènes sont pratiquement nuls aux doses utilisées chez l'homme. Si les signes digestifs aigus n'apparaissent qu'à dose élevée, une anémie sévère par interaction avec le Cuivre peut survenir avec des doses peu supérieures aux apports recommandés. En outre, des problèmes non résolus persistent dans des domaines importants en santé publique : maladie d'Alzheimer, patients diabétiques ou séropositifs. (Gunnar et al., 2007) (Pichard, 2005).

III.1.5. Paramètres microbiologiques

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires, ou des champignons. La détection de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination d'origine fécale. La présence de ces germes pathogènes dans une source d'approvisionnement en eau peut engendrer des épidémies de maladies d'origine hydrique (Ouandaogo, 2008).

III.1.5.1. Les germes totaux

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (Levallois, 2003). D'une manière générale, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques comme la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne, soit même une absence de bactéries (CEAEQ, 2000 ; El Haissoufi et al., 2011).

III.1.5.2. Les Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié

(Archibald, 2000 ; CEAEQ, 2000 ; Edberg et al., 2000). Ce groupe composé des principaux genres suivants :Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella et Serratia (Chevalier, 2003). La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'Escherichia coli (E. coli) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (Edberg et al., 2000 ; OMS, 2000) (Figure 4).



Figure 4. Coliformes totaux (anonyme ,2011)

III.1.5.3. Les Coliformes fécaux (Escherichia coli)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5oC.

L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'Escherichia coli (E. coli) (Elmund et al., 1999 ; Edberg et al., 2000). E.coli est la seule bactérie indicatrice qui représente sans équivoque une contamination d'origine fécale animale ou humaine. Sa détection dans une eau doit être considérée comme reflétant la présence possible des germes pathogènes d'origine entérique (Figure 5).



Figure 5 : coliformes fécaux (Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches, 2011)

E. coli est considérée en fait comme le meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau (Edberg et al., 2000) qui selon son origine, comporte des risques plus ou moins importants d'infection à caractère entérique (Bopp et al., 1999). Sa détection dans un puits peut donc être indicatrice d'une source ponctuelle de contamination (Gouvernement du Québec, 2004).

III.1.5.4. Les Streptocoques fécaux

Les entérocoques font partie d'un groupe de bactéries naturellement présentes dans la flore intestinale des animaux et des humains ; certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés à titre d'indicateurs de contamination fécale (Gleeson et Gray, 1997). Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale. La très grande majorité des entérocoques, surtout ceux retrouvés en milieu naturel, ne possèdent pas un pouvoir pathogène particulier envers les humains ; ce sont plutôt des microorganismes pathogènes opportunistes infectant des personnes à risque comme les immunodéprimées (Edmond et al., 1995 ; Madani et al., 1999).

III.1.5.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau d'alimentation, les Clostridium sulfito-réducteurs sont pris en compte aussi. Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont encore des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (Rodier et al., 2009).

IV. Normes et classes de la qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages des cours d'eau. Les Agences des bassins hydrographiques (ABH) algériennes se sont inspirées du SEQ eau pour classer les eaux superficielles. Cette classification (Annexe 1) repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009).

I. Cadre d'étude

Dans ce chapitre, nous présenterons dans un premier lieu notre zone d'étude. La localisation des différentes stations de prélèvement choisies, leur description ainsi que les méthodes analytiques mises en œuvre seront présentées en deuxième lieu. Enfin, dans un dernier lieu, nous préciserons les méthodes statistiques utilisées afin de traiter l'ensemble des résultats obtenus.

On a mené une étude sur la qualité physicochimique et microbiologique pour une évaluation du degré de pollution atteint par ces eaux ainsi qu'une détection d'une moindre ou ultime présence des polluants, préconisant tout usage potentiel des eaux de l'Oued « Amsal » que ça soit par la population de la région en quête d'approvisionnement en eau, irrigation, baignade, abreuvement du bétail.

I.1.Fiche descriptive de la zone d'étude Oued Amsal –Ziama Mansouriah-

Le jour de prélèvement Le : 14/05/2018
Lieu : rivière Amsal- ZiamaMansouriah
La première sous station :
Heure de prélèvement : 11 h 21m du matin
Position GPS : 36.667303°N 5.475324°E
La deuxième sous station :
Heure de prélèvement : 12h04m du matin
Position GPS : 36.667303°N 5.4753236°E
La troisième sous station :
Position GPS : 36.667303°N5.474046°E
Heure de prélèvement : 12h43m du matin
La température atmosphérique : 21 C°

I.2. Données générales

I.2.1. Cadre géographique et administratif

Le territoire de la commune de Ziama Mansouriah est situé à environ 42Km du chef-lieu, occupe l'extrémité Nord-Ouest de la wilaya de Jijel, à la frontière de la wilaya de Béjaïa. Ziama Mansouriah, chef-lieu de daïra et de commune), comprend outre la commune de Ziama Mansouriah, une autre commune qui est Erraguène Souici.

Administrativement, elle est limitée :

- Au Nord, par la mer méditerranée ;
- Au Sud, par les communes de : Erraguène Souici (w de Jijel) et Babor (w de Sétif)

Tamridjt (W. Béjaïa) ;

- A l'Est, par la commune de : El Aouana et Selma Benziada ;
- A l'Ouest, par la commune de Melbou relevant de la wilaya de Bejaïa.

Le territoire de Ziama Mansouriah comporte une zone côtière sur étirée sur 20Km de long et environ de 800 mètres de large et une arrière côte montagneuse qui couvre l'essentiel du territoire communal. Il est traversé par la RN43 qui le dessert dans le sens Est-Ouest et le CW 137 B dans le sens Nord-Sud (Figure 6).

Ziama Mansouriah s'étend aussi sur une superficie de 102,31Km² et compte au dernier recensement une population de 12425 habitants, soit une densité moyenne d'environ 121 personnes par Km² (D.E.J, 2009).

Au point de vue organisationnel, la commune de Ziama Mansouriah comprend :

- Une agglomération chef-lieu (ACL Zima)
- Trois agglomérations secondaires, à savoir :
 - AS Alliouene Boublatane, située à environ 03 Km à l'Ouest de l'ACL,
 - AS Azirou, située à environ 01Km à l'ouest de l'ACL,
 - AS Taza, située à l'extrémité Est du territoire communal et à une distance de 04Km de l'ACL.
- Et aussi une zone éparse, composée de plusieurs Hameaux et lieux dits, dont les plus importants sont : (Chrèa, cité Mousaoui, cité Sonelgaz).

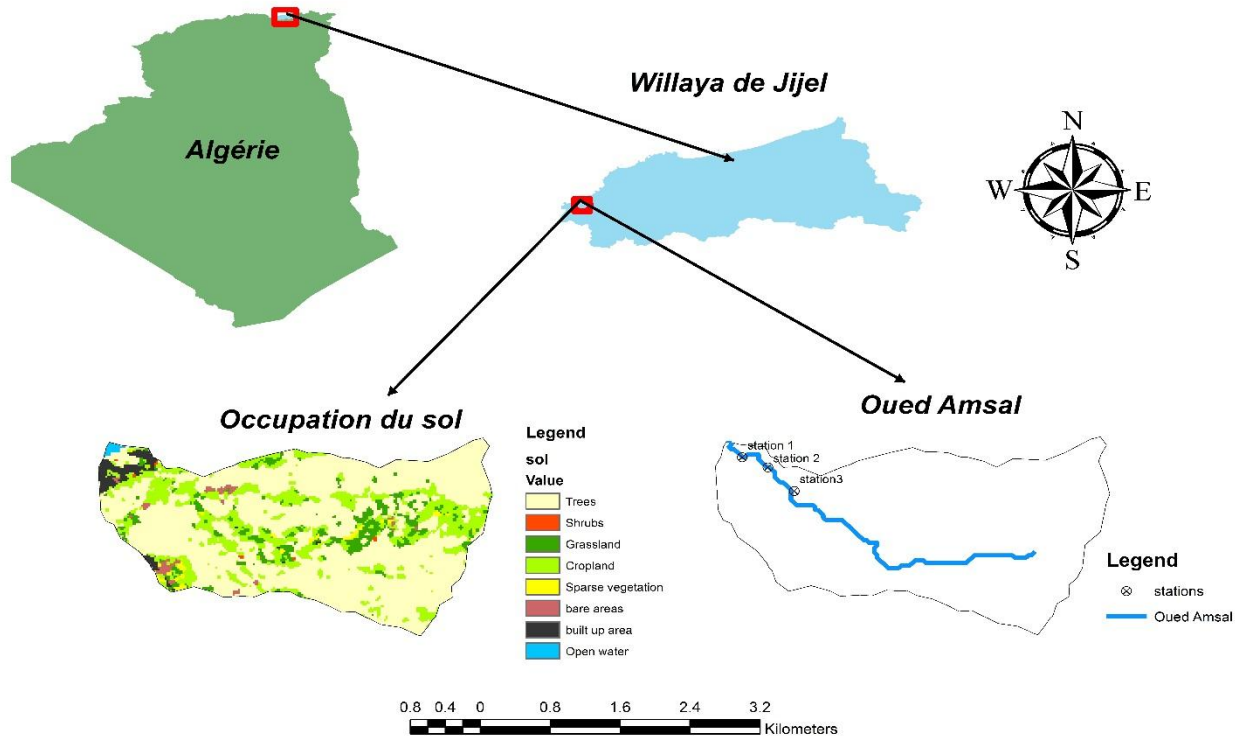


Figure 6. Localisation du bassin versant et occupation de sol sous ArcGIS

Le bassin versant a été délimité en utilisant le modèle numérique de terrain (MNT) qui sont disponibles sur le site officiel de la Nasa (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>) ce sont des données du satellite SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission) de 30 mètres de résolution. Ces données ont été dérivées sous SIG (système d'information géographique). Nous avons utilisé le logiciel Arcgis pour délimiter le bassin versant et calculer sa surface et positionner les différentes stations.

La carte d'occupation du sol nous donne une information sur le terrain étudié, elle a été élaborée par télédétection par l'ESA (agence spatiale européenne) disponible au lien suivant <http://2016africalandcover20m.esrin.esa.int/download.php>

I.3. Le cadre physique

L'analyse des conditions topographiques, géologiques et hydrographiques de cette commune permettra de vérifier, en partie, dans quelle mesure on peut éviter ou du moins, minimiser les effets nuisibles liés à la gestion des déchets, particulièrement les décharges sauvages, et aux différentes formes de pollutions.

I.3.1. Cadre local

Le territoire communal de Ziama Mansouriah s'organise autour de deux unités distinctes et contrastés :

- La zone côtière à l'aspect topographique subhorizontal un peu incliné et découpée par des falaises, qui occupent toute la partie Nord. Ce domaine concerne les premières lignes de relief qui contrôlent directement la façade littorale.

- L'arrière côte franchement montagneuse concerne tous les reliefs de la partie centrale et Sud de la commune. Ce domaine est caractérisé par la présence de versant aux pentes fortes, très ravinées et accidentées.

Si la première unité offre une topographie générale peu accidentée et des altitudes peu élevées, la seconde est délimitée par des versants montagneux abruptes, l'altitude dépasse généralement les 1000m (Dj Khemis : 1095m, Dj Sidi Abed : 1175m, Dj Lehdid : 1451m) et peut atteindre des valeurs de l'Ordre de 1500 mètres et plus à la limite Sud- Est de la commune.

La zone côtière, qui accueille l'essentiel de l'occupation humaine, se caractérise par une grande richesse environnementale, notamment en sites classés corniches, grottes merveilleuses, parc national de Taza...) et par une vocation touristique en plein développement (D.E.J, 2009).

I.4. Géologie

La topographie de la région de Ziama Mansouriah est largement liée aux formations géologiques. Elle fait partie de la terminaison orientale des Monts des Babors à un contexte structural très complexe. Elle se compose d'une série d'écailles calcaires et dolomitiques formant des crêtes rocheuses très vigoureuses cloisonnant partiellement une série d'alvéoles ou de petits bassins taillés dans des formations plus tendres. Les hauts versants sous les crêtes sont tapissés d'éboulis en partie consolidés (D.E.J, 2009).

I.5. Climatologie

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégré dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes (Ramade, 2005), et plus particulièrement sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Guenda, 1996).

Le climat est un facteur très important, sa connaissance est nécessaire du fait qu'elle détermine la répartition générale de la végétation et de la faune, et de leur forme d'adaptation.

Le site en question est sous l'influence directe de la mer et se trouve protégé du reste par une chaîne montagneuse bordière à l'image d'une vallée élargie et ouverte uniquement d'un seul côté, le Nord. La zone à laquelle il appartient, est très pluvieuse. Cette dernière se trouve considérablement rehaussée par le rôle de compensation que joue le reste des facteurs climatiques. Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen.

I.5.1. Température de l'air

Sur la base des données obtenues à partir de la station de météo d'oued Kissir, nous avons sélectionné les températures maximales et minimales de chaque mois dans le tableau suivant :

Tableau 7: Répartition mensuelle de la température. (2010-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
T_{max}	39,6	40,92	29,82	27,32	24,68	28,48	30,57	36,37	43,21	42,55	46,53	41,89
	9											
T_{min}	25,0	23,65	18,47	16,68	18,31	21,54	25,41	25,19	25,95	24,11	27,77	27,70
	4											
T_{moy}	32,3	32,28	24,14	22	21,5	25,01	27,99	30,78	34,58	33,33	37,15	34,8
	6											

Ces résultats sont donnés sous forme d'histogramme dans [la figure 8](#)

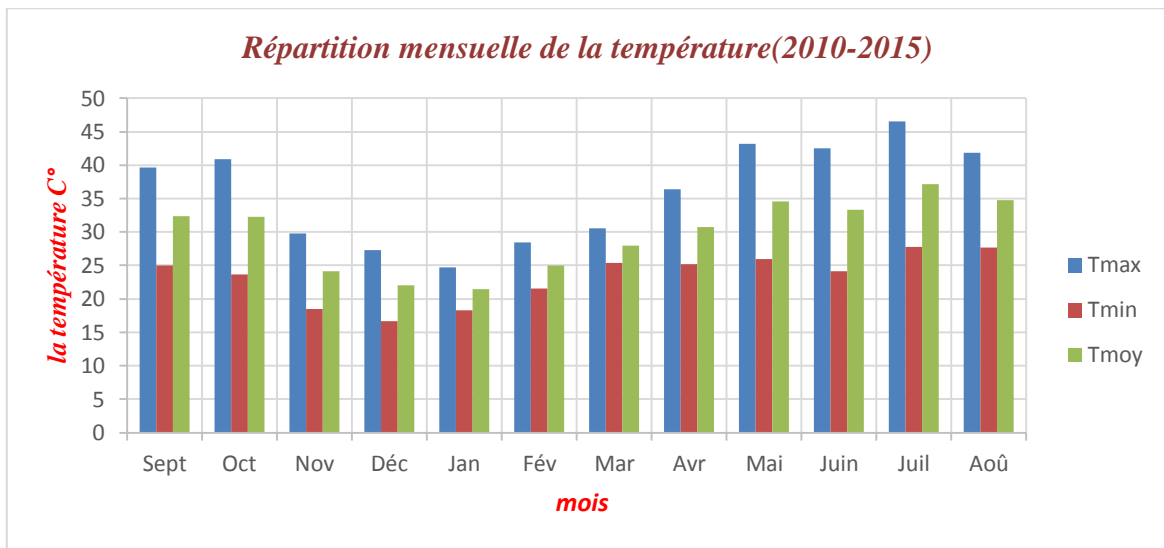


Figure 8. Répartition mensuelle de la température.

Les valeurs des facteurs climatologiques sont présentées ci-dessous :

- Température mensuelle moyenne.....21.9 ° C
- Températures maximales enregistrées (mois de Juillet)37 à 42°C
- Températures minimales enregistrées (mois de février) 3°C

I.5.2. Humidité de l’air

La répartition mensuelle de l'humidité de l’air est donnée par le tableau suivant :

Tableau8 : Répartition mensuelle de l'humidité de l’air. (2010-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
T_{max}	39,69	40,92	29,82	27,32	24,68	28,48	30,57	36,37	43,21	42,55	46,53	41,89
T_{min}	25,04	23,65	18,47	16,68	18,31	21,54	25,41	25,19	25,95	24,11	27,77	27,70
T_{moy}	32,36	32,28	24,14	22	21,5	25,01	27,99	30,78	34,58	33,33	37,15	34,8

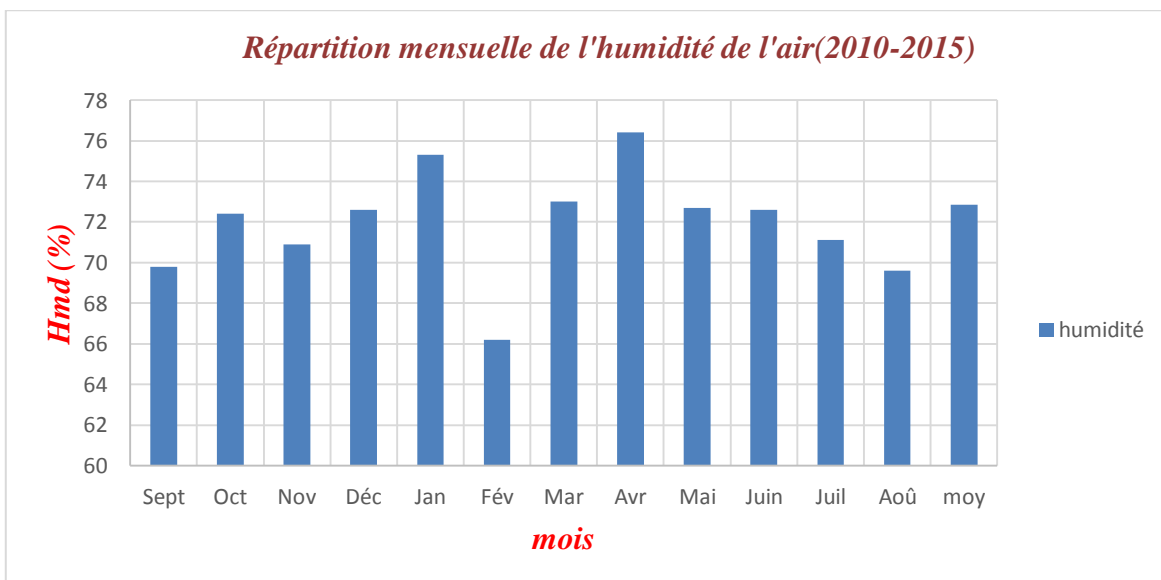


Figure 9. Répartition mensuelle de l’humidité de l’air.

La valeur de l'humidité moyenne annuelle est de l'ordre de 72.85%.

I.5.3. La pluviométrie

I.5.3.1. Répartition de la pluie moyenne mensuelle

La répartition mensuelle des pluies moyennes interannuelles a été établie sur la base de la série des précipitations à la station de Kissir sur la période (2010-2015), elle est donnée par le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Répartition mensuelle des pluies moyennes. (2010-2015)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
P(mm)	39.16	26.12	32.24	19.44	25.8	29.64	26.36	14.84	7.72	3.04	2.16	3.64

En analysant le tableau on déduit que la saison pluvieuse s’étale de septembre à novembre, par contre la saison sèche s’étale de juin à Aout. Ces résultats sont donnés sous forme d'histogramme dans la figure 10.

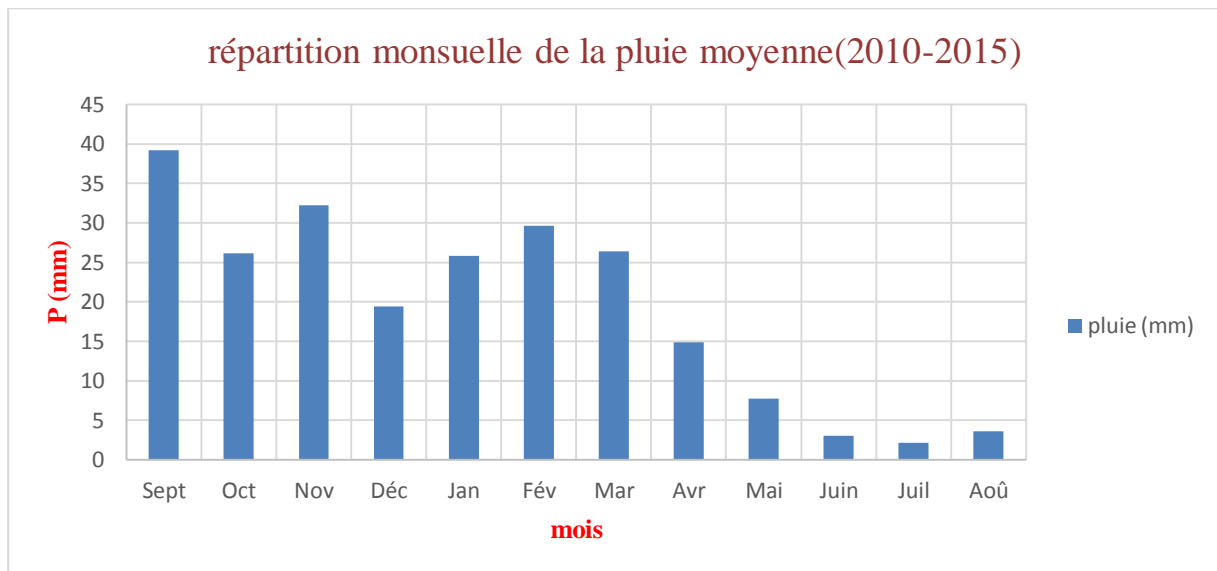


Figure 10. Répartition mensuelle des pluies moyennes.

I.6. Présentation de la zone d'étude

L'oued Amsal, cours d'eau situé dans la région de Ziama Mansouriah à environ 40km au sud-ouest de la wilaya de Jijel en Algérie. Il est d'une longueur de 1,5 km, né dans la haute Ait Saad Allah, traverse la zone Kamhoum et se jette dans la mer méditerranée. La latitude de l'oued Amal est [36°39'51.8''N5] à côté de la longitude [5°28'27.9''E]. ([Google earth, 2018](#))

I.6.1. Choix et localisation des stations de prélèvement

Dans le cadre de notre travail et pour une plus grande représentativité et selon l'accessibilité des points de prélèvement, nous avons choisi 2 stations en longueur de l'oued « Amsal » tout en respectant un intervalle spatial entre chaque station. Un prélèvement a été réalisé dont le 14/05/18.

I.6.1.1. Station I

C'est la station témoin, se situe en amont, zone forestière vierge, dépourvue plus ou moins de présence anthropique (urbanisation, agriculture...), caractérisée par une végétation rivulaire dont *Populus alba*, *Nerium oleander* et autres espèces.



Photo 01. Première station

I.6.1.2. Station II

La deuxième station se situe en aval, sous l'ancien pont de la RN43, reçoit des effluents et des déchets lessivés. L'oued draine une partie de la charge polluante générée par les agglomérations avoisinante et rejetées sans traitement préalable, pour finir dans la mer.

Cette station est subdivisée en trois sous stations.



Figure 11. Les stations de prélèvement

II. Analyse de l'eau

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau d'oued Amsal.

Les analyses bactériologiques et physicochimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE Jijel, ADE kissir et au niveau de l'Université de Jijel.

L'étude de qualité de l'eau de source comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage
- Analyse
- Interprétation

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par **Rodier (2009)**.

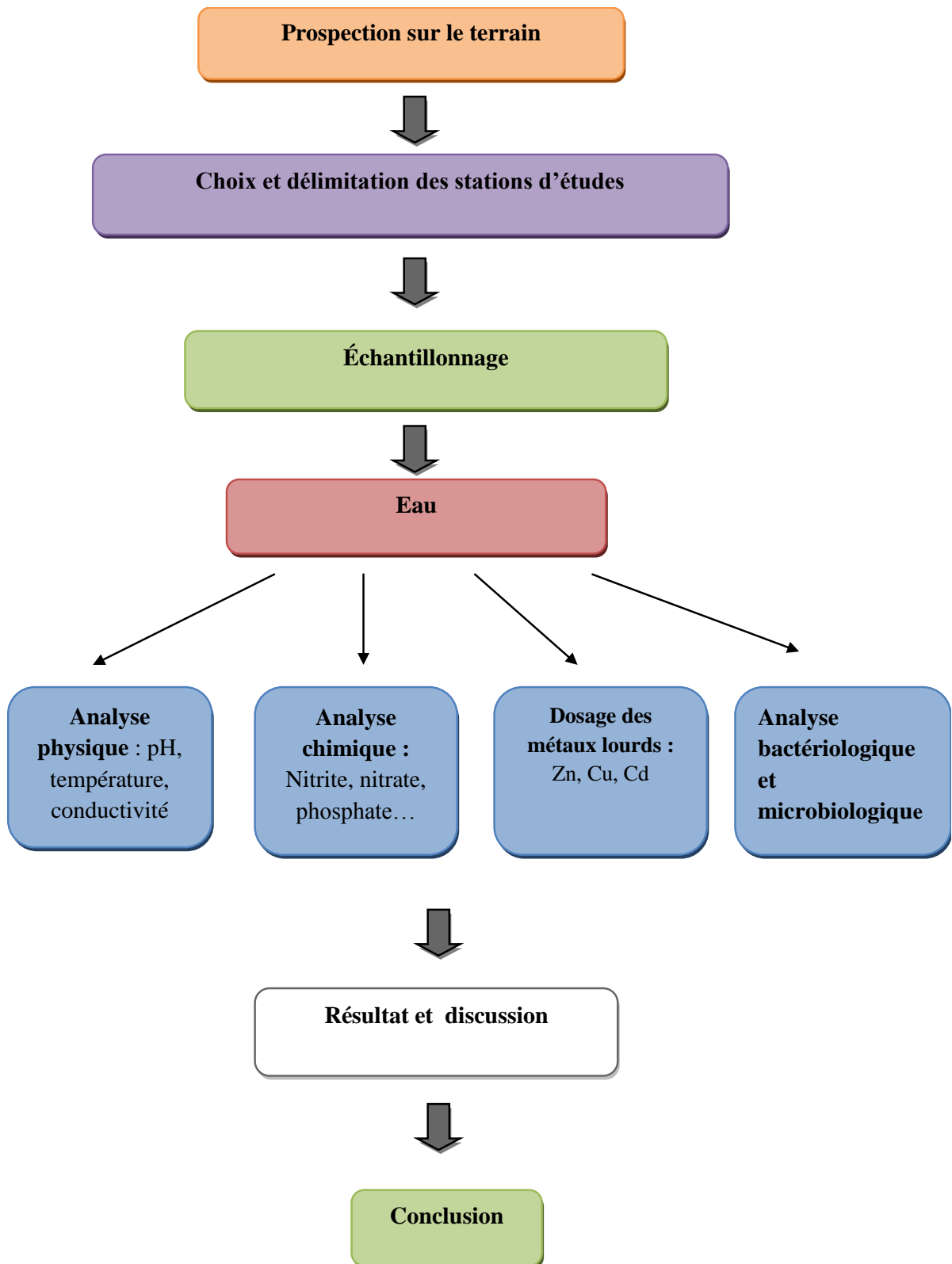


Figure12. Méthodologie de travail

II.1. Prélèvement des échantillons et conservation

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 (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que, dans la plupart des cas, le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. (Rodier et al., 2009).

Pour cela l'échantillonneur doit respecter certaines recommandations qui sont :

- Les mesures sur le terrain (température, pH, conductivité électrique... etc.) ne doivent jamais être faites à partir d'un échantillon qui sera expédié au laboratoire. Il faut prendre ces mesures directement dans le cours d'eau ou à partir d'un échantillon que l'on jettera une fois l'opération terminée ;
- Les échantillons pour laboratoire doivent être prélevés de préférence dans des flacons en verre ou des flacons en polyéthylène pour les analyses physico-chimiques et dans des flacons en verre stérilisés pour les analyses bactériologiques ;
- Les bouteilles utilisées pour l'échantillonnage doivent être rincées au moins trois fois avec de l'eau à prélever pour les analyses physico-chimiques ;
- Les prélèvements se font à une profondeur de 5cm à 10cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air et de ne pas toucher le fond du cours d'eau avec les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiment qui risquent de contaminer l'échantillon ;
- Les bouteilles doivent être remplies à ras pour les analyses physico-chimiques et non pas pour les analyses bactériologiques et bouchées avec précaution ;
- Les bouteilles sont désignées par une étiquette où est indiquée l'origine de l'échantillon ;
- Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait plus vite et dans une glacière à 4°C car la variation de cette dernière est susceptible de modifier la population bactérienne.
- Les échantillons sont mis au réfrigérateur pour leurs conservations.

Deux échantillons d'environ un litre et demi (1.5L) sont prélevés en chacune des trois stations dans des bouteilles, ces dernières sont lavées trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis complètement tout en évitant la formation des bulles d'air.

Les échantillons prélevés le 13/05/18 sont destinés aux analyses physicochimiques (T° , pH, CE, Cl^- , TAC, TH, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) et microbiologiques, ainsi qu'au dosage de certains éléments (métaux lourds), et autres paramètres (DBO₅, DCO).

Par précaution, les échantillons d'eau sont acidifiés à pH <2 et stockés dans le réfrigérateur afin de ralentir les actions chimiques et les activités biologique, selon les protocoles de conservation de [Rodier\(2009\)](#).



Photo 02. Lieu de prélèvement

II.2. Méthodes d'analyses

II.2.1. Matériels utilisés

Pour la réalisation de notre travail, nous avons utilisé les matériaux cités dans ([l'ANNEXE 2](#)).

II.3. Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

II.3.1. Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source.

II.3.2. Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

II.3.3. Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

II.4. Analyses physicochimiques**II.4.1. Paramètres physiques****II.4.1.1. La mesure de pH, température, conductivité**

En outre, des paramètres physicochimiques (pH, température, conductivité...) sont mesurés parallèlement in situ, ces paramètres sont analysés avec un multi paramètre de terrain de type « Consort C561 », comme illustré dans la photo 3.

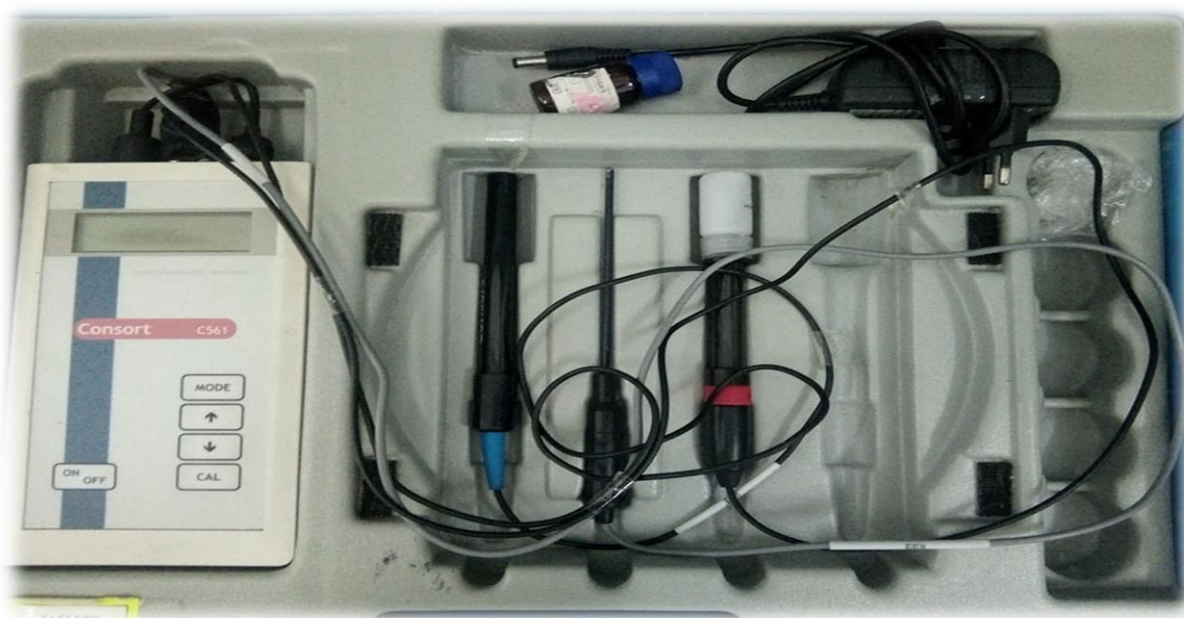


Photo 03. Multiparamètre

On plonge l'électrode dans l'eau à analyser, lorsque l'écran d'affichage se stabilise sur une valeur on lit le résultat.

Les résultats de la température sont exprimés en C^o, ceux du pH en unité de pH et les résultats de la conductivité sont exprimés en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

II.4.2. Paramètres chimiques

II.4.2.1. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

➤ Principe de dosage du titre alcalimétrique complet

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogencarbonates de l'eau (ANNEXE 2).

II.4.2.2. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

➤ Principe de dosage de la dureté totale

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA) (ANNEXE 2).

II.4.2.3. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure (ANNEXE 2).

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier et al., 2005).

La DCO est exprimée en mg/l d'O₂ consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau. (Photo 07).



Photos 04 : DCO Thermoréacteur

II.4.2.4. Demande biochimique en oxygène

L'évaluation de la demande biochimique en oxygène est mise en œuvre à l'aide d'un DBO-mètre, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader la matière dans 500 ml de chaque échantillon est évaluée grâce à un enregistrement cumulé de la DBO5 pendant 5 jours (ANNEXE 2).



Photo 05. Un appareil manométrique pour la mesure de la DBO

II.4.2.5. Dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible

➤ Principe de dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible

Les ions nitrite forment un diazoïque avec le sulfamide en milieu acide ainsi le diazoïque réagit aussi avec le N-naphyl-éthylénediamine et qui donne un complexe coloré rose susceptible d'un dosage spectrométrique (ANNEXE 2).

II.4.2.6. Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium)

➤ Principe de dosage des nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalisylate de sodium, coloré en jaune susceptible d'un dosage colorimétrique (ANNEXE 2).

II.4.2.7. Dosage des phosphates par spectrophotomètre UV visible

➤ Principe de dosage des phosphates par spectrophotomètre UV visible

Les ions orthophosphates peuvent être dosés avec précision par colorimétrie. Ils réagissent avec le molybdate d'ammonium pour donner de l'acide molybdophosphorique. Cet acide donne lieu à diverses réactions colorées. La réaction au chlorure stanneux ou à l'acide ascorbique donne du

molybdène qui développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 690 nm.

II.4.2.8. Dosage de sulfate par spectrophotomètre UV visible

➤ Principe de dosage de sulfate par spectrophotomètre UV visible

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le Baryum du Sulfa Ver 4 pour former un précipité de sulfate de baryum.

L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate. Le Sulfa Ver 4 renferme également un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. La lecture est obtenue à 450 nm (ANNEXE2).

II.4.2.9. Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »

➤ Principe de dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (ANNEXE2).

II.4.2.10. Dosage d'Ammonium par spectrophotomètre UV visible

➤ Principe de Dosage d'Ammonium par spectrophotomètre UV visible

L'ammoniaque réagisse avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique pour former une monochloramine, cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite et former le bleu d'indophénol absorbant à 630 nm.

II.4.2.11. Dosage des métaux lourds (Spectrométrie d'absorption atomique)

➤ Prétraitement des échantillons

Prélevés dans des flacons en polyéthylène, les échantillons destinés au dosage d'éléments à l'état de trace sont stabilisés à $\text{pH} < 2$ par ajout d'acide nitrique concentré (5 ml d' HNO_3 concentré par litre d'échantillon). Les échantillons sont ensuite stabilisés comme précédemment par ajout d'acide, puis conservés au froid (entre 1 à 5 °C). (Rodier, 2009)

➤ Principe de SAA

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme ; leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité est fonction de sa concentration.

L'élément est dosé en mesurant l'intensité des raies émises par la fraction des atomes passés à l'état excité. En effet, pour une population d'éléments atomisés dans la flamme, une fraction est excitée et provoque une émission lumineuse dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en éléments excités et donc à la concentration de cet élément dans l'échantillon. (Rodier, 2009)



Photo06. Spectromètre d'absorption atomique en flamme

II.4.3. Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques des différents échantillons d'eaux ont consisté en un dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale. Ces analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'ADE de Jijel, ADE de Kissir et université de Jijel consistent à rechercher :

- Coliformes totaux et fécaux (CT et CF)
- Entérocoques (Streptocoques fécaux : SF)
- Spores de Clostridium anaérobies sulfite réducteurs (CS-R)

Les méthodes utilisées pour la détermination des indicateurs de pollution fécales sont multiples. Dans le cadre de notre étude les numérations bactériennes ont été réalisées par dénombrement indirecte par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP).

Les critères de choix d'une technique dépendent de l'origine, de la nature de l'eau à examiner, des facteurs relatifs à la qualité des résultats et des facteurs relatifs au coût des analyses.

II.4.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

➤ Principe de dénombrement des coliformes totaux

Il est effectué en utilisant le bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu (ANNEXE 3).

Les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche, sont considérés comme positif autrement dit pouvant contenir des coliformes totaux. Notant le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reportant à la table de Mac Grady pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100 ml d'eau à analyser (ADE Jijel, 2016).

▪ Test confirmatif

A partir de chaque tube de BCPL positif, on ensemence dans un tube de milieu indole mannitol muni d'une cloche de Durham., Dans les tubes montrant un trouble et un dégagement gazeux dans la cloche de Durham, on ajoute le réactif Kowacks. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneau rouge à la surface de tube autrement dit présence de coliformes fécaux E.coli. Notant le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady (**tableau X**) pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) (ANNEXE3) de coliformes fécaux (ADE Jijel, 2016).

II.4.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (D)

Les Streptocoques fécaux sont dénombrés en milieu liquide à l'aide de deux bouillons de culture (milieu de Rothe et le milieu Eva Litsky) (ANNEXE 3) Cette méthode fait appel à deux tests de présomption suivi du test de confirmation.

➤ Principe de dénombrement des streptocoques fécaux (D)

Il est effectué en Ensemencement des tubes contenant le milieu de Rothe

Les tubes présentant un trouble microbien pendant une période d'incubation seront considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal, ils seront obligatoirement soumis au test confirmatif. Notant le nombre de tubes positifs dans chaque série dans 100 ml d'eau à analyser (ADE Jijel, 2016).

➤ Test confirmatif

A partir des tubes de bouillon positif, ensemencer 2 ou 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et acide de sodium (Eva – Litsky). Un résultat positif sera considéré comme un trouble due au

développement bactérien, avec ou sans dépôt violet. Compter les tubes positifs dans chaque série et se reporter à la table de Mac Grady pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présent dans 100 ml d'eau à analyser (ADE Jijel, 2016).

II.4.3.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies-sulfitoréducteurs (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram+, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

Dans le but de détruire les formes végétatives On met des quantités d'eau à analyser dans des tubes stériles, et on les place dans un bain Marie à 80°C pendant 10 minutes puis on a refroidi rapidement à environ 45°C .

On coule dans chacun de la gélose viande foie et 0.4 ml de sulfite de sodium et d'alun de fer et on mélange (ANNEXE 3).

On considère comme spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice, toute colonie noire entourée d'un halo noir, on exprime le résultat en nombre des spores (ADE Jijel, 2016).



Photo 7. Réactifs utilisées pour les tests microbiologiques (A.D.E Jijel)

L'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau superficielle joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation. Pour atteindre cet objectif, nous avons évalué dans cette partie les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de l'Oued Amsal au niveau de la région de Ziama Mansouriah.

1.1. Paramètres organoleptiques

La couleur

Durant notre étude et lors du prélèvement, nous avons constaté que des eaux superficielles de l'Oued Amsal au niveau des stations S1, S2 et S3 sont colorées. Ces eaux ont une couleur bleu-verdâtre qui pourrait être dû à la présence des algues.

1.2. L'odeur et la saveur

D'après [Rodier\(2005\)](#), l'odeur provient, soit des produits chimiques, soit de matières organiques en décomposition, soit d'organismes aquatiques ou d'algues planctoniques en période de floraison. Dans notre cas, lors du prélèvement, les eaux des trois stations étaient inodores et sans goût.

1.3. La turbidité

Tableau 10 : Variations spatiales de la turbidité

Station	Station1	Station 2	Station 3
Paramètre			
Turbidité (NTU)	51, 8±1,131	52,5±1,272	52,1±0,848

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sables, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques mortes ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau ([Rodier et al., 2005](#) ; [Hade, 2007](#)).

Les résultats obtenus de la turbidité varient entre une valeur minimale de **51, 8 NTU** enregistrée au niveau de la sation1 et une valeur maximale **52,5 NTU** au niveau de la station

2. Ces résultats restent confirmés à la valeur guide (NTU > 50), donc l'eau est considérée comme colorée (trouble).

Cette variation pourrait être expliquée par les rejets des activités exercées à la périphérie de l'Oued.

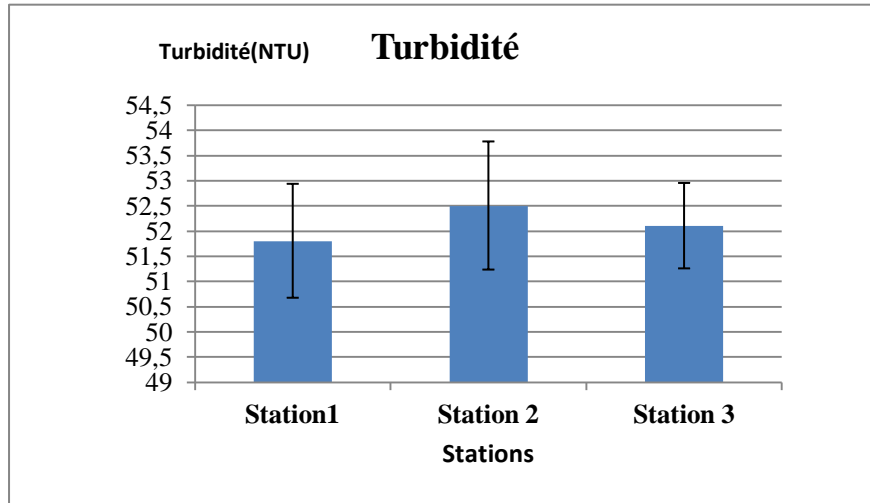


Figure 13 : Variation de la turbidité en fonction des stations

II. Paramètres physiques

Les résultats (moyennes) des paramètres physiques (T°, pH, CE) obtenus sont mentionnés dans le tableau 11.

Tableau 11: Variations spatiales des paramètres physiques

Stations	Station T	Station1	Station 2	Station 3
Température (°C)	18	18,15±0,021	18,1±0	18,5±0,565
Ph	7.61	7,87±0,021	7,78±0,056	7,66±0,077
Conductivité électrique (mS/cm)	0,90333	5,715±0,544	6,130±0,94	3,955±0,60

II.1. La température de l'eau

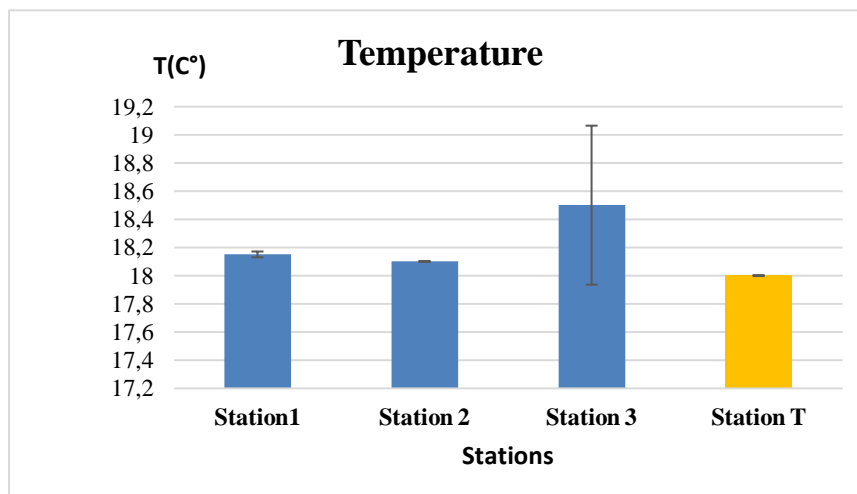


Figure 14 .Variation de la température en fonction des stations

L'évolution de la température d'un cours d'eau reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, la durée de l'ensoleillement, le débit et la profondeur (Neely et al, 1980) et d'autre part selon Ramade (2000), la température, considérée comme un facteur écologique majeur dans les biotopes terrestres et aquatiques, peut varier en fonction du temps (l'heure) et de l'espace (lieu de relevé). Celle d'un plan d'eau peut en effet être fortement influencée par les conditions environnementales, entre autres, l'altitude, l'exposition, la profondeur, etc.

Les valeurs obtenues (Tableau 11) varient légèrement entre les trois stations. Elles sont comprises entre une valeur minimale de **18,1 °C** (station 1) et une valeur maximale de **18,5 °C** (station 3).

Selon la grille de qualité des eaux de surface, les températures mesurées dans les eaux de l'Oued Amsal appartiennent à la classe bonne à excellente qualité.

Cependant la température enregistrée est presque stable entre l'amont (station T) et l'aval (stations 1, 2 et 3) (Figure 14).

Cette légère différence peut être due aux conditions climatiques (température de l'air ambiant) et la topographie des stations.

II.2. Potentiel hydrogène (pH)

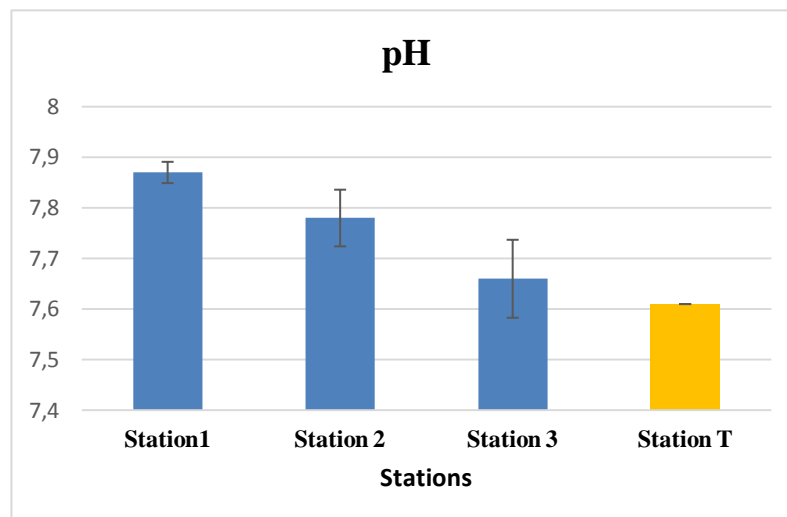


Figure 15. Variation du pH en fonction des stations.

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique. Il dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique du bassin versant. Vu leur caractère tampon, les variations de pH n'affectent les eaux naturelles que difficilement. C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau.

Selon [Rodier, \(2009\)](#), le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés.

Pour les trois stations étudiées (S1, S2 et S3), les valeurs du pH oscillent entre une valeur maximale **7,66** au niveau de la station 3 et une valeur minimale **7,87** enregistrée au niveau de la station 1 ([Tableau 11](#)). Ces valeurs révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans les trois stations.

D'après la grille de qualité des eaux de surface (SEQ-Eau) ces eaux sont de qualité excellente. ([Figure 15](#)).

On outre nous avons constaté une légère augmentation de l'amont (station T avec une valeur de 7.61) vers l'aval (stations 1,2 et 3).

Cela peut être expliqué par la nature des terrains traversés qui sont en majorité des terrains calcaires et également de la nature des rejets qui y sont déversés.

II.3. Conductivité électrique (CE)

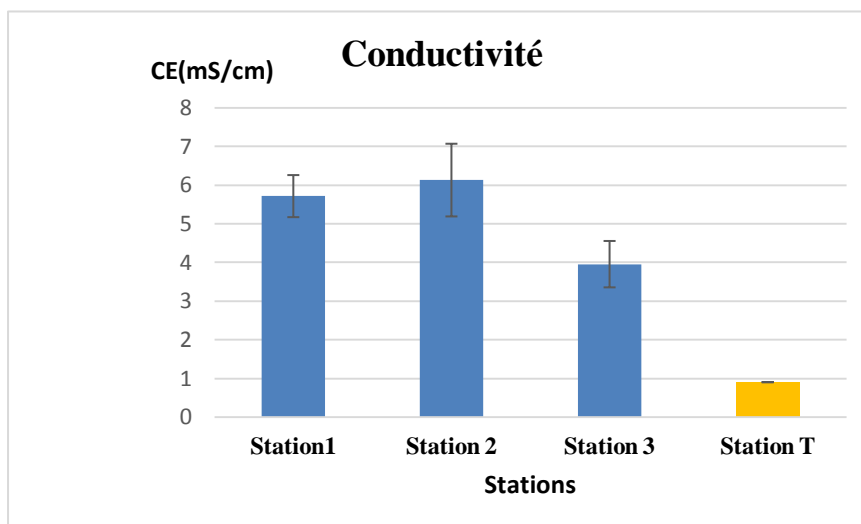


Figure 16. Variation de la conductivité en fonction des stations.

Selon Rodier et al. (2005), la mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. D'une façon générale la conductivité électrique s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, La figure 16 montre une augmentation de la conductivité électrique de la station T (amont) vers les stations 1,2 et 3 (aval). Ces valeurs oscillent entre une valeur minimale de **3,955 mS/cm** (station 3) et une valeur maximale de **6,130 mS/cm** (station 2) (Tableau 11).

Ces résultats indiquent une excellente qualité et une faible minéralisation pour l'eau de l'amont ainsi qu'une très mauvaise qualité et une forte minéralisation pour l'eau de l'aval.

Cette élévation pourrait être liée à la géologie du terrain traversé riche en sels minéraux, induisant une forte minéralisation de l'eau.

III. Les éléments minéraux

Tableau 12 : Résultats obtenus des éléments minéraux

Station	Station (T)	Station1	Station 2	Station 3
Paramètre				
TAC (°F)	5.5	4,2±0,141	4,25±0,70	4 ±0
TH (°F)	39	31,25±1,06	29,5±0	27,25±1,76
Chlorures (mg/L)	33.13	76,325±7,53	51,475±12,67	78,1±1,76

III.1. Alcalinité ou titre alcalimétrique complet (TAC)

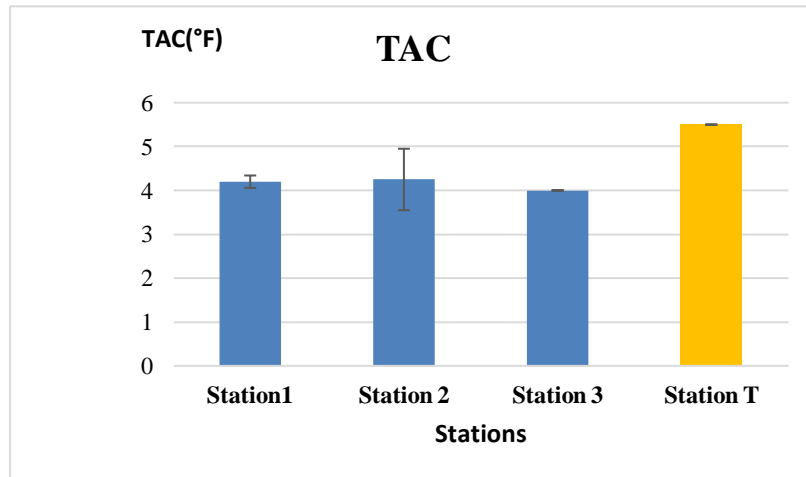


Figure 17. Variation du TAC en fonction des stations

Le TAC (titre alcalimétrique complet) traduit le caractère basique d’une eau. L’alcalinité augmente en présence d’apport d’origine urbaine (phosphates, matières organiques) ou industrielle. Si le pH est compris entre 4.5 et 8.3, ce qui est le cas des eaux naturelles, les seuls éléments alcalins présents en quantité mesurable par titrage sont les bicarbonates HCO_3^- (REJESK, 2002).

Les concentrations du TAC au niveau des stations 1, 2 et 3 varient entre une valeur minimale de 4°F (station 3) et une valeur maximale de 4,25°F (station 2) (Tableau 12).

On outre il y a une diminution de TAC de l’amont « station T » (5,5°F) vers l’aval (Figure 17) Ces valeurs montrent que l’eau analysée est alcaline et de moyenne qualité selon la grille d’évaluation des eaux (SEQ-EAU).

III.2. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

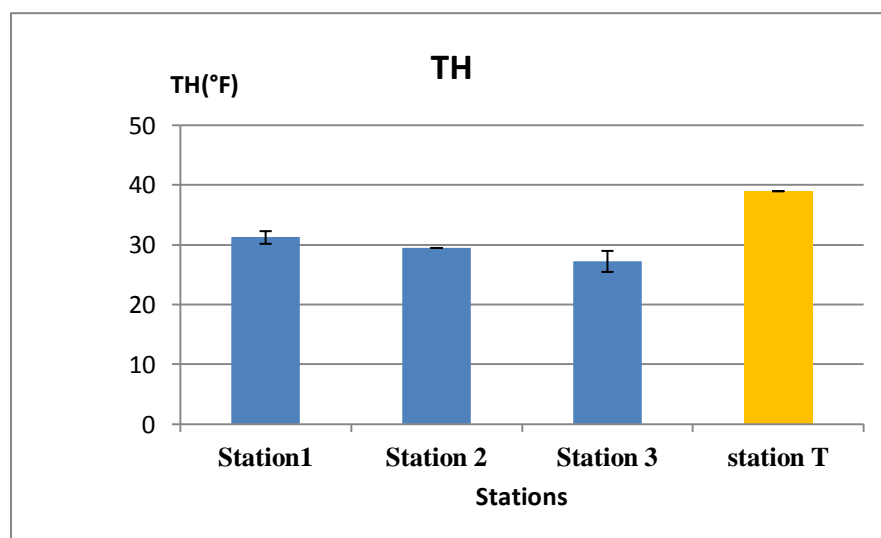


Figure 18. Variation du TH en fonction des stations

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Rodier, 2009).

La dureté totale de l'eau des stations 1, 2 et 3 est comprise entre une valeur minimale de 27,25 (station 3) et une valeur maximale de 31,25 °F (station 1), (272,25 et 312,5 mg/l de CaCO_3) (Tableau 12).

Elle diminue de l'amont (station T) avec une valeur de 39°F vers l'aval (les stations 1, 2 et 3) (figure 18). La dureté d'une eau peut être influencée par des facteurs externes tels que la pollution industrielle. Cette eau est de moyenne qualité selon la grille d'évaluation des eaux (SEQ-EAU)

III.3. Chlorures (Cl^-)

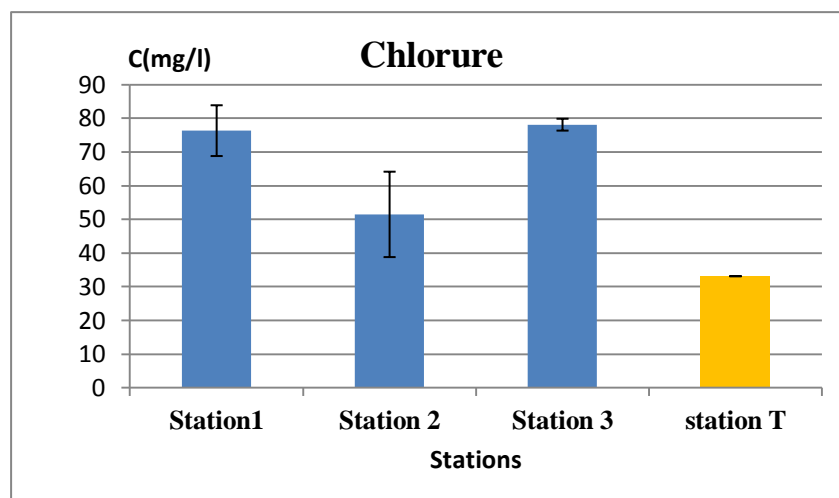


Figure 19. Variation des chlorures en fonction des stations

Les résultats du tableau 12 montrent que la teneur en chlorures pour les trois stations 1, 2 et 3 est comprise entre une valeur minimale 51,475 mg/l au niveau de la station 2 et valeur maximale de 78,1 mg/l au niveau de la station 3 (Tableau 12).

Selon la figure 19, on remarque que les valeurs obtenues au niveau des trois stations sont supérieures à celle de la station T (35,5 mg/L).

D'après SEVESC (2013), les chlorures sont très répandus dans la nature généralement sous forme de sels du sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Chaker et Slimani, 2014).

Pour Rodier et al., (2005), les teneurs en chlorures des eaux, sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

Cependant, et selon la grille de qualité des eaux de surface, les teneurs en chlorures sont très faibles dans toutes les stations, elles ne dépassent pas 180 mg/l, donc les eaux de l'Oued ont une excellente qualité.

IV. Paramètres de pollution

Les résultats (moyennes) des paramètres de pollution (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, DBO₅, DCO) sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13: Résultats obtenus des paramètres de pollution.

station paramètre	Station T	Station 1	Station 2	Station 3
Azote ammoniacal (mg/L)	0.073	0,145±0,063	0,192±0,024	0,195±0,007
Nitrite (NO₂⁻) (mg/L)	0.01	0,01±0,0033	0,0083±0	0,01±0,0033
Nitrates (NO₃⁻) (mg/L)	9.509	137,13±6,31	132,92±8,44	174,79±71,81
Phosphate (mg/L)	0.04	1,43±0,141	1,6±0,155	1,89±0,212
Sulfate (mg/L)	65.2	9,4±0,777	36,98±38,75	8,43±0,66
DBO₅ (mgO₂/L)	1,5	2,5±2,12	3±2,82	5±3,53
DCO (mgO₂/L)	6.9	109±24,04	74,5±82,73	90,5±33,23

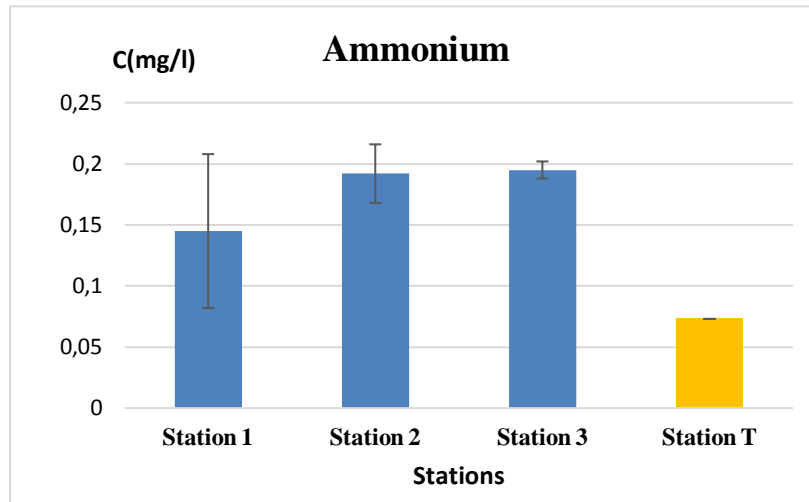
IV.1. L'Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Figure 20. Variation de l'ammonium en fonction des stations

Le cation NH₄⁺ est produit par réaction acido-basique de l'eau et de façon générale de tout acide avec l'ammoniac NH₃. En revanche, en milieu basique à pH supérieur à 9,2, le NH₃ se dégage dans l'atmosphère (Ramade, 2000).

Les résultats des analyses ont montré des concentrations en ammonium variant entre

0,145 et **0,195 mg/l** pour les stations **1** et **3** respectivement (Tableau 13).

On remarque aussi une augmentation de la teneur en NH₄ de l'amont vers l'aval avec une valeur de **0,073 mg/l** dans la station **T** (Figure 20).

Cette augmentation pourrait être expliquée par la présence d'une décomposition de matières azotées. Les ions ammonium des eaux superficielles résultent de la décomposition des déchets végétaux et animaux (présence d'une décharge entre la station T et les stations 1, 2 et 3). Ils se transforment rapidement en nitrites et en nitrates par oxydation.

Selon les valeurs guides, les résultats reflètent une eau d'une bonne qualité.

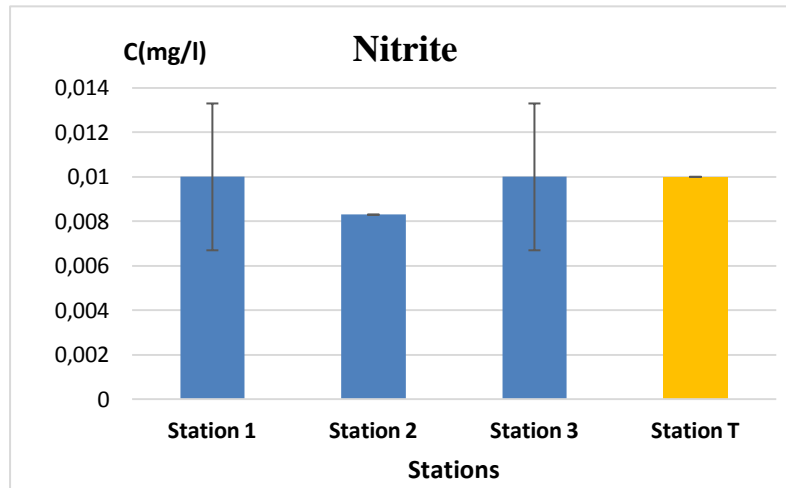
4.2. Nitrite (NO_2^-)

Figure 21. Variation des nitrites en fonction des stations

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Bouziani, 2000 ; Savary, 2010).

La variation des teneurs en nitrites entre les trois stations (1, 2 et 3) est très faible. On remarque aussi une légère variation de l'amont vers l'aval avec une valeur de **0,01mg/l** de la station témoin (Figure 21).

Les valeurs enregistrées sont conformes aux valeurs normes, elles reflètent une eau d'excellente qualité.

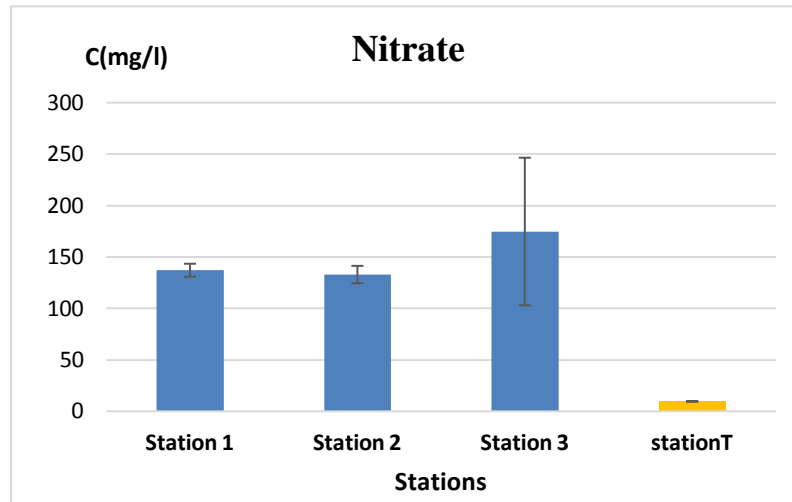
IV.3. Nitrate (NO_3^-)

Figure 22. Variation des nitrates en fonction des stations

L'apport de nitrates dans le sol, puis dans les eaux, est fortement lié à la quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. Les actions anthropiques sont donc importantes : utilisation d'engrais azotés et de lisier. De même, les rejets de stations d'épuration ou plus simplement de latrines et fosses septiques représentent un apport en matières organiques susceptibles de produire des nitrates (Demdoum, 2010).

D'après le tableau 13 et la grille de qualité, les teneurs en nitrates enregistrées montrent une qualité très mauvaise pour la station 1 avec une valeur de **132,92 mg/l** ; une qualité moyenne pour la station 2 avec une valeur de **132,92 mg/l** et une qualité très mauvaise pour la station 3 avec une valeur de **174,79 mg/l**. Ces valeurs dépassent les valeurs guides.

On remarque aussi qu'il y a une augmentation des valeurs des nitrates de l'amont vers l'aval : station T (**9.509 mg/l**) (Figure 22).

IV.4. Phosphate

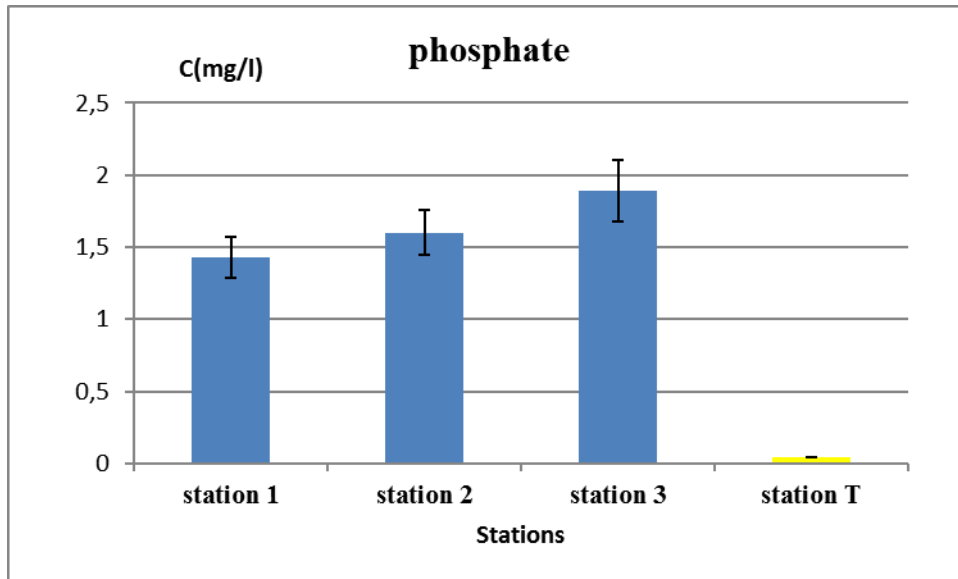


Figure 23 .Variation des phosphates en fonction des stations

Sels de l'acide ortho phosphorique, les phosphates représentent des éléments essentiels pour les végétaux autotrophes. Dans les écosystèmes aquatiques, les sédiments stockent des phosphates et constituent ainsi un puits pour ces derniers (Ramade, 1998).

Les teneurs en phosphates enregistrés dans les trois stations (1,2 et 3) (aval) sont respectivement de **1,43mg /l**, **1,6mg/l** et **1,89mg/l**. On conclue que la qualité de ces eaux est mauvaise (Tableau13).

Pour la station **T** (amont), la teneur en phosphates est égale à **0,04 mg /l**, ce qui indique que les eaux de cette station sont d'excellente qualité. Cependant, on remarque une augmentation de la teneur du phosphate de l'amont vers l'aval (Figure 23).

IV.5. Sulfate

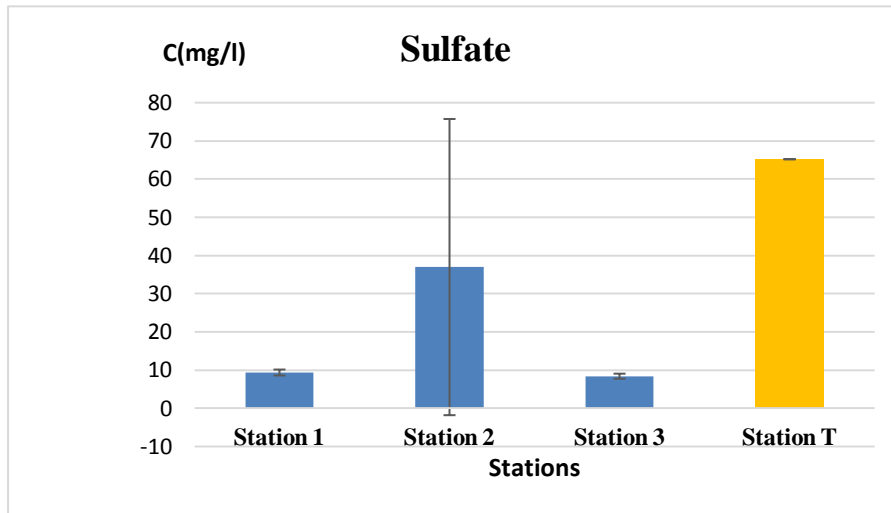


Figure 24 .Variation des sulfates en fonction des stations

Les sulfates qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse ou apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (Beriere, 2000).

Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau peut entrainer des troubles intestinaux. Les concentrations admissibles sont de l'ordre de 400 mg.L⁻¹(Bouziani, 2000).

Les concentrations des sulfates estimés après l'analyse des eaux de l'oued Amsal sont de **9,4mg/l**, au niveau de la station 1, **36,98 mg/l** pour la station 2 et enfin **8,43 mg/l** pour la station 3 (Tableau 13).

On déduit que la qualité des eaux de ces trois stations est excellente. Aussi on remarque une diminution de la teneur des phosphates de l'amont vers l'aval (Figure 24).

IV.6. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

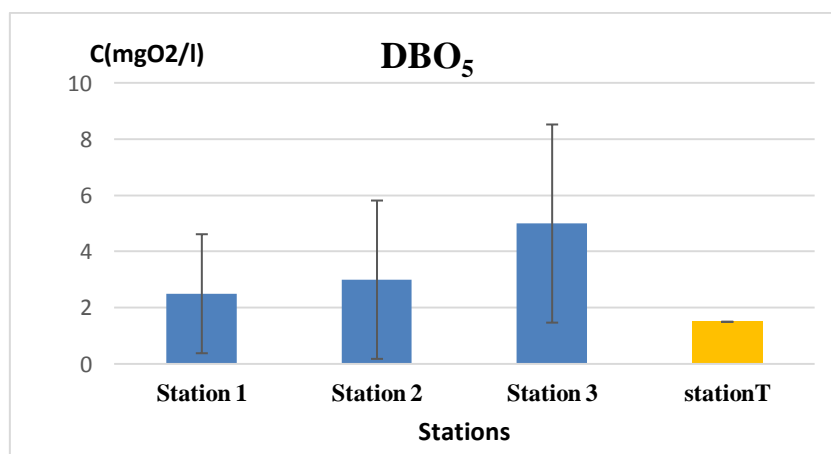


Figure25.La demande chimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par des bactéries). Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées.

Les valeurs moyennes enregistrées varient entre une valeur minimale de **2,5 mgO₂/l (station 1)** et une valeur maximale de **5 mgO₂/l (station 3)**.

Pour la station **T**, on a une faible DBO5 (**1,5mgO₂/l**) par rapport aux autres stations (Figure 25). Elle est probablement due à l'absence des apports organiques, et au taux d'oxygène dissous plus élevé.

Cependant on remarque une augmentation de la demande biochimique en oxygène de l'amont vers l'aval,

D'après les teneurs de la DBO obtenues et la grille d'évaluation de la qualité des cours d'eau, on constate que les eaux de la station 1 sont de bonne qualité ; celles de la station 2 et 3, ont une qualité excellente (Tableau 13).

IV.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

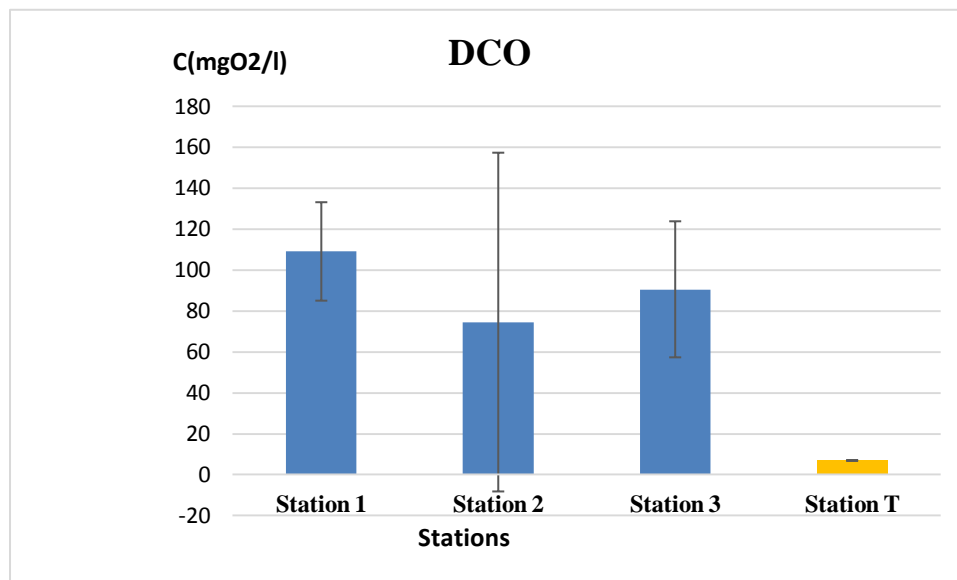


Figure 26. Variation de la DCO en fonction des stations

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectuée à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présents dans l'eau.

Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques (De Villers et al., 2005). Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon. Les eaux des égouts, les eaux résiduelles industrielles et les eaux polluées en général consomment de l'oxygène par des actions réductrices sans intervention des micro-organismes (REJESK, 2000).

D'après le tableau 13 et la grille d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-EAU), les teneurs de la DCO sont de **109 mg O₂/l** dans la station **1**, donc c'est une eau de très mauvaise qualité ;**74,5 mg O₂/l** dans la station **2**, ce qui indique une qualité des eaux mauvaise et **90,5 mg O₂/l** enregistrée dans la station **3**, donc l'eau est de très mauvaise qualité. Ces valeurs restent largement supérieures par rapport à la station **T (6,9 mg O₂/l)** (Figure 26).

D'après les résultats obtenus on peut conclure qu'elles dépassent largement la norme adoptée, de ce fait on peut dire que la charge polluante est très élevée avec la présence des matières non biodégradables car la DCO est supérieure à la DBO₅.

Ces résultats reflètent l'impact des quantités apportées par les eaux usées domestiques et des déchets urbains sur les différentes stations.

V. Résultats des éléments traces métalliques dans l'eau

Le **tableau 14** présente les résultats (moyennes) obtenus des éléments traces métalliques exprimés en (ppm).

Tableau 14: Résultats obtenus des éléments traces métalliques.

Stations	Station T	Station 1	Station 2	Station 3
ETM				
Zinc (Zn) (ppm)	0.0032	0,025±0,0014	0,02685±0,0074	0,01141±0,119
Cadmium(Cd)(ppm)	0.0195	0,068±0,019	0,06325±0,0067	0,0483±0,0086
Cuivre (Cu) (ppm)	0.03586	0,01815±0,00077	0,02475±0	0,0187±0,0062

V.1. Zinc (Zn)

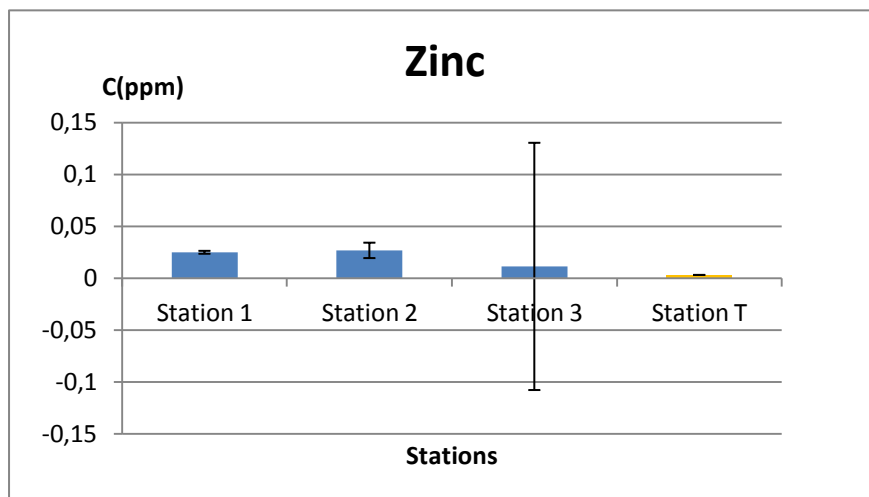


Figure 27. Variation du zinc en fonction des stations

Le zinc se retrouve dans les roches généralement sous forme de sulfure. Le minerai le plus répandu est le sulfure de zinc (blende). L'extraction du zinc se fait par grillage du minerai. En métallurgie, il entre dans de nombreux alliages ; il est aussi très employé pour la galvanisation des pièces métalliques, dans la fabrication de pigments pour la teinture, les vernis, comme raticide (phosphure de zinc) et dans la fabrication de produits phytosanitaires. La présence de zinc dans les eaux de surface doit être rattachée à des activités industrielles (Rodier, 2009).

Les valeurs moyennes du zinc enregistrées oscillent entre une valeur minimale de **0,01141 ppm** enregistrée dans la station **3** et une valeur maximale de **0,02685 ppm**, dans la station **2** (Tableau 14).

Les valeurs de zinc enregistrées dans les trois stations (**1, 2 et 3**) sont supérieures par rapport à celle enregistrée dans la station **T** (Figure 27), donc une augmentation de l'amont vers l'aval. Cela peut être expliqué par la nature des rejets déversés dans l'oued (présence d'une décharge entre la station T et 1, en plus des rejets domestiques dans les trois stations 1, 2 et 3)

Selon la grille d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-EAU), l'eau est d'excellente qualité.

V.2. Cadmium (Cd)

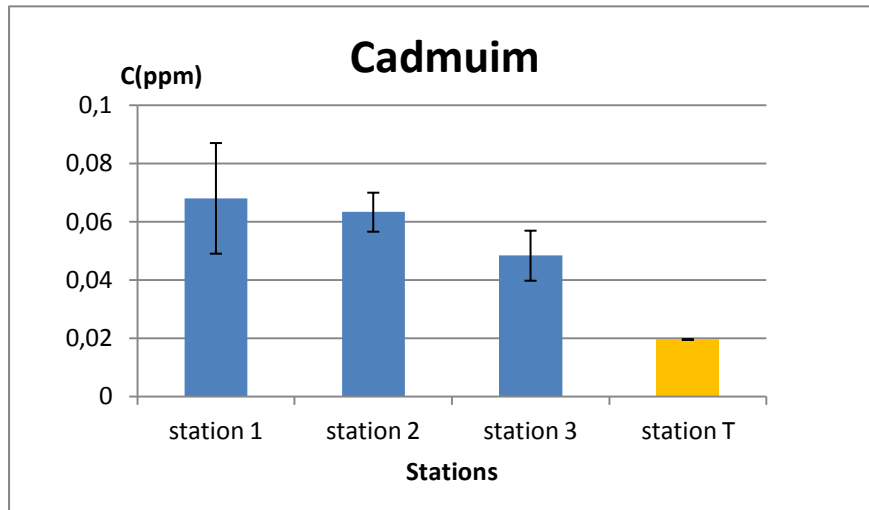


Figure 28. Variation du cadmium en fonction des stations

Les valeurs enregistrées en cadmium témoignent d’une contamination inégale et parfois importante. En effet, elles varient, au niveau des trois stations, entre une valeur minimale de **0,0483ppm** dans la station 3 avec une qualité moyenne de l’eau et une valeur maximale de **0,068ppm** dans la station 1 avec une mauvaise qualité (Tableau 14).

L’analyse de l’eau des trois stations (1,2 et 3) présentent des valeurs dépassant la concentration enregistrée au niveau de la station T (Figure 28).

Le cadmium est un métal relativement rare dans la nature. Sa stabilité dans l’eau est fonction du pH et du potentiel d’oxydoréduction. Son origine, d’un point de vue industriel, est liée aux matières plastiques, huiles de moteurs, piles et dans les produits de stabilité thermique (Debieche, 2002).

V.3. Cuivre (Cu)

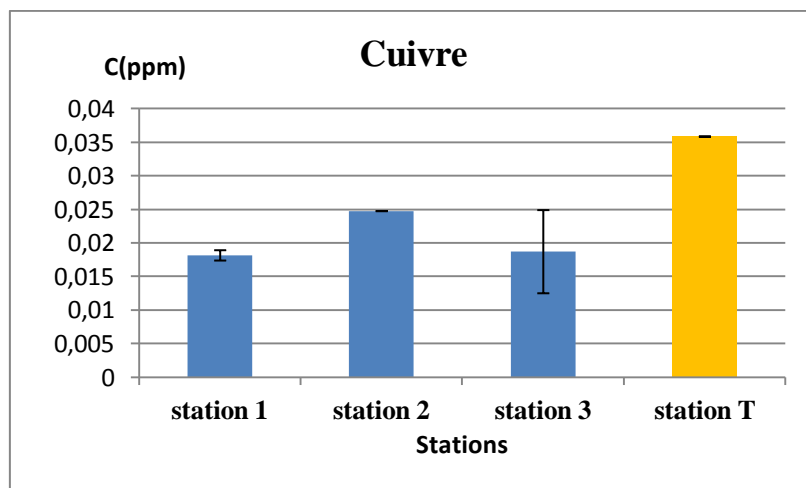


Figure 29. Variation du cuivre en fonction des stations

Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés. Il peut se rencontrer dans certaines eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1 mg/l (Rodier et al., 2009).

Lors de notre étude, les valeurs enregistrées varient entre une valeur minimale de **0,01815 ppm** au niveau de la station **1** et une valeur maximale de **0,02475 ppm** au niveau de la station **2** (tableau 14). Ces résultats restent inférieurs à la concentration observée au niveau de la station **T** (**0.03586ppm**). On remarque aussi une diminution des teneurs de cuivre de l'amont vers l'aval. D'après les normes de l'OMS (**2ppm**) on déduit que les valeurs du cuivre obtenues sont acceptables. Ce constat nous permet de considérer la qualité de l'eau de ce plan d'eau comme étant dans état encore acceptable à l'heure actuelle (Figure 29).

6. Analyse en composantes principales (ACP)

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physicochimiques et pour mieux évaluer la qualité de l'eau de l'oued Amsal, un traitement statistique ACP a été appliqué à l'ensemble des paramètres, cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques. Pour cela cette ACP a été effectuée sur une matrice des données constituée d'un prélèvement au cours desquels les 16 variables : température(T), conductivité(CE), potentiel Hydrogène(PH) ,Chlorure,(TH),(TAC),nitrite(NO2),nitrate(NO3),Ammonium(NH4),phosphate,sulfate,DBO5,DCO,Cadmium(Cd), Zinc (Zn), cuivre(Cu) ont été mesurées.

Les valeurs propres de l'ACP des deux composantes F1 et F2 et leur contribution à l'inertie totale sont présentés sur les Figures (30) et (31).

VI. Analyse en composante principale

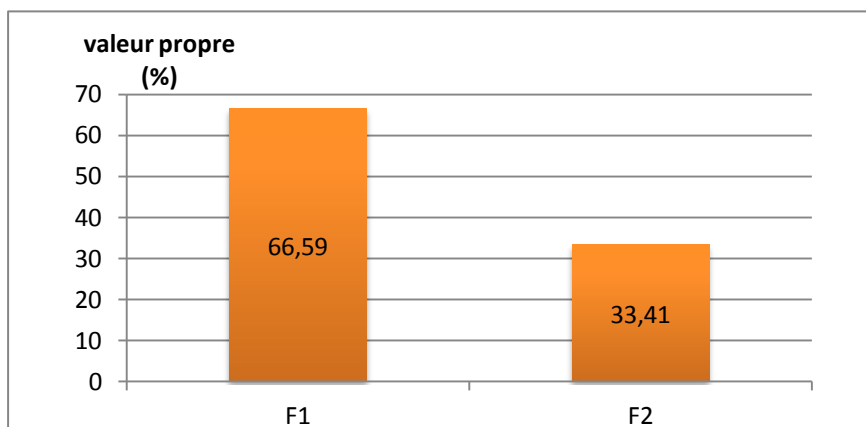


Figure30. Répartition de l'inertie entre les axes des paramètres physico-chimiques d'eau d'oued Amsal selon le plan F1× F2.

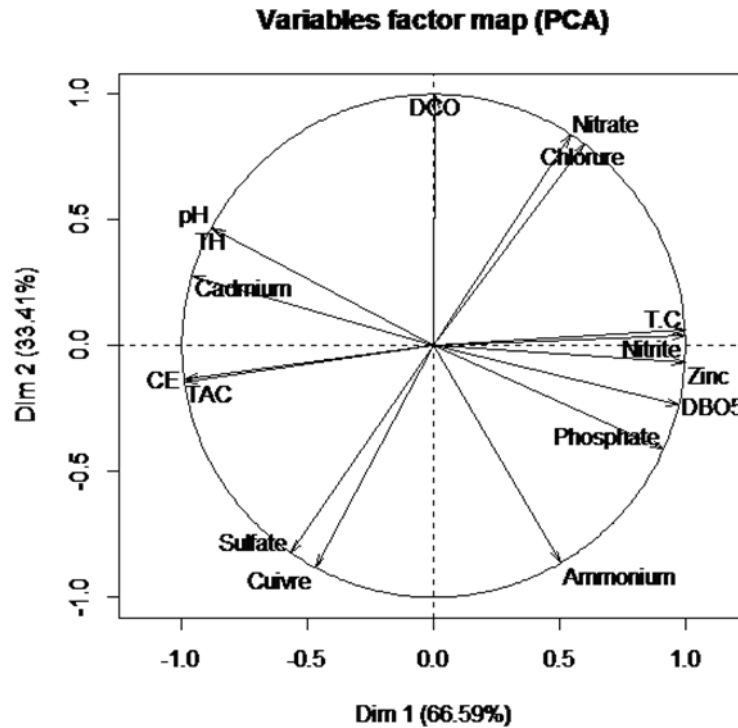


Figure31. Cercle de corrélation des variables dans le plan formé par l’axe F1 et l’axe F2.

L’analyse en composantes principales (ACP) a pour but la détermination des liens existants entre les éléments et leurs origines. Cette analyse a été effectuée par le logiciel **R** (version 3.4.3).

L’analyse du plan factoriel **F1** (Dim 1) et **F2** (Dim 2) montre une inertie totale de 100 % pour les deux axes F1 et F2.

L’axe **F1** de la figure 31, présente une corrélation positive avec le nitrate (NO₃), le Zinc (Zn), la DBO₅, le phosphate, l’Ammonium(NH₄), le Nitrite (NO₂), la DCO, les chlorures, la température, il décrit l’enrichissement des eaux par ces éléments, il représente aussi une corrélation négative avec le pH, la Conductivité électrique (CE), la TAC, la dureté(TH), le sulfate, le Cadmium, le sulfate et le cuivre

Cependant la TH, le pH et le cadmium ont une corrélation positive avec l’axe **F2** par contre la conductivité(CE), la TAC, le sulfate, le cuivre sont corrélés négativement.

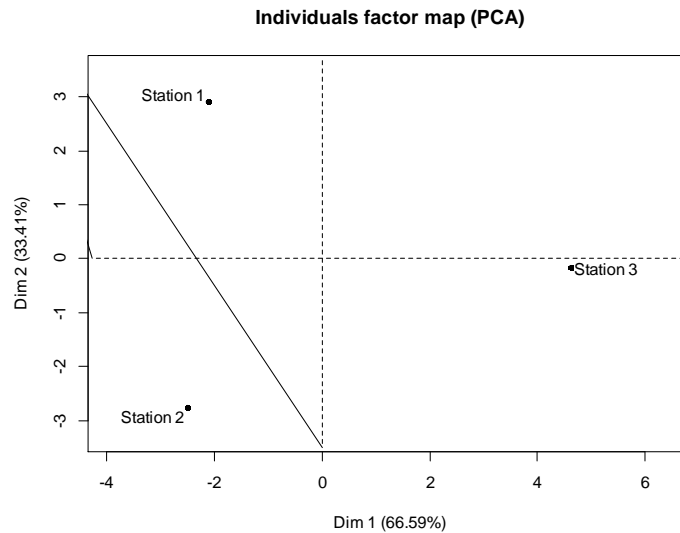


Figure32. Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel F1 et F2

La projection des stations sur le plan factoriel **F1** et **F2**, cependant l'axe **F1** résume (porte) un taux d'information du **66,59%** représentent la station **3** et l'axe **F2** résume (porte) un taux d'information du **33,41%** représentent les deux stations **1** et **2**. La station **1** est la plus caractérisée par le Cadmium (Cd), la dureté (TH), le pH, le chlorure et le Nitrite qui contribue le plus. La station **2** est caractérisée par la présence de conductivité (CE), la TAC, le sulfate et le cuivre, ce dernier (Cu) c'est le paramètre qui contribue le plus.

Alors que la station **3** par celle de phosphate, Ammonium, zinc, température. Cependant l'ammonium est le paramètre dominant dans cette distribution (Figure32).

6.1.Corrélation entre les paramètres physiques, éléments minéraux et les paramètres de pollution dans l'eau

L'examen de la matrice de corrélation entre variables (Tableau 15) révèle la présence d'un premier ensemble de variables, constitué de variables bien corrélées entre elles. Il s'agit de : CE&Cd, T&pH, DBO₅&NO₃, DBO₅&Orp, DBO₅&Zn, CE&TH, CE&TAC, DCO& DBO₅, Orp&NO₃, T&Orp, Zn&Orp.

Tableau15. Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques des eaux analysées

Variable	Ammonuim	Cd	CE	Chlorure	Cu	DBO5	DCO	Nitrate	Nitrite	pH	Phosphate	Sulfate	T	TAC	TH	Zn
Ammonuim	1	-0,726	-0,386	-0,392	0,789	0,694	-0,86	0,466	-0,452	-0,81	0,814	0,426	0,445	-0,377	-0,849	0,560
Cd		1	0,9145	-0,346	0,385	-0,998	0,274	-0,946	-0,283	0,876	-0,990	0,312	-0,939	0,910	0,9797	0,976
CE			1	-0,696	0,632	-0,932	-0,138	-0,996	-0,647	0,753	0,850	0,669	-0,997	0,999	0,815	-0,98
Chlorure				1	-0,993	0,389	0,806	0,629	0,997	0,798	0,214	-0,999	0,648	-0,703	-0,152	0,541
Cu					1	-0,248	-0,885	-0,507	-0,996	-0,986	-0,067	0,993	-0,528	0,59	0,004	-0,411
DBO5						1	-0,229	0,96	0,327	-0,858	0,983	-0,355	0,953	-0,928	-0,969	0,985
DCO							1	0,049	0,844	0,984	-0,404	-0,827	0,073	-0,147	0,46	-0,059
Nitrate								1	0,576	-0,832	0,893	-0,601	0,999	-0,995	-0,863	0,994
Nitrite									1	-0,989	0,148	-0,999	0,596	-0,654	-0,086	0,484
pH										1	-0,997	0,111	0,849	0,807	0,999	0,911
Phosphate											1	-0,178	0,882	-0,844	-0,998	0,937
Sulfate												1	-0,619	0,676	0,116	-0,51
T													1	-0,997	-0,851	0,991
TAC														1	0,809	-0,978
TH															1	-0,913
Zn																1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha =0.05

L'analyse du tableau 15 nous montre qu'il existe des corrélations significatives à très hautement significatives entre les variables.

Une corrélation hautement significative a été enregistrée entre la température et le pH ($R^2=0,849$) effectivement le pH augmente avec la température.

Aussi on remarque une corrélation positive très hautement significative entre DBO_5 et les paramètres Nitrate ($R^2=0,96$), phosphate ($R^2=0,983$) et Zinc ($R^2=0,815$).

Cependant une corrélation hautement significative mais négative est remarquée entre la DCO et la DBO_5 ($R^2=-0,885$) dans ce cas l'augmentation de la DCO est suivi pas la diminution de la DBO_5 .

On outre une forte corrélation remarquée de la conductivité électrique avec la dureté ($R^2=0,815$) et l'alcalinité ($R^2=0,999$).

Une corrélation hautement significative et positives Observé entre la température et le phosphate ($R^2=0,849$) ainsi que celle entre les phosphates et les nitrates ($R^2=0,893$).

Pour ce qu'est des éléments traces métalliques on remarque une corrélation hautement significative positive de Zinc avec le phosphate ($R^2=0,937$) et avec le nitrate ($R^2=0,994$).

VII. Analyses microbiologiques

Le suivi de la qualité bactériologique de l'oued consiste en la recherche et le dénombrement des germes suivants : les coliformes totaux (CT), les Streptocoques fécaux (SF) ainsi que les spores de Clostridium sulfite réducteurs (CS-R). Ces germes sont choisis par l'OMS comme témoins de contamination fécale.

La raison de ce choix réside dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide (entre 24 et 48h). La lecture sera avec l'aide de la tables NPP qui indiquent les combinaisons de résultats de tubes négatifs et positifs qu'il est probable de rencontrer. La table donne des indices NPP par 100 ml d'échantillons et limites de confiance à 95% (avec 3 séries de 3 tubes contenant 10, 1, et 0.1 ml d'échantillon).

VII.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune

maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles.

Les analyses effectuées montrent un résultat positif des coliformes totaux avec une présence de couleur jaune et gaz dans les cloches (Photos 8), par contre on remarques un taux de coliformes totaux faible a la station T (23, 14,15), le tableau suivant présent les différentes valeurs obtenues lors de la détermination du dénombrement de coliformes totaux en n germes /100ml dans l'oued de Amsal . Les résultats obtenus varient entre une valeur maximale de 1400/100 ml dans la troisième station et une valeur minimale de 240/100 ml dans la première station (Tableau 16) (figure 33).

Tableau 16 : Résultats obtenus des coliformes totaux

Station	Station T			Station I		
	Station1	Station 2	Station 3	Station1	Station 2	Station 3
Série 1	3	2	2	3	3	3
Série 2	0	0	1	3	3	3
Série 3	0	1	0	0	1	3
NPP dans 100 ml	23	14	15	240	460	1400

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Voir l'annexe 3).

En remarque une augmentation de coliformes totaux de l'amont (station T) vers l'aval (station I), cela peut être due aux eaux usées déversées dans les eaux de cet Oued, aux rejets domestiques, et à l'infiltration des eaux de pluie.

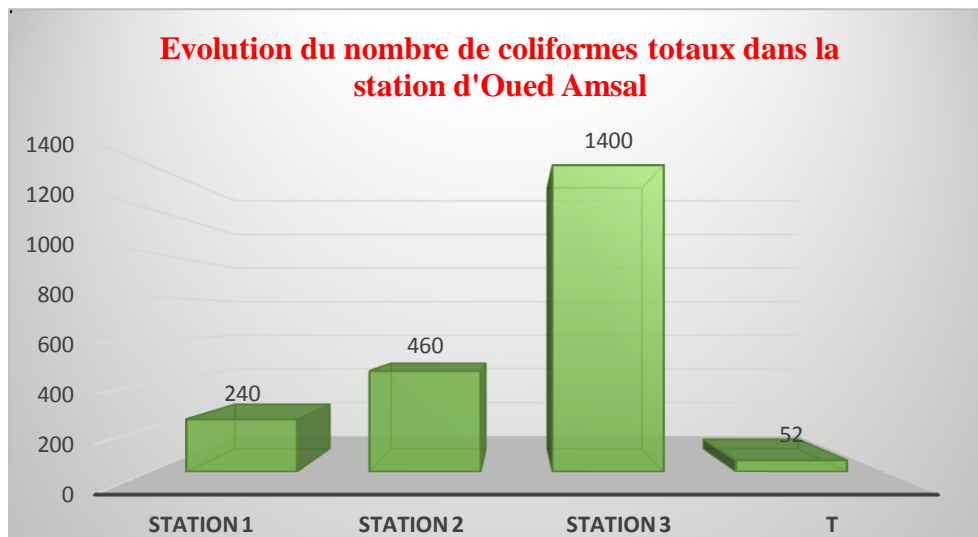


Figure 33 : Evolution du nombre de coliformes totaux dans les stations de l'Oued Amsal.



Photo 8. Formation de la couleur jaune et gaz dans les cloches

La consultation de la grille de qualité globale des eaux superficielles révèle que les eaux de l'Oued Amsal sont de bonne qualité pour ce paramètre ([Annexe 1](#)).

VII.2. Escherichia coli

La détection d'E. coli dans une eau de consommation est une indication d'une contamination d'origine fécale ([Elmund et al, 1999](#)), qui doit faire sérieusement soupçonner la présence d'autres micro-organismes pathogènes. E. coli est l'indicateur spécifique à ce type de contamination, et il est plus facile de l'identifier comparativement à d'autres indicateurs ou des micro-organismes pathogènes spécifiques ([Santé Canada, 2012 ; WHO, 2011](#)).

Les tubes sont considérés comme positifs dans les stations 2 et 3, ils présentant à la fois un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la production

d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs et une incubation dans une température de 44°C (photo 9).

Par ailleurs en remarque une absence de *E. coli* dans la station T. cette dernière est considérée comme loin de toute source de pollution.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Voir l'annexe 3) en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

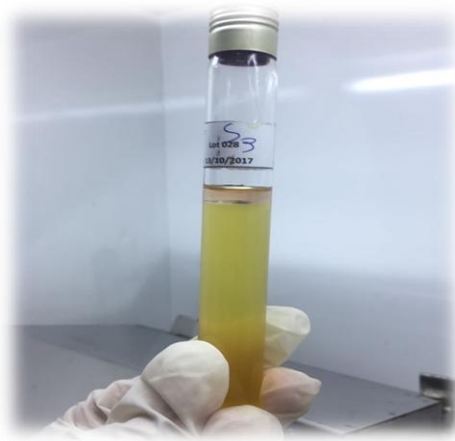


Photo 9. Formation d'anneau rouge et production de gaz dans le tube.

Cette contamination peut être due aux déchets de toutes natures rejetés dans l'Oued (eaux usées plus précisément).

VII.3. Streptocoques fécaux (D)

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéro pathogènes [Chevalier, \(2002\)](#); [Ladjel, \(2009\)](#).

Selon [Rodier et al. \(2005\)](#), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Voir l'annexe3).

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux ([Tableau 17](#)) montrent un résultat positif d'une croissance bactérienne et bastille blanche des tubes de trois stations ([photo 10](#)), avec une incubation de 24h. Une valeur maximale de 460/100 ml est enregistrée dans la troisième station et une valeur minimale de 3/100 ml dans la deuxième station ([Figure 34](#)).

Pour la station T, les valeurs varient entre un taux maximal de 210/100 ml dans les stations 1 et 3 et un taux minimal de 43/100 ml dans la station 2.

Tableau 17 : Résultats obtenus des streptocoques fécaux.

Station	Station T			Station I		
	Station1	Station 2	Station 3	Station1	Station 2	Station 3
Série 1	3	3	3	2	0	3
Série 2	2	1	2	1	1	3
Série 3	2	0	2	0	0	1
NPP dans 100 ml	210	43	210	15	3	460

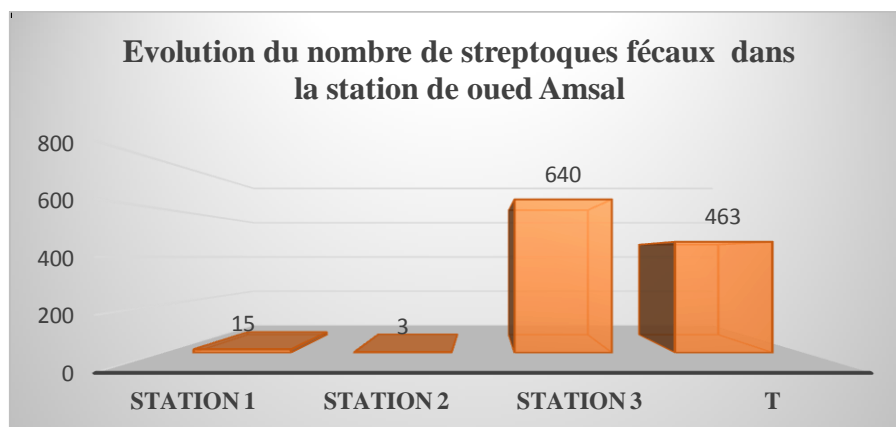


Figure 34. Evolution du nombre de streptocoques fécaux dans les stations de l’Oued Amsal.

La consultation de la grille de qualité globale des eaux superficielles ([Annexe 1](#)) révèle que les eaux de l’Oued Amsal sont de bonne qualité pour ce paramètre.

VII.4. Clostridium sulfito-réducteurs

Les Clostridium sulfito- réducteurs sont aussi d’origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Elles sont souvent recherchées pour vérifier l’autoépuration des sols vis-à vis de l’eau.

Les deux formes des Clostridium Sulfito- Réducteurs (sporulées et végétatives) sont absentes dans les trois stations étudiées (Photo 10) ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence. Le même résultat est obtenu pour la station la station T.



Photo 10. Absence de formation de spores noires

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan physico-chimique que bactériologique.

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'Oued Amsal dans la wilaya de Jijel, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

Du point de vue organoleptiques, les échantillons prélevés sont non clairs et ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.

Concernant les paramètres physico-chimiques étudiés, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé que le pH de ces eaux est correct, et leur température est acceptable. Par contre la conductivité est très importante de l'ordre de 6.130 ms/cm, donc c'est une eau fortement minéralisée.

On a obtenu une dureté moyenne de l'ordre de 31.25°F (445mg/l), donc c'est une eau dure.

La teneur en nitrates est élevée (dépassant les normes) et qui sont connus par leurs effets néfastes sur la santé. Ce taux est un signe d'une pollution qui peut être soit directe ou indirecte.

Leurs teneurs en chlorures est normale, par contre le taux de phosphate est élevé de l'ordre de 1.89 mg/l, ce qui reflète une mauvaise qualité des eaux.

Les résultats des éléments traces métalliques montrent une qualité excellente des eaux pour le zinc et une qualité mauvaise à moyenne pour le cadmium. Pour le cuivre, on considère la qualité de l'eau comme étant dans un état encore acceptable à l'heure actuelle.

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent une présence d'E.coli qui indique une contamination fécale, cependant on distingue une absence de tous germes indicateurs de pollution telle que les Clostridium sulfito-réducteur.

Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau d'Oued Amsal. Elle ne présente aucun danger pour la consommation humaine sur le plan bactériologique et conforme aux normes de potabilité algérienne.

En effet la présence d'une décharge à une position intermédiaire entre l'amont et l'aval constitue une source de pollution potentielle, car le lixiviat produit par la décharge est d'une

Conclusion

forte teneur en éléments toxiques. Donc, un diagnostic de l'étanchéité du réseau d'assainissement s'impose afin d'éviter toute contamination du système aquatique.

En conséquence, il est nécessaire de rechercher par une étude hydrogéologique l'origine de cette pollution qui est due par les nitrates et de protéger le périmètre proche de l'émergence de l'eau pour éviter les risques de contaminations.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau de cette source et de se prémunir contre toutes formes de pollution, il faut aussi bien gérer les ordures ménagère et l'utilisation des fertilisant agricoles et faire des campagnes de sensibilisation auprès des habitants.

L'installation d'une station d'épuration s'impose aussi afin d'éviter tout risque de contagion et de pollution dont les conséquences sont souvent irréversibles.

A

- ❖ **A.B.H. 1999-2004.** Les cahiers de l'Agence, Agence de Bassin Hydrographique Constantinois- Seybouse-Mellegue, Constantine.
- ❖ **Adam J.W.H. (1980).**Health aspects of nitrate in drinking-water and possible means of denitrification (literature review), *Water SA*, 6, 79.
- ❖ **Adriano, D.C. (2001).** Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- ❖ **AFNOR, 1992 :** Détermination de l'indice biologique global normalisé (**IBGN**). Association française de normalisation : NF T 90-350, 12p.
- ❖ **Alpha Sidiki Maiga, 2005.**Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. P 20
- ❖ **Archibald F., 2000.** The presence of coliformbacteria in Canadian pulp and papermill water systems - a cause for concern? *Water QualRes J. Canada*, 35, PP:1-22.

B

- ❖ **Banton, O. et Bangoy, L.M. 1997.** Hydrogéologie, multiscience environnementale des eaux souterraines, Sainte-Foy: PUQ/AUPELF. Ed. Québec 460p.
- ❖ **Beatson, C.G. (1978).** Methaemoglobinaemia-Nitrates in drinking water, *Environ. Health*, 86, 31.
- ❖ **Bendjama, A., Boukari, A., Chouchane, T., Djabri, L., & Tlili, S. (2014)** .La contamination métallique des eaux lacustres des zones humides du PNEK située au Nord-est algérien,Actes de la conférence internationale de 2014 sur l'énergétique appliquée et la pollution, organisée par le laboratoire LEAP, décembre 14-15, 2014, Constantine
- ❖ **Beriere G., 2000.** Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition, Ecole polytechnique de Montréal, PP: 3-19.
- ❖ **Bodin, N.** Contamination des crustacés décapodes par les composés organohalogénés : Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l'araignée de mer *Maja Brachudactyla*. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique, 2005, 309p.
- ❖ **Bohy M., 2003.** « Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlores en aquifère alluvial, Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique », Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg.

Les références bibliographiques

- ❖ **Bopp C., Brenner F., Wells J., et Strockbine N., 1999.** Escherichia, Shigella and Salmonella, In Manual of clinical microbiology (Eds, Patrick R. Murray and American Society for Microbiology) American Society for Microbiology Press, Washington, D.C., PP : 459-474.
- ❖ **Bouziani M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- ❖ **Bowyer, R.T. et al. 2003.** Effects of the Exxon Valdez oil spill on river otters: injury and recovery of a sentinel species. Wildlife Monographs 153: 1-53.
- ❖ **Bremond R., et Vuichard R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

C

- ❖ **C. Neet, 2010,** Ecologie appliquée et conservation de la biodiversité, pp 58,59
- ❖ **Calow, P. et al. 1990.** River Water Quality. Ecological Issues 1, British Ecological Society, Field Studies Council, Shrewsbury, 43 p.
- ❖ **CASAS,** stellio.modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg,Cd ,Pb,Cu et Zn)chez la moule ,mytilusgalloprovincialis, en milieu méditerranéen, Thèse de doctorat :Océanologie biologique , environnement marin.2005,314p.
- ❖ **CEAEQ.,2000,** Recherche et dénombrement des coliformes totaux ; méthode par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 25 p.
- ❖ **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC.**
- ❖ **Chaker H. K., Slimani A., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi .
- ❖ **Chevalier P.,2003.** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- ❖ **Codex Stan et Coin, 1981.** La pratique de l'eau : usages domestiques. Collectif et industriel .Édition : Moniteur. Paris : 3-29-326-327.
- ❖ **Cordonnier, J et Berne. 1991.** Traitement des eaux usées. Edition technique.

D

- ❖ **De Villers J., Squilbin M., et Yourassowsky C., 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement /Observatoire des Données de l'Environnement ; 16 p.
- ❖ **Debieche T.H., 2002.** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle - Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.

Les références bibliographiques

- ❖ **Defranceschi M., 1996.** L'eau dans tous ses états, Edition Ellipses, P 61.
 - ❖ **Defrancesci, M. 1996.** L'eau dans tous ses états. Edition technique.
 - ❖ **Degremont G., 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2eme édition : Copyright dégremont. P: 129.
 - ❖ **Degremont G., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition : Tec et doc. P: 3- 38.
 - ❖ **Demdoum A., 2010.** Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'el Eulma, Doctorat d'état, Faculté des Sciences de la Terre, Université Mentouri Constantine, 205p.
Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016, 12 p.
 - ❖ **Dinnat E.P., 2003.** « La détermination de la salinité de surface des océans à partir de mesures radiométriques hyperfréquences en bande L », Thèse de Doctorat Université Paris VI.
 - ❖ **Direction d'environnement Jijel, 2009.**
Doctorat, Université d'Angers
 - ❖ **DOCUMENTATION DE LA STATION DE L'ADE.Jijel.,2016.**
- E**
- ❖ **Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J.,et Allen M.J.,2000.** Escherichia coli: the best biologicaldrinking water indicator for public health protection, Journal of AppliedMicrobiology, N°88, PP: 106-116.
 - ❖ **Edmond M.B., Ober J.F., Weinbaum, D.L., Pfaller M. A., Hwang T., Sanford M.D., et Wenzel R.P., 1995.** Vancomycin-resistant Enterococcus faecium bacteremia: riskfactors for infection, Clin Infect Dis, Vol 20, N°5, PP: 1126-1133.
 - ❖ **El Morhit M., Fekhaoui M., Serghini A., El Blidi S., El Abidi A.,Bennaakam R., Yahyaoui A.et Jbilou M., 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, 30, 39-47.
 - ❖ **Elmund G.K., Allen M.J.,et Rice E.W.,1999.** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecalcoliform populations as indicators of wastewatertreatmentefficiency, Water Environ.Res, N°71, PP : 332-339.

Les références bibliographiques

- ❖ **Elmund, GK, MJ Allen et EW Rice 1999.** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71: 332-339.

F

- ❖ **Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J., et Hemptine J.L., 2006.** Ecologie approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition, Tec and Doc. Londres, Paris, New York, p406.
- ❖ **Friedli C., 2002.** Chimie générale pour ingénieur. Edition : presse polytechniques.

G

- ❖ **Gaujous D., 1995 :** La pollution des milieux aquatique : Aide mémoire 2^{ème} édition
- ❖ **Genoutdet, 2001.** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale
- ❖ **Gilli E., Mangan C. et Mudry J. 2008 -** Hydrogéologie : Objets, méthodes, applications 2^{ème} Ed. Ed, DUNOD, Paris : 354 p.
- ❖ **Gleeson C., et Gray N., 1997.** The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spon, London, 194 p.
- ❖ **Gouvernement du Québec., 2004.** Etude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique, Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique, Québec, p 08.
- ❖ **Guergazi S., et Achour S., 2005.** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. *Pratique de la chloration, Larhyss Journal*, 4, 119-127.
- ❖ **Guiraud, C. et Rauber, H. 1986.** Microbiologie des milieux aquatique. Ed. nouvelle édition
- ❖ **Gunnar, F. Nodberg. Bruce, A. Nodberf F, W., et Friberg L.** Handbook on the toxicologie of metals. 3^{ème} edition. Academic Press, 25 juin 2007. 1024 p. ISBN: 978-0123694133.
- ❖ **Gunnar, F., Nodberg. Bruce, A., Nodberf F, W., et Friberg L.** Handbook on the toxicologie of metals. 3^{ème} edition. Academic Press, 25 juin 2007. 1024 p. ISBN: 978-0123694133.

H

- ❖ **Haddad. 2006.** Analyse et contrôle de la qualité des eaux de consommation distribuées au niveau de Béjaïa. mémoire de diplôme d'étude universitaire appliquée en écologie, F, S, N, O. université de Béjaïa.
- ❖ **Hade A., 2007.** Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque nationale du Québec, Canada, 27

Les références bibliographiques

❖ **Hamoudi. 1999.** analyse bacteriologique de l'eau de consommation et études des principales maladies la transmission hydrique dans la wilaya de Bejaia. mémoire de diplôme d'étude universitaire appliquée en écologie. Bejaia, F, S,N,O Université de Bejaia.

❖ **Hubert P. et Marin M., 2001.** Edition: Fabienne Travers. P: 64-124.

J

❖ **Jean Luc Celleric, 2002.** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche. Direction de l'espace rural et de la forêt. Paris.

❖ **JORA (2011).** Décret exécutif n° 11-219, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. jour, Dunod, Paris.1579p.

K

❖ **Kaid Rassou K., 2009.** « Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia », Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Semlalia – Marrakech.

❖ **Küttel, S., Petter, A. et Wüest, A. 2002.** Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischen Fließgewässer. Rhône Revitalisierung, Publ. no 1. Lavoisier TEC & DOC, 220p.

L

La liste des références

L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

❖ **Lefèvre J.G., 1991.** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.

❖ **Levallois P., 2003.** Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3p.

❖ **Leveque C. 1996 -** Ecosystèmes aquatiques. Ed, Hachette : 159 p.

M

❖ **Madani T. A. A., Kabani A., Orr P., et Nicolle L.,1999.** Enterococcal bacteremia in a tertiary care centre in Winnipeg, Canadian Journal of Infectious Diseases, Vol 10, PP : 57-63.

Les références bibliographiques

- ❖ **Merabet. S, 2010.** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. pp 4, 5,9.
- ❖ **Miquel, G., 2003.** Office Parlementaire d'évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques. Rapport sur la qualité de l'eau et l'assainissement en France. . Rapport N°215. Tome I. Sénat.
- ❖ **Mojtahid M, 2007.** « Les foraminifères benthiques : bio-indicateurs d'eutrophisation naturelle et anthropique en milieu marin franc », Thèse de
- ❖ **Møller, A.P. et Mousseau, T.A. 2006.** Biological consequences of Chernobyl: 20 years on. TREE 21: 200-207.
- ❖ **Moussa, M. D. H , 2005.** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines.119p.
- ❖ **Muriel H., 2010.** Suivi de la qualité de l'eau produite et distribuée : Elaborer et mettre en œuvre un plan des sécurités sanitaire des eaux, Direction des affaires sanitaires et sociales de la nouvelle Caldonie, Santé et environnement, NOUMEA cedex, P 02.

N

- ❖ **Neely, R.N., Neimainis, V.P., et Dwyer, L., 1980.** Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa. Canada.
- ❖ **Nestel, P. Davidsson, L.** Anémie carence en fer et anémie ferriprive. Etat Unis d'Amérique, 2003.
 - ❖ **Nord-est de l'Algérie,** Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie, 10p.
- ❖ **Normes Algeriennes (N.A). 1992.** Norme. Al. 6360,Ed. Ianor.
- ❖ **Normes algériennes,** Journ. Offi. Repu. Algeri. 125 **2011** 7-25.
- ❖ **Normes Europeennes (NE).1998.** Directives du conseil 98/ 83 / EC sur la qualité de l'eau. OMS, **1994.**Directives de qualité pour l'eau de boisson, 1, 9-

O

- ❖ **ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS), 2009.** La guerre de l'eau - The water conflict - La guerradelagua.
www.fsa.ulaval.ca/personnel/vernag/eh/f/cause/eau.htm/ Mise à jour du: **02-04-2010.**
Consulté le **05-06-2010.**
- ❖ **ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE(OMS). 2003.** L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie, Paris.

Les références bibliographiques

❖ **Ouandaogo, 2008.** Ressources en eau souterraine du centre urbain de Ouagadougou au Burkina Faso, qualité et vulnérabilité

R

❖ **Rabiet M. 2006.** « Contamination de la ressource en eau par les eaux usées dans un bassin versant méditerranéen apport des éléments majeurs, traces et terres rares », Thèse de Doctorat, Université Montpellier II.

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

❖ **Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, DUNOD, paris,p175

❖ **Ramade F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. DUNOD. Paris.1075 p.

❖ **Ramade F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'environnement, DUNOD, paris,p241

❖ **Ramade F., 2005.** Eléments d'écologie, écologie appliquée. 6 e édition, Dunod, Paris, p62

❖ **Ramade F., 2008.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'environnement, DUNOD, paris,p188

❖ **Ramade, F. 1974.** Eléments d'écologie appliquée.McGraw-Hill (plusieurs fois réédité), 576 p.

❖ **Ramade, F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed iscience internationale, Paris, 786p

❖ **Ramade, F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique de pollution– les polluent de l'environnement a l'homme. Edt. Ediscience international. Paris.690p

❖ **Ramade, F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience internationale, Paris, 1075 p.

❖ **Raven P. H., Berg L. R. et Hassenzahl D. M. 2008** - Environnement. 6ème Ed,Ed,De Boeck : 687.

❖ **Rejesk F., 2000.** Analyse des eaux Aspects règlementaires et techniques ; édition CRDP d'aquitaine. Se Sceren paris.

❖ **Rejesk, 2002.**Analyse des eaux ; aspect Règlementaire et Technique .Sceren.Paris.360p

❖ **Robert., 1992.** Dictionnaire de bon usage et de ses difficultés, Paris.P967.

Les références bibliographiques

- ❖ **Rodier J., 2005** : Analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 8^{ème} édition DUNOD Paris, 1023p.
- ❖ **Rodier J., 2005**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition: Dunod, Paris.
- ❖ **Rodier J., 2009**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition: Dunod, Paris.
- ❖ **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., et Champsaur H., et Rodi L. 2005**.
- ❖ **Rodier J., Legube B., et Merlet N. 2009**.L'Analyse de l'eau 9^e édition. Entièrement mise à jour, Dunod, Paris.1579p.
- ❖ **Rodier J., Legube B., et Merlet N. 2009**.L'Analyse de l'eau 9^e édition. Entièrement mise à jour, Dunod page 1281.
- ❖ **Rodier J., Legube B., et Merlet N., 2009**. Ed. Dunod.78- 1368.
- ❖ **Rodier J., Legube B., et Merlet N.2009**. L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, 1579p
- ❖ **Rodier J., Legube B., Merlet N., et Ed, 2009. Dunod. 78- 1368**.
- ❖ **Rodier, 2009**.L'Analyse de l'eau 9^e édition. Entièrement mise à jour, Dunod, pp 166-167
- ❖ **Rodier, 2009**.L'Analyse de l'eau 9^e édition. Entièrement mise à jour, Dunod, page 1381
- ❖ **Rodier, J., 1996**. L'analyse de l'eau. Dunod, Paris.
- ❖ **Rodier, J., 2005**. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer.8^{ème} Ed. DUNOD. Paris, 1383 p.

S

- ❖ **Savary P., 2010**. Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron,PP : 10-179.
- ❖ **Schultz S.G. 1984**. A cellular model for active sodium absorption by mammalian colon, Annu. Rev. Physiol., 46, 435.
- ❖ **Service de l'Eau (SEVESC). 2013**. Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.
- ❖ **Siggaard-Anderson O. 1976** Blood gases and electrolytes, Dans : Fundamentals of clinicalchemistry, N.W. Tietz (dir. de publ.), W.B. Saunders Co., Philadelphie, PA.

T

- ❖ **Taup Enac, 2006**. Physique-chimie. 5^{ème} éditions: Bréal.

Les références bibliographiques

- ❖ **Thiollet Scholts M., 2004.** « Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole », Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- ❖ **Tortora G.J., Anagnostakos N.P. 1984.** Principles of anatomy and physiology, 4e édition, Harper & Row, New York, NY.
- ❖ **Townsend, C.R., Begon, M. & Harper, J.L. 2003.**Essentials of ecology (2nd ed.). Blackwell, 530 p.

V

- ❖ **Viala A. et Botta A., 2005 :** Toxicologie. 2^{ème} édition TEC & DOC. p248, 1096p.

W

- ❖ **Weinberg, J.M. 1986.** Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases, Dans : Fluids and electrolytes, J.P. Kokko et R.L. Tanner (dir. de publ.), W.B. Saunders Co., Toronto
- ❖ **WHO (World Health Organization), 1994.** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2^{ème} édition. Vol 2. Genève.
- ❖ **Zouied, Daoiya et Djouama, Louiza. 2010.** Outils de suivi et de diagnostic de fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées domestiques de la ville de Jijel. Génie de l'environnement. Université de Jijel. 113 pages.

Webographie

- ❖ **Bisson, M.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Manganèse et ses dérivés. INERIS. 25 avril 2007. [Page consultée le 06/05/2011]. 66p. Le document est disponible sur internet : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2795>.
- ❖ **WHO 2011.** Guidelines for drinking-water quality Third edition incorporating the first and second addenda, volume 1, Recommendations. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/
- ❖ **Samake, 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. Des eaux de consommation de la ville de Bamako. www.keneya.net/fmpos/theses/2002/.../pdf/02P49.pdf - Mali. Consulté 19-05-2010.

Les références bibliographiques

❖ **Pichard, A.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, cuivre et ses dérivés. INERIS.11 avril 2003. [Page consultée le 06/05/2011]. 66p. le document est disponible sur internet :

<www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2751>.

❖ **Pichard, A.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Zinc et ses dérivés. INERIS. 14 mars 2005. [Page consultée le 06/05/2011]. 69p. Le document est disponible sur internet : http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/en/

❖ **Paramètre avec valeurs limites** (Normes de l’OMS 2006) :Lenntch.Norme de l’OMS sur l’eau potable-lenntech. [En ligne]

❖ Norme et qualité des eaux potables :

< <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2867> >.

Annexes

Annexe I : la grille d'évaluations de la qualité des cours d'eaux

Tableau I. Classes de la qualité globale des eaux superficielles (SEQ-EAU)(MED et Agence de l'eau, 2003).

Classe de qualité	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Indice	80	60	40	20	0

TEMPÉRATURE					
Température (°C)	20	25	30	35	40

ACIDIFICATION					
pH min	6,5		8,5	3 - 6,5	
max	8,5		9,2	9,2 - 10	

DBO5 (mgO2/l)	3	5	10	25	
DCO (mgO2/l)	30	35	40	80	

MATIÈRES AZOTÉES					
Ammonium	0,1	0,5	2	5	

Annexes

(mg/l)					
Nitrites (mg/l)	0,03	0,1	0,5	1	

NITRATES					
Nitrates (mg/l)	2	10	25	50	75

MATIÈRES PHOSPHORÉES					
Orthophosphates (PO₄³⁻) (mg/l)	0,2	0,5	1	5	20

MINÉRALISATION					
CE 20°C (μS /cm)	≥ 750	1300	2700	3000	7000
Fer (mg/l)	< 0,5	1	2	5	+ de 5
Chlorures (Cl-) (mg/l)	< 200	300	750	1000	+ de 1000
Sulfates (mg/l)	< 100	200	250	400	+ de 400

MICROORGANISMES					
Coliformes fécaux (u/100ml)	20	2000	20000	50000	
Coliformes totaux (u/100ml)	50	5000	50000	+ de 50000	
Streptocoques totaux (u/100ml)	20	1000	10000	+ de 10000	

ELÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES					
Zinc (Zn) (ppm)	< 0,05	1	5	+ de 5	
Cadmium (Cd) (ppm)	< 0,003	0,003	0,005	+ de 0,005	
Plomb (Pb) (ppm)	< 0,01	0,01	0,05	+ de 0,05	

Tableau II : Paramètres avec valeurs limites (Normes de l'OMS 2006)

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	VALEURS LIMITES (CMA)
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0.003
	Chromes Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	mg/l	chrome total : 0.05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0.07
	Mercuré (Hg)	mg/l	inorganique : 0.006
	Sélénium(Se)	mg/l	0.01
	Plomb(Pb)	mg/l	0.01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0.4
Eléments indésirables (suite)	Aluminium(Al)	mg/l	0.2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide

Tableau III : Turbidité

NTU<5	Eau incolore
5<NTU<30	Eau légèrement colorée
NTU>50	Eau colorée
NTU>200	Eau de surface « africaine »

Source :Norme et qualité des eaux potables

Annexe II : les protocoles d'analyses physico-chimiques

II.1. Matériels et protocoles

Tableau IV: Matériels et réactifs utilisés

Matériels		Réactive utilisée	
Au terrain	Au laboratoire	Pour l'analyse physicochimique	Pour l'analyse bactériologique
-Des bouteilles de 1,5 litres bien nettoyés	-Béchers de différent volume -bain marie - bain de sable	-L'eau distillée -EDTA -Acide chlorhydrique (HCL).	-milieu BCPL D/C - milieu BCPL S/C
-Des flacons de verre à 250 ml stérilisés.	-tube de éva lisky - pissette	-Solution de méthyle orange	-Reactive de Kowacs
-Appareil photo	- Agitateur		-milieu ROTHE

Annexes

numérique	-Tube à essai	-	-NaOH	D/C
-Multi	-Les éprouvettes		-acide ascorbique	Milieu ROTHE
paramètres	-Etuve universelle d'séchage		-Salicylate de sodium	S/C
-Thermomètre	-Etuve universelle		-Nitrate de potassium	-additifs :
-Glacier	d'incubation		-Solution mixte	- sulfite de sodium
	-Balance numérique		-Acide sulfurique	-Alène de Fer
	-Spectrophotomètre UV visible		-dichromate de potassium	- VD
	-Réfrigérateur		- sulfate d'argent cristallisé	
	-Turbidimètre		-chlorure de baryum	
	-PH mètre		-azoture de sodium	
	-boîte de pétri		-Acide acétique	
	-Pipettes multi volume		-Solution de tween	
	-Pipette de pasteur		-sulfanilamide	
	-Bec benzène		- acide phosphorique	
	-Spatule		-solution tampon	
	-Table du NPP		- CaCO ₃ , Ag NO ₃	
	- la burette		.HNO ₃	
	- la haute		.k ₂ CrO ₄	
			-Acide dichloro cyanurique	
			-Trictrate de sodium	
			- Nitropruciate de sodium	

II.2. Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

II.2.1. Mode opératoire

-Les mesures sont réalisées en neutralisant un volume de 100 ml d'eau par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique de normalité Na, en présence de quelques gouttes d'hélianthine.

-faire le titrage (0.1) HCL jusqu'à un virage de changement de couleur du jaune a jaune orange .

II.3. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

II.3.1. Mode opératoire

Il est impératif d'introduire les composés dans l'ordre indiqué :

Introduire $V_0 = 100$ mL d'eau d'oued dans un bécher

Ajouter environ 5 mL de tampon ammoniacal pH= 10.

Ajouter quelques gouttes de NET.

Puis doser cette prise d'essai à l'aide de la solution d'EDTA placée dans la burette jusqu'au virage de la solution du rouge au bleu.

Réaliser un dosage rapide puis un dosage précis (Rodier).

II.4. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

➤ Réactifs

▪ Solution de l'acide sulfurique et sulfate d'argent

- Sulfate d'argent, (Ag_2SO_4)..... 10g
- Acide sulfurique (H_2SO_4).....1L

Dissoudre le sulfate d'argent dans 40ml de l'eau distillée, Laisser refroidir et ajouter 960 ml d'acide sulfurique avec précaution.

➤ Solution de dichromate de potassium

- dichromate de potassium, ($K_2Cr_2O_7$).....1g
- Sulfate mercurique ($HgSO_4$).....1ml
- Sulfate de mercure.....1g
- L'eau distillée *q.s.p*25ml

Dissoudre 1g de sulfate mercurique dans 10 ml de l'eau distillée, ajouter avec précaution 1ml de l'acide sulfurique et laisser refroidir.

Ajouter 1g de dichromate (preablement séché à 105c° pendant 2heures)

➤ Mode opératoire

Les solutions étalons et les échantillons sont traités de la même façon.

- Dans les tubes mettre 2,5ml la solution d'acide sulfurique avec sulfate d'argent
- Ajouter 0,5 ml de la solution dichromate de potassium et agiter avec précaution
- Prélever à l'aide d'une pipette 2,0 ml d'échantillon et l'introduire dans le tube.
- Mettre les tubes dans le thermoréacteur mais assurer que les tubes soient séchés avec un papier
- Chauffer à une température de $150\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant une période de 2 heures.
- Laisser refroidir après
- Laisser reposer pendant une nuit afin que notre solution soit stabilisée
- Faire la lecture

II.5. Demande biochimique en oxygène (DBO)

II.5.1. Principe de la méthode biochimique en oxygène

La teneur en oxygène de l'eau est déterminée immédiatement après le prélèvement, puis à nouveau après un temps d'incubation de n jours à 20 °C. La différence entre les deux mesures correspond à la consommation d'oxygène, considérée dans ces conditions comme la demande biochimique en oxygène.

Aucun apport de nutriments ou ensemencement par des micro-organismes n'est apporté à l'échantillon lors de cet essai.

II.5.2. Matériels utilisés

- Flacons d'incubation en verre (dits flacons DBO), d'une capacité de 100 à 130 ml ou de préférence de 250 à 300 ml, munis de bouchons en verre, permettant une fermeture totalement hermétique.
- Armoire d'incubation, pouvant assurer une température de 20 °C.

- Si possible un appareillage de détermination électrochimique de l'oxygène dissous avec sonde (oxymètre). Le cas échéant, mettre en œuvre la méthode chimique de détermination de l'oxygène dissous (méthode de Winkler modifiée).

II.5.3. Mode opératoire

- La solubilité de l'oxygène dissous variant avec la température, la totalité de la détermination est réalisée à 20 °C. Toutes précautions utiles devront également être prises lors des opérations de remplissage pour éviter une modification de la teneur en oxygène du milieu.
- Porter la température de l'échantillon à 20 °C.
- Remplir un flacon d'incubation avec cet échantillon, jusqu'à débordement, en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- Déterminer la concentration en oxygène dissous (C_0) en mg/L.
- Boucher les flacons sans emprisonner de bulles d'air.
- Mettre à incuber à 20 °C à l'obscurité pendant n jours.
- Déterminer après incubation de n jours la concentration en oxygène dissous (C_n) en mg/L.

II.5.4. Expression des résultats

La demande biochimique en oxygène après 5 jours, exprimée en mg d'oxygène par litre correspond à : $DBO_n = C_0 - C_n$

n = nombre de jours d'incubation (5 ou 7).

C_0 = concentration en oxygène dissous dans l'échantillon au temps 0.

C_n = concentration en oxygène dissous dans l'échantillon après incubation de n jours.

II.5.5. Paramètres influençant la mesure de la DBO

- Quantité à analyser

La demande biochimique en oxygène pour une analyse dépend de la charge en substances organiques. La mesure de la DBO 5 peut être évaluée à environ 80 % de la DCO.

La valeur réelle est calculée comme suit :

$DBO_5 \text{ (mgO}_2 \text{ /l)} = \text{Valeur lue} * \text{facteur}$

Mesurer les quantités pour faire l'analyse avec le ballon jaugé de trop plein et pour prendre les quantités exactes.

- Quantité à mesurer
 - Eaux brutes 164 ml ;
 - Eaux décantées 250 ml ;
 - Eaux épurées 432 ml.

II.6. Dosage des nitrites

Les nitrites sont dosés selon la méthode au réactif de Zambelli ([Rodier, 1971](#)).

II.6.1. Principe de dosage des nitrites

Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

➤ Réactifs

- Ammoniaque pure $d = 0,925$
- Réactif de Zambelli : (qsp : 100ml)
 - acide chlorhydrique (HCl).....26ml.
 - acide sulfanilique.....0, 5g.
- phénol cristallisé.....0.75g.
- chlorure d'ammonium.....13.5g.
 - eau distillée (exemple d'ions NO_2^-).....62.5ml.

Introduire dans une fiole jaugée de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution.

Après refroidissement ajuster s'il y a lieu le volume de la solution à 100 ml avec l'eau distillée.

- Solution mère étalon de NO_2^- à 0,23 g/l :

- nitrite de sodium.....0.0345g.
- eau distillée.....100 ml.

- Solution fille étalon d'ion NO_2^- à 0,0023 g/l :

Amener 1ml de la solution mère à 100ml avec de l'eau distillée.

II.6.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées à 50 ml et numérotées, nous avons introduit successivement en agitant après chaque addition (tableau VII).

Tableau V : les valeurs de courbe d'étalonnage de nitrite

N° des Fioles						
	T	1	2	3	4	5
Solutions						
Solution fille étalon à 0,0023 g/l (ml).	0	1	5	10	1 5	20
Eau distillée en (ml)	50	49	45	40	3 5	30
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l d'azote nitreux	0	0.0 46	0.2 3	0.4 6	0. 69	0.9 2

Attendre 110 minutes et ajouter à chaque fiole 2 ml d'ammoniaque pure.

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Construire la courbe d'étalonnage.

II.6.3. Dosage de l'échantillon

Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de Zambelli. Agiter et laisser au repos 10 minutes. Ajouter 2 ml d'ammoniaque pure et effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm et tenir compte la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

II.6.4. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO_2^- , exprimée en mg/l d'eau.

II.7. Dosage des nitrates

Les nitrates sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Rodier, 1996).

II.7.1. Principe de dosage des nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

➤ Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 10g/L à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré ($d = 1,84$).
- Solution d'hydroxyde de sodium :

- hydroxyde de sodium..... 200 g.
- sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 50 g.
- eau déionisée..... *q.s.p.* 1 L.

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 800 ml d'eau déionisée ; ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 litre. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d'azoture de sodium :

- azoture de sodium..... 50 mg.
- eau déionisée..... *q.s.p.* 100 ml.

Annexes

- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L :
- nitrate de potassium anhydre..... 722 mg.
- eau déionisée..... *q.s.p.* 1 000 ml.

À renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/L.

Amener 50 ml de la solution mère à 1 000 ml avec de l'eau déionisée.

- Acide acétique (ml)

II.7.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement dans le tableau VIII :

Tableau VI: les valeurs de courbe d'étalonnage de nitrite

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique 5 mg/L (ml)	0	1	2	5	10
Eau déionisée (ml)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/L d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique (ml)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir.

Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau déionisée puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre

à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

II.7.3. Mode opératoire

Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau déionisée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

II.7.4. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃), multiplier ce résultat par 4,43.

II.8. Le dosage de sulfate : méthode gravimétrique

Les ions SO₄⁻ sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

II.8.1. Méthode néphélométrie

➤ Principe de dosage de sulfate

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

➤ Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone ou de Tween 20 à 25 %.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
 - chlorure de baryum (BaCl₂, 2 H₂O)10 g
 - solution de Tween 20 [polyoxyéthylène (20) sorbitan monolaurate] ou 5 ml de
 - solution de polyvinyl-pyrrolidone..... 20 ml
 - eau déionisée..... *q.s.p*...100 ml
- Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/L de SO₄⁻:
 - sulfate de sodium anhydre..... 0,221 g

- Eau déionisée..... *q.s.p.* 1 000 ml

II.8.2. Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes numérotés, introduire successivement dans le tableau IX :

Tableau VII : les valeurs de la courbe d'étalonnage du sulfate

Numéro des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon de SO ₄ ⁻ (ml)	0	1	3	5	7	9	10
Eau déionisée (ml)	50	49	47	45	43	41	40
Acide chlorhydrique au 1/10 (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum	5	5	5	5	5	5	5
Stabilisée (ml)	0	3	9	15	21	27	30
Correspondance en mg/L de SO ₄ ⁻							

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 minutes de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

II.8.3. Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

- eau à analyser50 ml
- acide chlorhydrique au 1/10..... 1 ml
- solution de chlorure de baryum + Tween 20ou solution de chlorure de baryum + PVP.....5 ml

Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau déionisée. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

II.8.4. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de SO_4^- par litre d'eau.

II.9. Dosage d'ion chlorure : Méthode de Mohr

II.9.1. Principe de dosage d'ion chlorure

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

➤ Réactifs

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

II.9.2. Mode opératoire

Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit *V* le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 *N* utilisés.

II.9.3. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

II.10. Dosage d'azote Ammoniacal

II.10.1. Mode opératoire

Conserver l'échantillon à 4 °C et effectuer le dosage le plus rapidement possible après le prélèvement dans un délai ne dépassant pas 48 heures.

➤ Matériel spécial

Laver toute la verrerie avec une solution d'acide chlorhydrique à 5 %, la rincer à l'eau déionisée.

➤ Réactifs

Utiliser pour la préparation des réactifs de l'eau fraîchement déionisée.

▪ Solution chlorée :

- hydroxyde de sodium en pastilles20 g
- citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2 \text{H}_2\text{O}$)380 g
- acide dichlorocyanurique ($\text{C}_3\text{HCl}_2\text{N}_3\text{O}_3$)4 g
- eau déionisée *q.s.p.* 1 000 ml

Dissoudre l'hydroxyde de sodium et le citrate trisodique dans 800 ml d'eau environ. Porter la solution à l'ébullition, maintenir celle-ci pendant 20 min. Après refroidissement, ajouter l'acide dichlorocyanurique et ajuster le volume à 1 000 mL. Conserver cette solution au réfrigérateur.

▪ Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol :

- Phénol..... 35 g
- nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}, 2 \text{H}_2\text{O}$)0,4 g
- eau déionisée *q.s.p.*..... 1 000 ml

Transvaser cette solution dans un flacon en verre brun et la conserver au réfrigérateur.

▪ Solution mère étalon à 100 mg/L d'ions ammonium :

- chlorure d'ammonium..... 297 mg
- eau déionisée *q.s.p.*..... 1 000 ml

▪ Solution fille étalon à 1 mg/L d'ions ammonium.

Diluer la solution mère au 1/100. Préparer cette solution au moment de l'emploi.

II.10.2. Établissement de la courbe d'étalonnage

Préparer, à partir de dilutions de la solution fille, des étalons (5 ou 6) dans la gamme de concentrations souhaitées. Dans une série de fioles coniques de 100 ml numérotées, introduire 20 ml de chacune des dilutions ci-dessus, ajouter rapidement dans chaque tube : 1 ml de solution de nitro prussiate de sodium et de phénol, 1 ml de solution chlorée.

Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6 heures au moins. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 630 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

Introduire dans une fiole conique de 100 mL, 20 mL d'eau à analyser puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 20 ml d'eau déionisée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 630 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

II.10.3. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 20 ml, la courbe donne directement la teneur en ions ammonium, exprimée en milligrammes par litre.

Annexe 3 : Protocoles d'analyses bactériologiques

III.1. Dénombrement des coliformes totaux

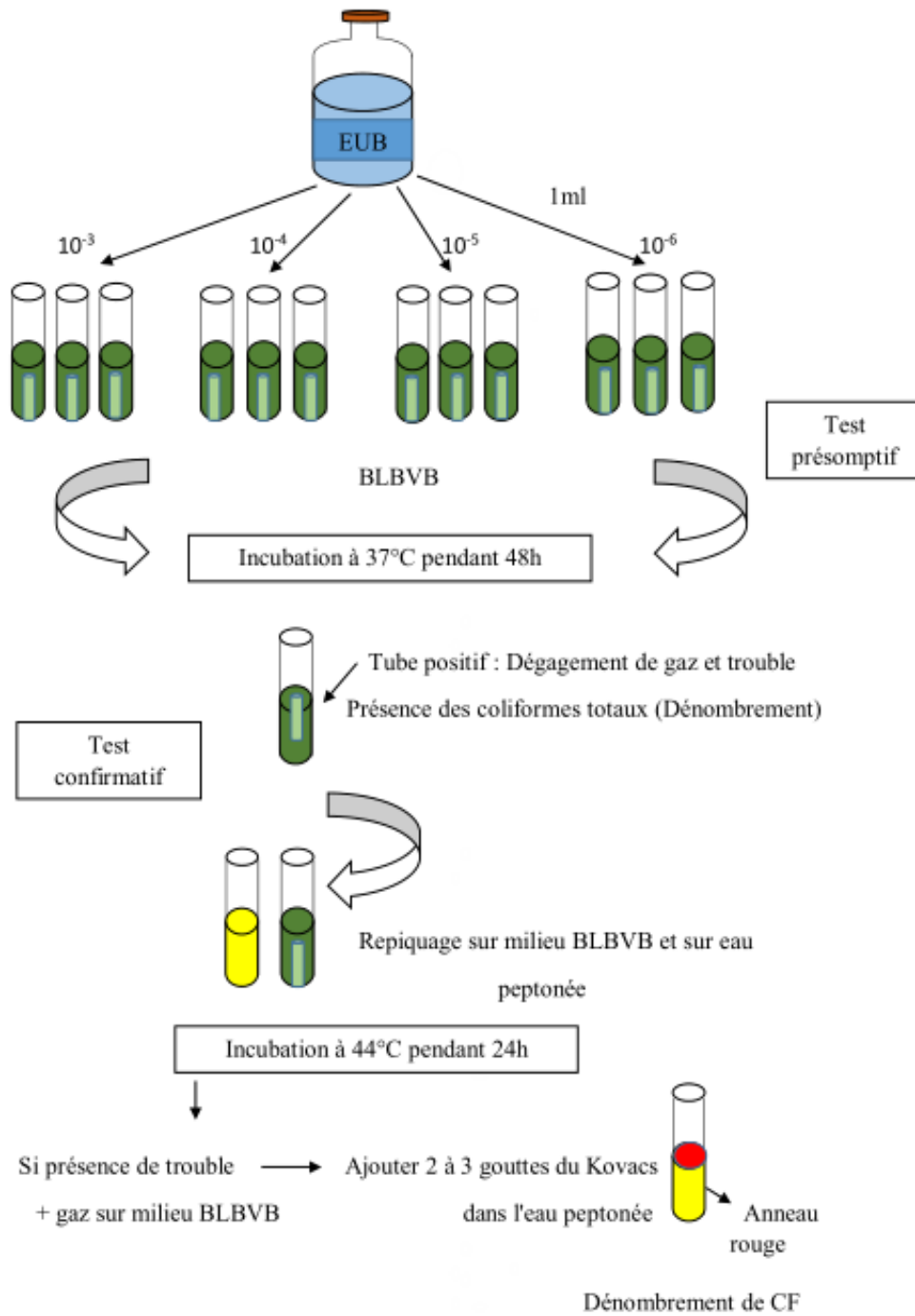


Figure 1. Méthode de dénombrement de coliforme totaux

III.2. Dénombrement des streptocoques fécaux (D)

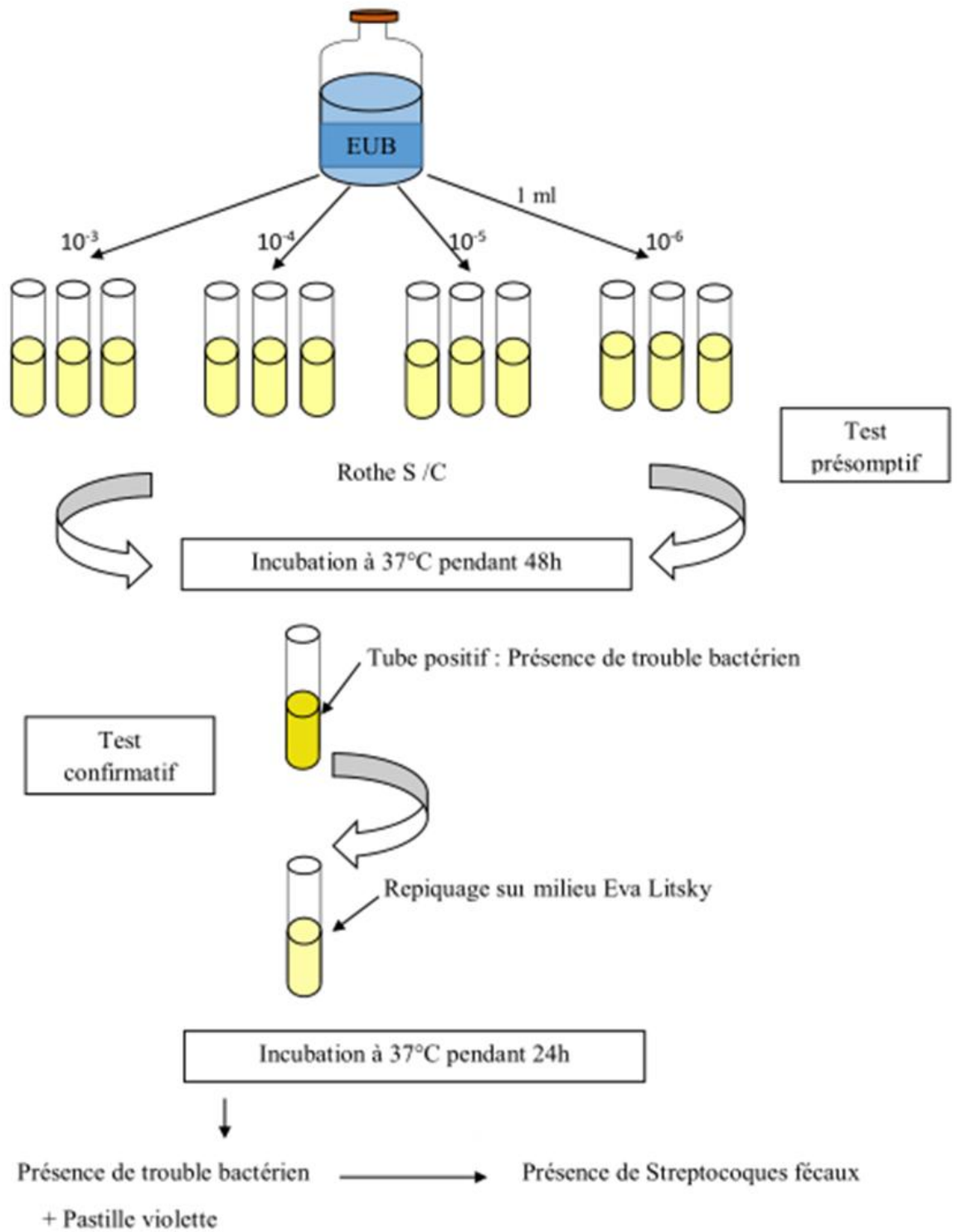


Figure 2. Méthode de dénombrement de streptocoques fécaux (D)

III.3. Dénombrement des spores sulfito-réducteurs (ASR)

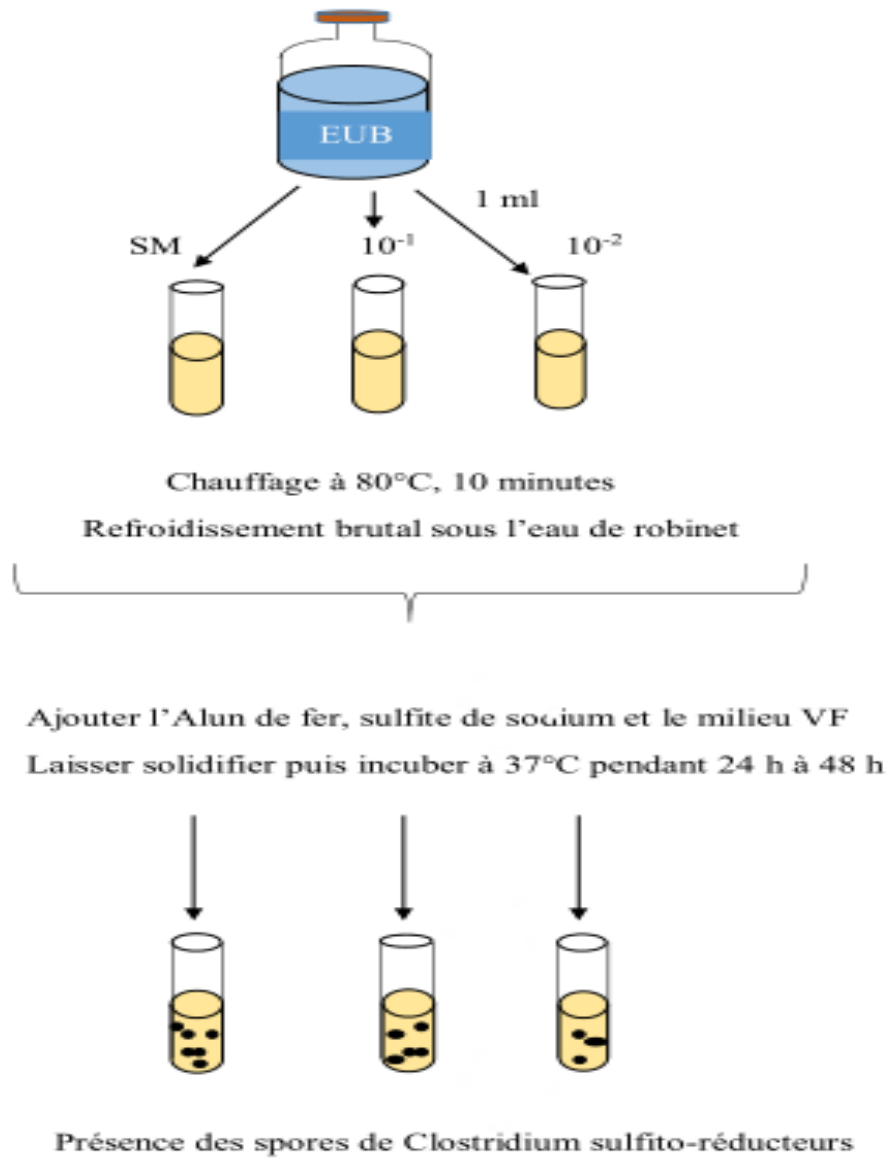


Figure 3. Méthode Dénombrement des spores sulfitréducteurs (ASR)

III.4.la table de mac Grady

Tableau X : la table de Mac Grady

Nombre de tubes donnant une réaction positive			N.P.P. dans 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite Inférieure	Limite supérieure
0	0	1	03	< 0,5	9
0	1	0	03	< 0,5	13
1	0	0	04	< 0,5	20
1	0	1	07	1	21
1	1	0	07	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	09	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Annexe 4 : les courbes

1. Etablissement de la courbe d'étalonnage du sulfate:

Concentration (mg/l)	0	10	20	30	40	50
Absorption (nm)	0	0,153	0,385	0,466	0,577	0,998

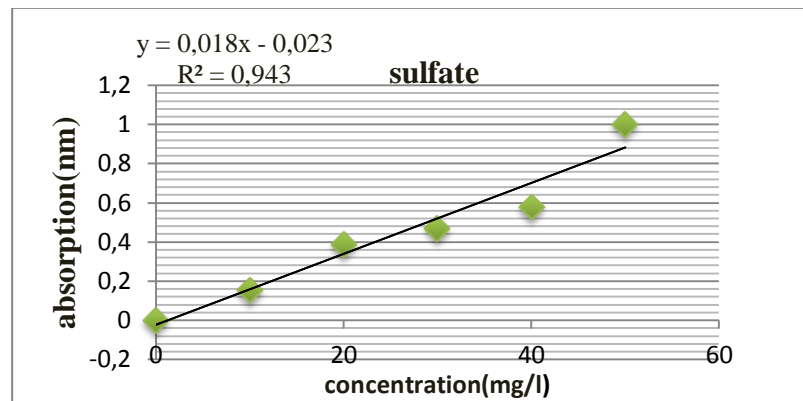


Figure 1. Courbe d'étalonnage de sulfate

2. Etablissement de la courbe d'étalonnage du nitrite :

Concentration (mg/l)	0	0,054	0,092	0,092	0,1	0,8
Absorption (nm)	0	0,02	0,04	0,232	0,835	1,637

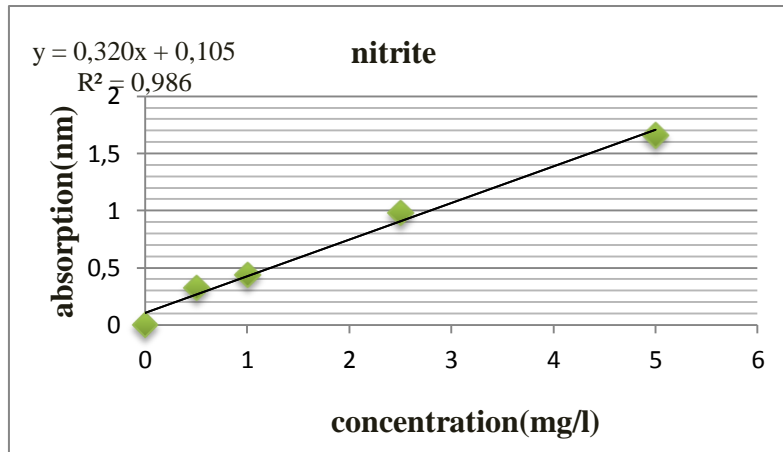


Figure 2. Courbe d'étalonnage de nitrite

3. Etablissement de la courbe d'étalonnage du phosphate :

Concentration (mg/l)	0	0,04	0,08	0,1	0,2	0,3
Absorption (nm)	0	0,044	0,066	0,084	0,174	0,263

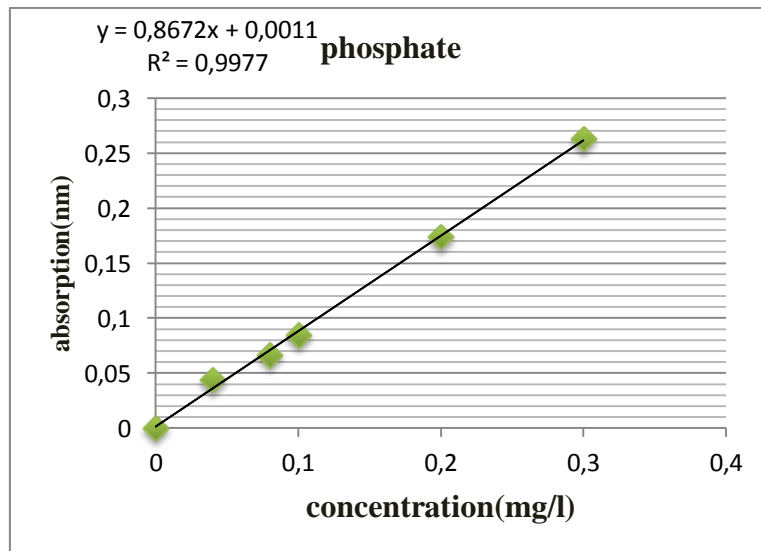


Figure 3. Courbe d'étalonnage de phosphate

4. Etablissement de la courbe d'étalonnage de l'ammonium :

Concentration (mg/l)	0	0,01	0,05	0,1	0,15	0,2
Absorption (nm)	0	0,016	0,064	0,103	0,168	0,234

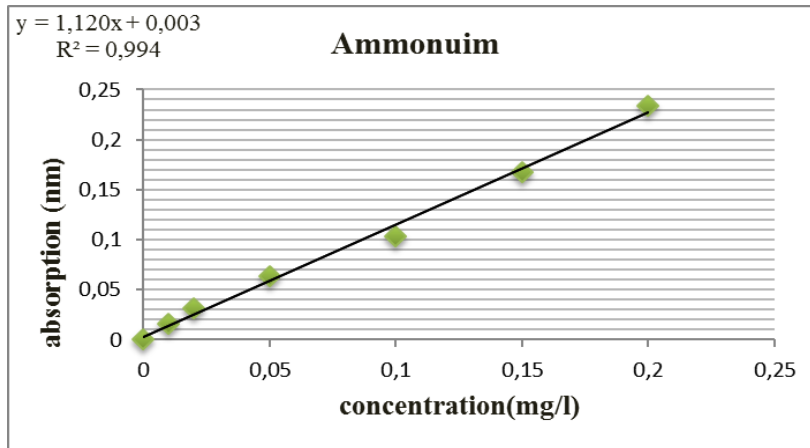


Figure 4. Courbe d'étalonnage de l'ammonium

5. Etablissement de la courbe d'étalonnage du nitrite

Concentration (mg/l)	0	0,02	0,04	0,1	0,4	0,8
Absorption (nm)	0	0,054	0,092	0,232	0,835	1,637

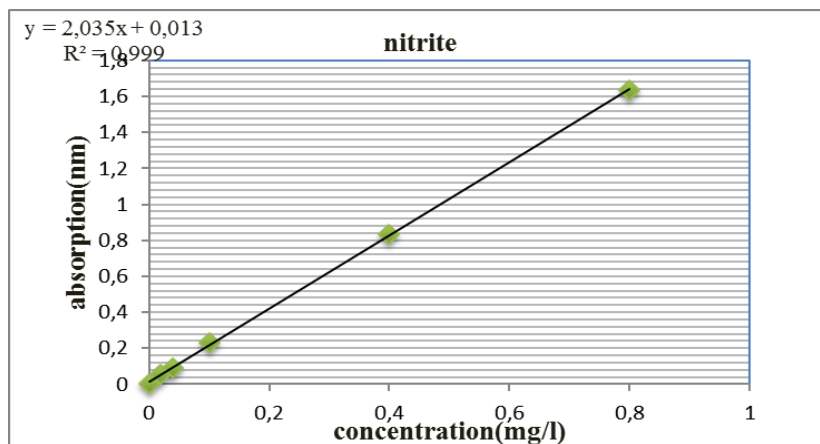


Figure 5. Courbe d'étalonnage du nitrite

6. Etablissement de la courbe d'étalonnage du cadmium :

Concentration (mg/l)	0	0,1	0,2	0,4	1	2	4
Absorption (nm)	0	0,0054	0,0101	0,0189	0,0568	0,1387	0,3038

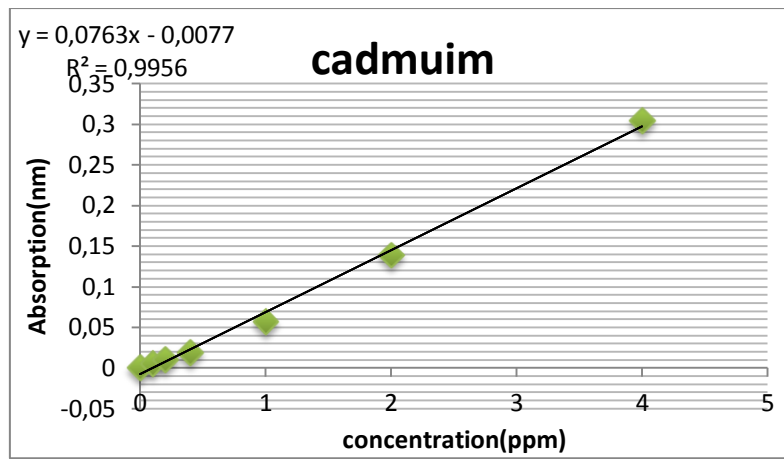


Figure 6. Courbe d'étalonnage du cadmium

7. Etablissement de la courbe d'étalonnage de cuivre :

Concentration (mg/l)	0	0,5	1	2	4	6
Absorption (nm)	0	0,0495	0,1122	0,1862	0,3785	0,5310

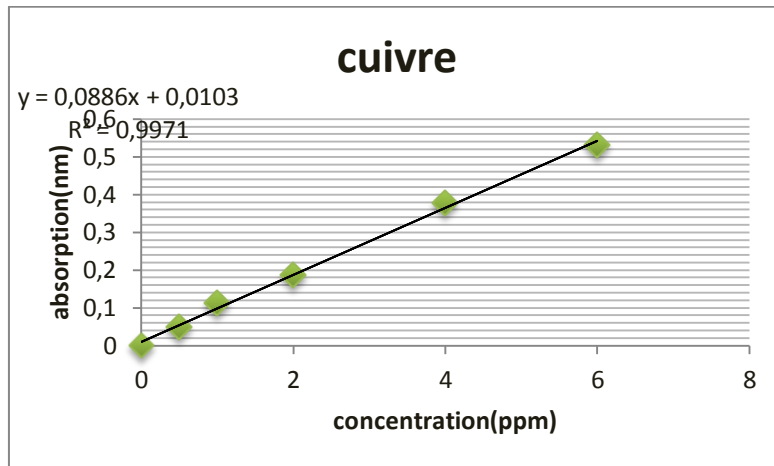


Figure 7 : Courbe d'étalonnage de cuivre

8. Etablissement de la courbe d'étalonnage de zinc:

Concentration (ppm)	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1
Absorption (nm)	0	0,0271	0,0619	0,1266	0,2427	0,2881

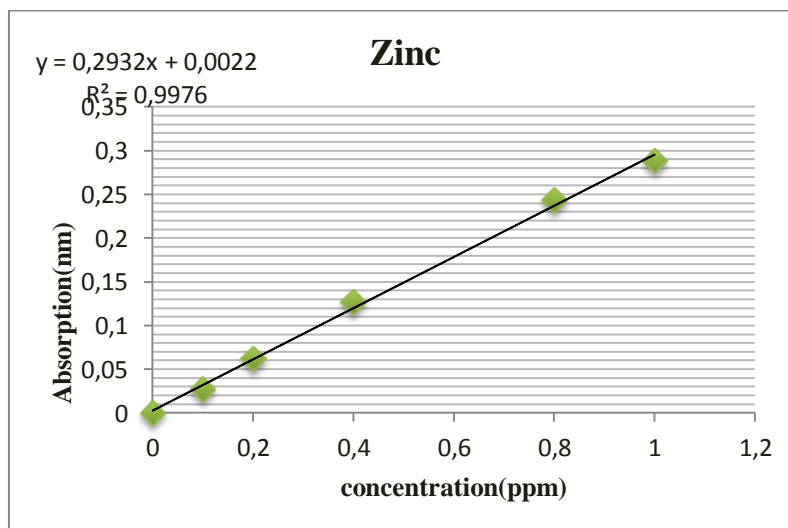


Figure 8. Courbe d'étalonnage de zinc