

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

*République Algérienne Démocratique Et Populaire*

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

*Université Med-Seddik Benyahia-Jijel*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département des Sciences de l'Environnement et  
des Sciences Agronomiques

قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية



جامعة محمد الصديق بن يحيى  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
المكتبة  
رقم الجرد : 23.8.4

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie

Option : Toxicologie de l'Environnement

Thème

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

Jury de soutenance :

Présenté par :

Présidente : D<sup>r</sup> Benabdelkader.M

Hireche Hanane

Examinatrice : M<sup>me</sup> Mekircha.F

Boudraa Nassira

Encadreur : M<sup>me</sup> Benfridja.L

Session : Juin 2016

Numéro d'ordre :.....

Année universitaire : 2015/2016

Laboratoire ou l'entreprise où le travail a été réalisé : laboratoire de l'ADE de Jijel et la station d'épuration de Jijel

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction ..... 1

## Partie I : Synthèse bibliographique

### Chapitre 1 : Un peu de tout sur l'eau

1. L'eau... le lien entre le passé et le future .....	4
2. Composition de l'eau .....	4
3. Différents états de l'eau .....	5
4. Propriétés de l'eau.....	5
4.1. Propriétés physiques de l'eau.....	5
4.2. Propriétés électriques de l'eau .....	5
4.3. Propriétés optiques de l'eau .....	6
4.4. Propriétés chimiques de l'eau .....	6
4.5. Propriétés biologiques de l'eau .....	6
5. Sources d'eau .....	6
6. Utilisation et gestion des eaux .....	7
7. Pollution de l'eau .....	8
7.1. Pollution métallique .....	8
7.2. Sources des métaux lourds.....	8
7.3. Définition de quelques métaux lourds .....	9
8. Méthodes et moyens pour la protection des eaux de surface contre la pollution.....	10

### Chapitre 2 : la qualité de l'eau

1. Qualité de l'eau .....	12
2. Paramètres de la qualité de l'eau.....	12
1. Paramètres organoleptiques .....	12

---

2. Paramètres physiques.....	12
2.1. Température.....	12
2.2. Potentiel hydrogène.....	12
2.3. Conductivité électrique.....	13
3. Eléments minéraux.....	13
3.1. Alcalinité.....	13
3.2. Dureté.....	13
3.3. Matière en suspension.....	13
3.4. Chlorures.....	13
3.5. Fer.....	14
3.6. Calcium.....	14
3.7. Magnésium.....	14
4. Paramètres de pollution.....	14
4.1. Azote ammoniacal.....	14
4.2. Nitrites.....	14
4.3. Nitrates.....	15
4.4. Phosphates.....	15
4.5. Sulfates.....	15
4.6. Demande biochimique en oxygène.....	15
4.7. Demande chimique en oxygène.....	15
5. Paramètres microbiologiques.....	15
5.1. Coliformes totaux.....	16
5.2. Coliformes fécaux.....	16
5.3. Escherichia coli.....	16
5.4. Streptocoques fécaux.....	16
5.5. Clostridium sulfito-réducteur.....	17
6. Paramètres toxiques.....	17

7. Système d'évaluation de la qualité de l'eau « SEQ » .....	17
8. Traitement des eaux de surface .....	18

## **Partie II : Matériel et Méthodes**

### **Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude**

1. Condition d'échantillonnage .....	19
2. Données générales.....	19
3. Présentation de la zone d'étude.....	19
4. Choix et localisation des stations de prélèvement .....	20
5. Prélèvement, échantillonnage et conservation .....	22

### **Chapitre 2 : Echantillonnage et Analyses**

6. Méthodes de mesure et d'analyse .....	23
6.1. Mesure sur terrain .....	23
6.2. Analyse au laboratoire .....	23
1. détermination de calcium et du magnésium.....	23
2. dosage des nitrites .....	24
3. dosage des nitrates .....	24
4. détermination de l'azote ammoniacal .....	24
5. détermination de sulfate .....	25
6. détermination de la DCO .....	25
7. détermination de la DBO <sub>5</sub> .....	25
8. détermination de MES .....	26
9. La turbidité.....	26
10. détermination de l'alcalinité.....	26
11. détermination des ions de chlorures.....	27
12. détermination du Fer .....	27
13. détermination de phosphate .....	27

6.3. Analyse des métaux lourds .....	28
6.4. Analyses microbiologiques .....	28
1. recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....	28
2. recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux .....	29
3. recherche et dénombrement des spores des bactéries ASR .....	30
6.5. Analyse statistique .....	30

### **Partie III : Résultats et discussion**

1. Résultats des paramètres organoleptiques .....	31
2. Résultats des paramètres physiques .....	32
2.1. Température .....	32
2.2. Potentiel hydrogène.....	32
2.3. Conductivité électrique .....	32
3. Résultats des éléments minéraux .....	32
3.1. Calcium et Magnésium .....	33
3.2. Alcalinité .....	34
3.3. Dureté .....	34
3.4. Chlorures .....	34
3.5. Fer .....	35
3.6. Matière en suspension .....	35
4. Résultats des paramètres de pollution .....	36
4.1. Azote ammoniacal.....	36
4.2. Nitrites.....	37
4.3. Nitrates .....	37
4.4. Phosphates.....	38
4.5. Sulfates.....	38
4.6. Demande biochimique en oxygène .....	38
4.7. Demande chimique en oxygène .....	39

---

5. Résultats des éléments traces métalliques dans l'eau .....	40
5.1. Zinc .....	40
5.2. Cadmium .....	41
5.3. Plomb .....	41
5.4. Cuivre .....	42
5.5. Origine de la pollution métallique .....	42
6. Corrélation entre les paramètres physiques, éléments minéraux et les paramètres de pollution dans l'eau .....	44
7. Analyse en composante principale .....	45
8. Suivi des paramètres microbiologiques .....	47
8.1. Coliformes totaux et fécaux .....	48
8.2. Escherichia coli .....	48
8.3. Streptocoques fécaux .....	49
8.4. Clostridium sulfito-réducteur .....	50
8.5. Détermination de l'origine de la contamination fécale .....	51
9. Relation entre la qualité de l'eau de l'Oued Amsal et les différents usages .....	52
9.1. Qualité physicochimique .....	52
9.2. Contamination métallique .....	52
9.3. Qualité microbiologique .....	53
Conclusion .....	54
Perspectives .....	55
Références bibliographiques	
Annexes	

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Tableau récapitulatif de solutions proposées.	11
<b>Tableau II</b>	Résultats des paramètres organoleptiques	31
<b>Tableau III</b>	Résultats des paramètres physiques	32
<b>Tableau IV</b>	Résultats des éléments minéraux.	33
<b>Tableau V</b>	Résultats des paramètres de pollution	36
<b>Tableau VI</b>	Résultats des éléments traces métalliques	40
<b>Tableau VII</b>	Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques des eaux analysées.	44
<b>Tableau VIII</b>	Les résultats obtenus des paramètres microbiologiques	47
<b>Tableau IX</b>	Origine de la contamination fécale des eaux	51
<b>Tableau X</b>	Origine de la contamination fécale des eaux de l'oued Amsal	52
<b>Tableau XI</b>	Usage potentiel de l'oued Amsal	53

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
ACP	Analyse en Composante principale
ACL	Agglomération Chef-Lieu
ADE	Algérienne Des Eaux
ASR	Anaérobies Sulfito-Réducteurs
BCPL	Bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre
°C	Degré Celsius
Ca <sup>++</sup>	Calcium
CaCl <sub>2</sub>	Chlorure de calcium
CaCO <sub>3</sub>	Carbonate de Calcium
Cd	Cadmium
CE	Conductivité
CF	Coliforme Fécaux
Cl-	Chlore
cm	Centimètre
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonate
CaSO <sub>4</sub>	Sulfate de Calcium
CT	Coliforme Totaux
Cu	Cuivre
CW	Chemin Wilaya
DBO <sub>5</sub>	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
Dj	Djebel
ETM	Eléments Traces Métalliques
E.Coli	Escherichia Coli
°F	Degré Français
Fe	Fer
G	Gramme
H <sub>2</sub> O	L'eau
HCO <sup>3-</sup>	Bicarbonates
IR	Infra-Rouge
Kg	Kilogramme
Km	Kilomètre
Km/h	Kilomètre par heure
L	Litre
M	Mètre
max	Maximum
min	Minimum
Mg/L	Milligramme par litre
Mg <sup>2+</sup>	Magnésium
MES	Matière en suspension
MSS	Matière sèche en suspension

MVS	Matière volatile en suspension
N	Nord
NaCl	Hydroxyde de sodium
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Sulfite de sodium
NO <sup>2-</sup>	Nitrite
NO <sup>3-</sup>	Nitrate
NO <sup>4+</sup>	Azote ammoniacal
NPP	Nombre le Plus Probable
OH	Hydroxyde
O <sub>2</sub> /L	Oxygène par litre
OMS	Organisation Mondial de la Santé
Pb	Plomb
pH	Potentiel d'hydrogène
PO <sub>4</sub>	Phosphate
ppm	Partie par million
SAA	Spectrométrie d'Absorption Atomique
SEQ	Système d'Evaluation de la Qualité
SF	Streptocoques fécaux
SO <sub>4</sub>	Sulfate
T	Température
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TH	Titre Hydrométrique
UV	Ultra-violet
µm	Micro mètre
µs/cm	Micro semences par centimètre

*“ Je peux prévoir la route des corps célestes, mais je ne peux rien dire sur le mouvement  
d’une petite goutte d’eau ”*

*Galileo Galilée*

## ***Introduction***

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollutions. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies.

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, les principales sources de satisfaction de la demande en eau croissante sont les eaux de surfaces et les eaux souterraines, du fait de leur disponibilité. La croissance démographique et la modernisation de l'industrie et de l'agriculture sont un facteur énorme de la détérioration de la qualité de ces ressources, souvent existantes en quantité limitée. Le mécanisme de cette pollution des eaux est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le temps et il est difficilement maîtrisable.

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher la santé de toute une population (Roux, 1987).

Ce suivi de la qualité des eaux superficielles portent d'une part sur la mesure des paramètres physicochimiques classiques (pH, température, conductivité électrique, DBO<sub>5</sub>, DCO, nitrates, nitrites, sulfates, chlorures, fer, azote, phosphate, etc.). Ils sont ouverts aussi à la quantification et à la qualification des polluants présents souvent à l'état de traces (métaux lourds), cela par comparaison des valeurs de leurs concentrations avec des valeurs réglementaires. Celles-ci représentent au-delà ou en deçà desquelles les résultats doivent se situer pour que l'eau soit jugée de bonne qualité, d'autre part à la recherche des microorganismes, surtout les bactéries et les virus, susceptibles d'affecter la santé de l'homme, ses ressources, ses animaux ou ses cultures.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'étude, où nous avons effectué une étude sur oued « Amsal » localisé dans la région de Ziama-Mansouriah, dont l'objectif consiste dans un premier temps, à évaluer la qualité des eaux : déterminer les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de l'eau de l'oued en vue de dégager le degré des divers polluants qui les affectent. Et dans un deuxième temps, classer l'eau selon les différents paramètres de qualité à l'aide d'un système simple et représentatif qu'est le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux (SEQ-Eau).

Nous avons structuré notre démarche en trois chapitres interdépendants :

- ✓ Le premier est purement théorique consacré à une brève présentation des informations sur l'eau , la pollution des eaux et ces différentes formes, ainsi que des méthodes et moyens pour la protection des eaux de surface contre la pollution ; ensuite la qualité de l'eau, les paramètres d'évaluation et les techniques de traitement des eaux superficielles pour les paramètres physicochimiques et microbiologiques et à l'aide des normes de l'OMS pour les éléments traces métalliques.
  
- ✓ Le deuxième chapitre consiste d'une part à réviser les données naturelle de la région : climatologie, géologie et une contribution à l'étude de son cadre biotique et d'autre part l'étude expérimentale qui expose le matériel et les méthodes / techniques employées pour la réalisation de ce travail : Analyses microbiologiques (recherche et dénombrement de microorganismes) et physico-chimiques de l'eau de trois stations de cet oued.
  
- ✓ Le troisième chapitre est consacré à une présentation des résultats et leurs interprétations pour les différents paramètres mesurés et déterminés, et une discussion sur la qualité des eaux de l'oued. Il est esquissé par une conclusion finale ainsi que des perspectives afin d'améliorer la conservation des eaux superficielles.

## 1. L'eau .... Le lien entre le passé et le futur !

L'eau est un élément qui crée le lien entre le passé et le futur, elle constitue l'un des quatre éléments fondamentaux avec l'air, la terre et le feu (Chost, 1997).

Elle est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe, et l'élément autour duquel se maintient et se développe la vie (Degrement, 1989).

Cet élément est un corps liquide à la température et à la pression ordinaire, incolore, inodore, insipide. L'eau est constituée de molécules formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H<sub>2</sub>O).

Ce corps liquide, contenant en solution ou en suspension toutes sortes d'autres corps (sels, gaz, micro-organismes, etc.), très répandu à la surface terrestre (eau de pluie, eau de mer, eau du robinet, etc.).

L'eau est le principal réactif utilisé dans cette grande usine chimique qu'est la terre. Les eaux naturelles constituent un immense champ d'application de la théorie des équilibres en solution aqueuse (Gil, 2002).

### ✓ Eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine ; soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement ; ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (rivières ; lacs ....) ou artificielles (retenues de barrage) (Degrement, 2005).

## 2. Composition de l'eau dans les ruisseaux et rivières

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, contient :

- des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...) : le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en certains éléments.
- des particules d'argiles en suspension qui forment une surface susceptible d'attirer et de fixer des bactéries et des molécules diverses,

- des bactéries : dans les eaux superficielles, sous l'effet du soleil, de l'oxygène ou de la chaleur, une prolifération bactérienne ou algale peut se développer.
- des matières organiques provenant du cycle de décomposition des végétaux et des animaux (Anonyme 1).

### 3. Différents états de l'eau

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de 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 :** caractérisée 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. Propriétés de l'eau

#### 4.1. 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 anomalies physiques que nous signalons brièvement.

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

#### 4.2. Propriétés électriques de l'eau

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

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

### 4.3. 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  $4000\text{ cm}^{-1}$ ).
- ✓ 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).

### 4.4. 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 électrostatistiques 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 dissociation des molécules formants le cristal minéral, avec apparition d'ions chargés électriquement dotés d'une certaine mobilité en solution (Zouied et Djouama, 2010).

### 4.5. 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).

## 5. Sources d'eau

L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la terre, et dans les océans.

Examiner la façon dont l'eau voyage au cours de son cycle nous permet de mieux comprendre ses interactions avec l'environnement et de mieux évaluer la quantité disponible pour la consommation de l'homme.

- ☞ **Précipitations** – pluie, neige, rosée, etc. – jouent un rôle clé dans le renouvellement des ressources en eau et dans les conditions climatiques et la biodiversité locale.
- ☞ **Glaciers** stockent l'eau sous forme de neige et de glace et alimentent les cours d'eau locaux de quantités d'eau qui varient en fonction des saisons.
- ☞ **Bassins fluviaux** constituent une « unité naturelle » très utile pour la gestion des ressources en eau et nombre d'entre eux s'étendent sur plus d'un pays.
- ☞ **Zones humides** - notamment les marécages, tourbières, marais et lagunes - recouvrent 6% de la surface émergée de la terre et jouent un rôle clé dans les écosystèmes locaux et les ressources en eau.
- ☞ **Nappes phréatiques** généralement de très bonne qualité, l'eau des nappes phréatiques est principalement extraite pour fournir de l'eau potable ou pour arroser les cultures dans les zones arides (Wirtgen, 2009).

## 6. Utilisation et gestion des eaux

Les utilisations de l'eau correspondent à une mobilisation de la ressource en eau par les sociétés au service du développement et du bien-être (activités économiques, collectivités, individus,...). Certaines utilisations affectent une valeur économique à l'eau, d'autres une valeur symbolique, esthétique, ludique... non économique. L'utilisation se distingue de l'usage, qui correspond à la finalité de l'utilisation. Ainsi, une même utilisation peut recouvrir plusieurs usages ; par exemple, l'utilisation domestique de l'eau par un ménage comprend l'usage « boisson », l'usage « cuisson des aliments », l'usage « hygiène », l'usage « sanitaires »... Une utilisation peut s'opérer :

-In situ (baignade, loisirs nautiques, production d'énergie hydraulique...)

-Ou ex situ ; dans ce cas, des aménagements sont réalisés pour acheminer l'eau jusqu'à son lieu d'utilisation (Hellier et Vaucelle, 2011).

La gestion d'un service d'eau (ou d'une activité utilisatrice d'eau) comprend quatre volets complémentaires :

- ✓ Une responsabilité administrative et politique vis-à-vis de l'état et des usagers,
- ✓ Une stratégie économique : l'investissement dans les infrastructures et l'exploitation du service,
- ✓ Une gestion financière des usagers, d'une « clientèle »,

- ✓ Une politique environnementale de préservation de la ressource et de gestion prospective et pouvoirs locaux, acteurs publics et entreprises privées, se retrouvent partenaires dans ces filières de gestion de la ressource en eau (Hellier et Vaucelle, 2011).

## 7. Pollution de l'eau

La pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des nations.

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantité trop importante, soit de substances plus ou moins toxiques d'origine naturelles ou issues d'activités humaines, soit encore d'eau trop chaude (Degerment, 1989).

La pollution de l'eau peut être définie comme une dégradation de celles-ci par les éléments qu'elle a accumulés lors de son utilisation. Les eaux douces et océaniques sont le réceptacle de pollutions multiples : chimiques, organiques, microbiologiques ; d'origines variées : urbaine, industrielle, agricole (Annexe I).

La présence d'éléments indésirables dans une eau, n'est pas toujours une conséquence des actions de l'homme (Annexe II), l'étude de la pollution des eaux liées à l'activité humaine a fait prendre conscience de l'existence indépendante de cette activité et que l'on peut qualifier par extension de pollution naturelle.

### 7.1. Pollution métallique

En plus de types de pollution cités auparavant on trouve la pollution par les ETM ; La notion « d'Éléments Traces Métalliques » (ou ETM) est mal définie, néanmoins, celle-ci se substitue peu à peu à celle de « métaux lourds ». (Gouzy et Ducos, 2008).

Il sont dangereux pour l'environnement car ils ne sont pas dégradables, même si les métaux lourds sont le plus souvent présent à l'état de trace, ils n'en restent pas moins très dangereux, puisque la toxicité se développe par bioaccumulation dans les organismes (Amimour et Chouib, 2008).

### 7.2. Sources des métaux lourds

Les métaux lourds présents dans les eaux peuvent provenir de deux origines principales :

- ✚ Une origine naturelle liée essentiellement à la dégradation partielle des roches métallifères et au lessivage des terrains miniers par les eaux de pluie ;
- ✚ Une origine due aux activités humaines, domestiques, agricoles et industrielles (Amimour et Chouib, 2008).

### 7.3. Définition de quelques métaux lourds

#### ➤ Cadmium

Le Cadmium est un élément rencontré dans le milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoutes, colloïdes, particulaires) et chimiques (minérale ou organique). En solution, il se trouve principalement sous la forme de cations à l'état d'oxydation + 2 (**Benhabiles, 2008**).

#### ➤ Plomb

Le plomb est un élément chimique de la famille des cristallogènes de symbole Pb et de numéro atomique 82. Ce métal existe sous trois formes essentielles, le plomb dissous, le plomb colloïdal et le plomb particulaire.

Pour les organismes aquatiques, le plomb présente une toxicité létale lors des concentrations comprises entre 2,46 et 8,8 mg/l (**Amimour et Chouib, 2012**).

#### ➤ Zinc

Le zinc est un élément blanc bleuâtre de symbole Zn, il appartient à la famille des éléments de transition du tableau périodique, il est répandu sur le globe (0,04 /Kg terre), se rencontre à l'état naturel au niveau des gisements de plomb (**Glinka, 1981**).

La solubilité des chlorures et sulfates de zinc est importante dans l'eau, leur hydrolyse conduit à une diminution du pH et à une augmentation de la teneur en zinc. (**Rodier, 1996**).

#### ➤ Cuivre

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent. Sa couleur rougeâtre le différencie au même titre que l'or par la couleur généralement grise des métaux. Le cuivre est un des rares métaux qui existe à l'état natif. L'occurrence du cuivre natif est cependant assez faible. Cu est moyennement abondant dans la croûte terrestre pour être un métal lourd; on le trouve le plus fréquemment sous forme de sulfure ou de sulfosel (**Salvarredy Aranguren, 2008**).

Enfin, une des particularités de ces éléments est d'entraîner des effets majeurs sur la santé humaine (caractère toxique des substances) et/ou sur les écosystèmes (caractère écotoxique des substances) en cas d'exposition (**Annexe III**) (**Gouzy et Ducos, 2008**).

### 8. Méthodes et moyens pour la protection des eaux de surface contre la pollution

L'action la plus déterminante réside dans nos habitudes de consommation, la plus importante source de pollution de l'eau étant celle de l'agriculture. Mais on peut protéger les eaux de surfaces contre la pollution issue de l'agriculture :

- 1) En agriculture, il est possible de limiter l'utilisation des intrants chimiques en agriculture.
- 2) Réduire sa consommation de produits industriels et notamment de produits de haute technologie.
- 3) Utiliser des produits sanitaires et cosmétiques écologiques.
- 4) Diminuer la pollution de l'eau faite par les usines.
- 5) Installer aussi des stations d'épuration ou des zones tampons afin de traiter les eaux usées avant de les rejeter dans le cours d'eau, la mer, ou le lac.

**Tableau I :** Tableau récapitulatif des solutions proposés.

	<h2>Une contribution de chacun</h2>	
<p><b>Échelle nationale</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de récupération des emballages vides et des produits phytosanitaires non utilisés ;</li> <li>• Renforcement des contrôles de l'utilisation des produits phytosanitaires</li> <li>• Conduite d'études préalables au futur dispositif de contrôle obligatoire des pulvérisateurs agricoles ;</li> <li>• Développement des techniques de protection biologique des cultures, substitut possible de la lutte chimique.</li> <li>• Créer des stations d'épuration et mettre aux normes celles déjà existantes.</li> </ul>	

<b>Échelle régionale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inciter les industriels à développer des substances moins toxiques pour l'homme et l'environnement;</li> <li>• inciter les agriculteurs à choisir les produits les moins nocifs.</li> </ul>
--------------------------	--

## 9. Traitement des eaux de surface

En raison des coûts élevés de l'eau potable et du fait que la grande majorité de l'eau n'est pas toujours disponible, de plus en plus d'industries et de municipalités utilisent de l'eau de surface traitée.

Normalement, les eaux de surface doivent être traitées pour pouvoir atteindre la qualité requise. Les eaux de surface contiennent en général une grande quantité de solides en suspension, bactéries, algues et matières organiques, sources de mauvais goût et de mauvaises odeurs.

Dans certaines régions, comme les estuaires de rivières, les eaux de surface peuvent être saumâtres, avec une concentration en sels allant jusqu'à 8000 mg/L.

Deux procédés standards sont utilisés pour traiter les eaux de surface:

- ☞ Le traitement conventionnel.
- ☞ Le traitement avancé basé sur la technologie d'ultrafiltration.

La désinfection doit faire l'objet d'une attention particulière car les eaux de surface contiennent une grande quantité de coliformes (E. Coli), virus et protozoaires. L'utilisation de chlore doit donc être étudiée avec soin, du fait qu'il réagit avec la matière organique pour former des sous-produits (**Anonyme 4**).

## 1. Qualité de l'eau

Nous avons tendance à juger de la qualité de l'eau en fonction d'une utilisation particulière de celle-ci. Une eau qui est bonne pour une chose ne l'est pas nécessairement pour une autre. Ainsi, on pourrait considérer l'eau d'une rivière comme suffisamment propre pour la baignade mais impropre à la consommation.

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier. Même l'eau des rivières et des lacs les moins influencés par les activités humaines n'est pas pure (Hebert et Legare, 2000).

La qualité de l'eau correspond à un ensemble de critères physico-chimiques et biologiques qui définissent leur degré de pureté et, en conséquence, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels (Ramade, 1998).

## 2. Paramètres de la qualité de l'eau

### 1. Paramètres organoleptiques

Ce sont les propriétés d'un aliment en termes de goût, odeur, aspect, couleur et consistance (Anonyme 2). On qualifie d'organoleptique tout ce qui est susceptible d'exciter un récepteur sensoriel, ainsi, l'apparence, l'odeur, le goût, la texture ou encore la consistance constitue les qualités organoleptiques d'un aliment ou d'une boisson (Anonyme 3).

### 2. Paramètres physiques

#### 2.1. Température (°C)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde (Rodier, 1996).

#### 2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H<sup>+</sup>. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau

(Castany et Margot, 1977). Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003). La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993).

D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rodier, 1996). Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'anhydride carbonique, l'alcalinité et la température (Rodier, 1984).

### 2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le siemens par mètre (S/m) (Rodier, 1996).

## 3. Eléments minéraux

### 3.1. Alcalinité

L'alcalinité est définie comme étant la capacité de l'eau naturelle pour neutraliser l'acide ajouté (Rodier, 1996). Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, OH<sup>-</sup>. Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC) (Rejesk, 2002).

### 3.2. Dureté

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH. La dureté s'exprime souvent en degré français (F°) (Detay, 1993).

### 3.3. Matière en suspension

Les matières en suspension (MES) dans l'eau, généralement visible à l'œil nu (dimension supérieur à 10 µm), déterminent la turbidité (Cordonnier et Berne, 1991). Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

### 3.4. Chlorures

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage

excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire.

### 3.5. Fer

Il est l'un des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Il peut provoquer une coloration et il à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques. Dans les eaux de surface, le fer se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par les traitements classiques de clarification (Sidiki, 2005).

### 3.6. Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature (Rodier, 1996). La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses  $\text{CaSO}_4$  soit à la dissolution des formations carbonatées  $\text{CaCO}_3$  (Saadali, 2007).

### 3.7. Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (Cheikh, 2008).

## 4. Paramètres de pollution

### 4.1. Azote ammoniacal

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) résulte essentiellement de la dégradation aérobie de l'azote organique (protéines, acides aminés, urée...) lequel provient en grande partie, en milieu urbain, de rejet d'eaux usées non ou insuffisamment épurées (Gouvernement de la RBC, 2011).

### 4.2. Nitrites

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont considérées comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de  $\text{NO}_2$ ) 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 (Hakmi, 2006).

#### 4.3. Nitrates

D'amont en aval, le fleuve produit des nitrites et des nitrates en consommant la pollution azotée la plus oxydable (Azote organique + ammonium). Dans des conditions d'oxygénation suffisante, l'ammonium est oxydé dans le fleuve en nitrites, puis en nitrates par l'action de bactéries spécialisées (Nitrosomas, Nitrobacter) (Hakmi, 2006).

#### 4.4. Phosphates

Le phosphate est un élément essentiel à la vie aquatique, les fortes concentrations en phosphate rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venant des activités industrielles. Il est considéré comme responsable du phénomène d'eutrophisation en rivière (Hakmi, 2006).

#### 4.5. Sulfates

La concentration en ions sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé (Ramade, 1982).

#### 4.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques.

Celle-ci correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre de l'échantillon d'eau analysée à 20°C (Gouvernement de la RBC, 2011).

#### 4.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale.

### 5. Paramètres microbiologiques

Les microorganismes comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales. Le pouvoir pathogène des microorganismes (ou pathogénicité) dépend de plusieurs facteurs qui sont les facteurs concernant la physiologie des microorganismes et ceux concernant la physiologie de l'hôte infecté.

Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (coliformes thermo tolérants) et les *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisés pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux (Metahri, 2012).

### 5.1. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux (bactéries coliformes) - bacilles gram négatifs - , aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de se développer en présence de sels biliaries ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde pendant 24-48 heures. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter* (Coordination de la Communication Sociale, 2013).

### 5.2. Coliformes fécaux ou thermo tolérants

Sont un groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose pendant 24 heures, dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia*, d'origine exclusivement fécale (Coordination de la Communication Sociale, 2013).

### 5.3. *Escherichia coli*

Bactérie coliforme thermorésistante, capable de croître à 44°C, qui fermente le lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz pendant 24 heures, l'origine fécale de *E. coli* est incontestable et sa nature omniprésente peu probable, ce qui valide son rôle précis d'organisme indicateur de contamination tant dans les eaux naturelles que traitées (Coordination de la Communication Sociale, 2013).

### 5.4. Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz.

Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant y compris dans les milieux salés. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (Hamdi et Ait Kaci, 2008).

### 5.5. Clostridium sulfito-réducteur

Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices : formes de résistance de micro-organismes se développant en anaérobiose à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1$  en 24h et ou 48h en gélose viande foie et donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété qu'ils sporulent, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection.

Ils sont actuellement considérés comme de bons indicateurs de l'efficacité des traitements vis-à-vis des parasites (ADE Jijel, 20016).

### 6. Paramètres toxiques

Le suivi des toxiques dans les eaux de surface sert à déterminer la concentration dans l'eau de différentes substances comme des métaux (plomb (Pb), cadmium (Cd), zinc (Zn), cuivre (Cu)), un suivi de l'évolution des concentrations de toxiques, dans le temps, peut aussi être fait pour vérifier l'impact des mesures d'assainissement (Gouvernement du QUEBEC, 2015).

### 7. Système d'évaluation de la qualité de l'eau « SEQ »

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités.

Le maintien des équilibres biologiques, production d'eau potable, loisirs et sports aquatiques aquaculture, abreuvement des animaux, irrigation.

En identifiant les altérations qui compromettent les équilibres biologiques ou les usages, le SEQ Eau autorise un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées.

L'aptitude de l'eau à la biologie et aux usages est évaluée, pour chaque altération, à l'aide de 5 classes d'aptitude, allant du :

- Couleur **bleue** : classe de qualité **excellente**, absence de pollution ;
- Couleur **verte** : classe de qualité **bonne**, pollution modérée ;
- Couleur **jaune** : classe de qualité **moyenne**, pollution nette ;
- Couleur **orange** : classe de qualité **mauvaise**, pollution importante ;
- Couleur **rouge** : classe de qualité **très mauvaise**, pollution excessive.

La classe d'aptitude est déterminée au moyen de grilles de seuils établies pour chacun des paramètres de chaque altération (Clesniak, 2010).

## 8. Traitement des eaux de surface

En raison des coûts élevés de l'eau potable et du fait que la grande majorité de l'eau n'est pas toujours disponible, de plus en plus d'industries et de municipalités utilisent de l'eau de surface traitée.

Normalement, les eaux de surface doivent être traitées pour pouvoir atteindre la qualité requise. Les eaux de surface contiennent en général une grande quantité de solides en suspension, bactéries, algues et matières organiques, sources de mauvais goût et de mauvaises odeurs. Dans certaines régions, comme les estuaires de rivières, les eaux de surface peuvent être saumâtres, avec une concentration en sels allant jusqu'à 8000 mg/L.

Deux procédés standards sont utilisés pour traiter les eaux de surface:

- ✓ Le traitement conventionnel.
- ✓ Le traitement avancé basé sur la technologie d'ultrafiltration.

La désinfection doit faire l'objet d'une attention particulière car les eaux de surface contiennent une grande quantité de coliformes (E. Coli), virus et protozoaires. L'utilisation de chlore doit donc être étudiée avec soin, du fait qu'il réagit avec la matière organique pour former des sous-produits (**Anonyme 4**).

Dans ce deuxième chapitre ; d'abord nous présenterons notre zone d'étude, le choix et la localisation des différentes stations de prélèvement ainsi que leur description. Ensuite, le prélèvement et la conservation des échantillons avec les méthodes analytiques utilisées. Enfin, nous préciserons les méthodes statistiques utilisées afin de traiter l'ensemble des résultats obtenus.

### 1. Condition d'échantillonnage

#### Le jour de prélèvement

Le : 21/03/2016

**La première station** : heure de prélèvement : 10 h du matin

**La deuxième station** : heure de prélèvement : 10 h et 30 minutes du matin

**La troisième station** : heure de prélèvement : 11 h du matin

#### Les informations

**météorologiques (weather)** de Ziama Mansouriah le jour de prélèvement : Couverture nuageuse partielle

La température : 20 °C

Max 17 °C, Min 11°C

Le vent : 18 Km/h

L'humidité : 61 %

### 2. Données générales

Ziama-Mansouriah (ex Mansouria), est une commune côtière de la wilaya de Jijel en Algérie, située dans la région de la Kabylie à environ 40 km au sud-ouest de Jijel dans le golfe de Bejaïa. El Mansouria est un village surplombant la méditerranée au pied d'une montagne du massif jijelien. Le village se trouve à 42 kilomètres à l'ouest de Jijel et à 44 kilomètres de Bejaïa

### 3. Présentation de la zone d'étude

L'Oued Amsal, cours d'eau situé dans la région de Ziama Mansouriah à environ 40 km au sud-ouest de la wilaya de Jijel en Algérie. Il est d'une longueur de 1,5 km, né dans la haute Ait Saadallah, traverse la zone Kamhoun et se jette dans la mer méditerranée. La latitude de l'Oued Amsal est [36°39'51.8"N] à côté de la longitude [5°28'27.9"E].

#### 4. Choix et localisation des stations de prélèvement

Pour une plus grande représentativité et selon l'accessibilité des points de prélèvement, on a choisi trois stations en longueur de l'Oued « Amsal » tout en respectant un intervalle spatial entre chaque station (Figure 01). En se référant à Google Earth (Google, 2016), nous avons représenté géographiquement sur une carte les points choisis dans la région d'Oued Amsal.



Figure 01: Photo Satellite de la localisation géographique des stations de prélèvement (Google Earth, 2016).

##### ☛ Première station

Cette station 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*, *Ulmus minor*, *Calycotome*, *Juncus effusus*, *Erica arborea*, et autres espèces (Figure 02).



Figure 02 : La première station.

### ☞ Deuxième station

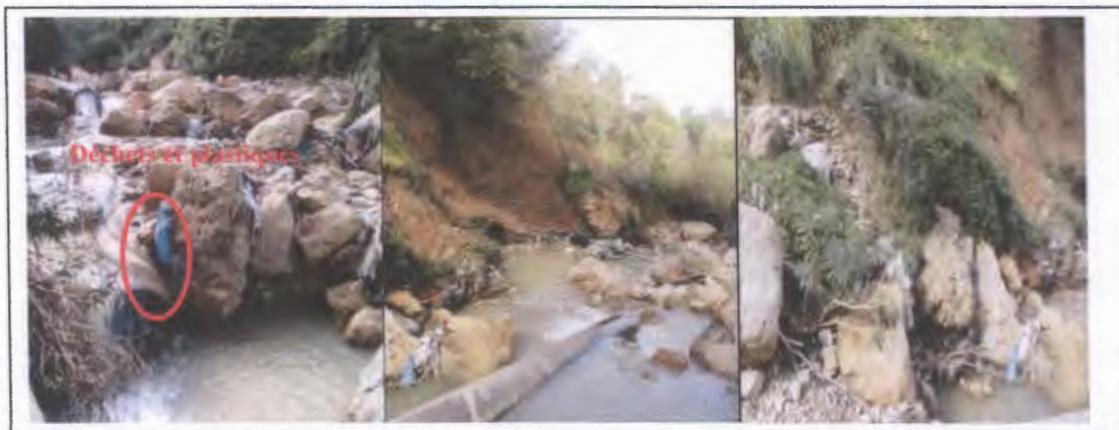
Station intermédiaire entre l'amont et l'aval, on remarque la présence de deux décharges sauvages « à ciel ouvert » (flèches rouges dans la photo) composée d'ordures ménagères et de matériaux de construction dételés. Les décharges sont juxtaposées à l'Oued Amsal. Le couvert végétal est similaire à celui de la première station (**Figure 03**).



**Figure 03:** La deuxième station.

### ☞ Troisième station

La dernière 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 avoisinantes et rejetées sans traitement préalable, pour finir dans la mer (**Figure 04**).



**Figure 04:** La troisième station.

## 5. Prélèvement, échantillonnage et conservation

Les prélèvements dans les cours d'eau se font généralement dans la partie médiane (depuis la rive assez loin des bords, au minimum 2 mètres des rives), à condition de ne pas prélever dans les zones mortes.

Il doit être effectué à une profondeur d'environ 30 cm sous la surface et à environ 50 cm au-dessus du fond, sinon à mi-profondeur. On évite de prélever l'eau superficielle appelé « Film superficielle » notamment dans le cas des analyses bactériologiques ou des micro-polluants (métaux lourds). En plus il est idéal que l'échantillon soit issu de liquide turbulent. Le choix de l'outil d'échantillonnage dépend de plusieurs contraintes : protocole d'échantillonnage prévu, accessibilité du site, familles de paramètres (**manuel d'utilisation du guide, 2011**).

L'échantillonnage de l'eau a pour but de fournir une information qualitative et quantitative, et de préciser les propriétés hydrodynamiques des systèmes observés.

La bonne pratique de l'échantillonnage conditionne en très grande partie la fiabilité, la comparabilité des données de mesure et donc l'interprétation que l'on pourra en faire. Le titulaire prendra toutes les dispositions pour :

- Assurer la représentativité et l'intégrité des échantillons réalisés depuis l'échantillonnage du milieu jusqu'au laboratoire d'analyses ;
- Eviter la contamination du milieu lors de l'échantillonnage (bottes souillées, espèces invasives, etc.) en s'équipant de protections individuelles propres et en utilisant du matériel nettoyé (**manuel d'utilisation du guide, 2011**).

Trois échantillons d'environ un litre et demi (1,5 l) sont prélevés en chacune des trois stations dans des bouteilles, ces dernières et leurs bouchons sont lavés trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplis complètement puis bouchés tout en évitant la formation des bulles d'air.

Les échantillons prélevés le 21/03/16 sont destinés aux analyses physicochimiques ( $T^{\circ}$ , pH, CE,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , Fe,  $Cl^{-}$ , TAC, TH,  $NH_4^{+}$ ,  $NH_2^{-}$ ,  $NO_2^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ , chlorure, matière oxydable, matière en suspension) et microbiologiques (Coliforme totaux, Coliforme fécaux, E. coli, Streptocoque et Clostridium sulfito-réducteur).

Ainsi qu'aux dosages de certains éléments (métaux lourds, DBO5, DCO). Par précaution les échantillons d'eau sont acidifiés à  $\text{pH} < 2$  et ils sont ensuite stockés dans le réfrigérateur afin de ralentir les actions chimiques et les activités biologiques, selon les protocoles de conservation de Rodier (Rodier et al, 2009).

## 6. Méthodes de mesure et d'analyses

### 6.1. Mesures sur terrain

Les paramètres in situ seront mesurés prioritairement dans le cours eau et à défaut dans un récipient et après stabilisation de la valeur. La température, le pH, la conductivité électrique, sont des paramètres très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importante s'ils ne sont pas mesurés sur site.

Ainsi à chaque prélèvement ces paramètres sont mesurés in situ, par le même multi-paramètre de type « Consort C561 », qui possède deux électrodes, l'une est utilisée pour la mesure de la température, l'autre pour la mesure du pH et de la conductivité.

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, ceux du pH en unité de pH et les résultats de la conductivité sont exprimés en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 6.2. Analyse au laboratoire

L'évaluation de la qualité des eaux de l'Oued Amsal nous a porté à effectuer un nombre d'analyses physicochimiques et microbiologiques, qui se sont déroulés au niveau du laboratoire de l'Algérienne des eaux (A.D.E) de Jijel pour les paramètres (Chlorures, nitrates, nitrites, phosphates, sulfates, fer, calcium, ammonium...) et pour la DBO5, DCO, matière en suspension sont effectués au laboratoire de la station d'épuration de Rabta de Jijel. Le dosage des métaux est réalisé au laboratoire de l'université de Jijel.

#### 1. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

##### Principe

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium a été effectué par une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui

donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

On prend 50ml d'eau a analysée ((V1)=  $\text{Ca}^{2+}$ ), on ajout 2 ml de NaOH à 2 N et du Murexide puis on titre avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet). On prend 50 ml d'eau à analyser. (V2) ( $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$ ) puis on ajout 2 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (10,1).Et du noir eriochrome ,enfin on titre avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

## 2. Dosage des nitrites $\text{NO}_2^-$

### ☞ Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui,après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

On prend 50 ml d'eau à analyser, on ajout 1 ml du réactif mixte et on attend 10mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2$ , la lecture est effectuée à 543 nm. Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

## 3. Dosage des nitrates $\text{NO}_3^-$

### ☞ Principe

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

On prend 10 ml de l'échantillon à analyser, puis on ajout 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % et on ajout 1 ml de salicylate de sodium puis on évapore à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

Après on reprend le résidu avec 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  laissant reposer 10 mn. Et on ajoute 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis on passe au spectro au 415 nm.

## 4. Détermination de l'azote ammoniacal $\text{NH}_4^+$

### ☞ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

On prend 40 ml d'eau à analyser puis on ajout 1 ml acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte. On attend 10 mn le développement de la couleur bleue et on effectue la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

### 5. Détermination des sulfates $\text{SO}_4^{2-}$

#### ☞ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de  $\text{BaCl}_2$ .



On prend 20 ml d'eau à analyser puis on complète à 100 ml d'eau distillée et on ajout 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum, ensuite on agite énergiquement pendant 1 mn et passant au spectrophotomètre  $\lambda = 420 \text{ nm}$ .

### 6. Détermination de la DCO

#### ☞ Principe

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium.

On prend 20 ml d'échantillon débarrassé de matières décantables puis on ajout 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  puis une pincée de  $\text{HgSO}_4$  (0.55). On ajout 30 ml d'  $\text{H}_2\text{SO}_4$  avec  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  et laisse refroidir dans un bain de glace ou à défaut dans de l'eau. Ensuite on chauffe pendant 2 heures à une température de  $170^\circ\text{C}$  et laisse refroidir puis on complète à 150 ml avec de l'eau distillée dans un bécher. On dose avec le  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  en utilisant la ferroïne.

### 7. Détermination de la $\text{DBO}_5$

#### ☞ Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes présent consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxyde ne en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique ( $\text{CO}_2$ ) formé est piégé par l'hydroxyde de potassium. Cette détermination en oxygène crée une dépression qui est enregistrée par une élévation du niveau de mercure.

On introduit la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse et on centrifuge durant 20 min. de volume de cet échantillon qui doit être tel qu'il conduise à la pesée d'au moins 30 mg. On décante et remet en suspension le culot dans l'eau distillée (en remplissant le pot jusqu'au niveau initial) et on centrifuge 20 minutes. On recueille le culot déposé dans une capsule préalablement séchée à  $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$  jusqu'à masse constante, on refroidit en dessiccateur et on pèse à 0.1 mg près. On rince le pot de centrifugeuse deux fois, avec chaque fois 20 ml d'eau distillée et on recueille les eaux d'entraînement dans la capsule. On sèche ensuite la capsule et son contenu à  $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , on laisse refroidir dans un dessiccateur et on pèse à 0.5 mg. On recommence les opérations de séchage, de refroidissement et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.5 mg.

## 8. Détermination des matières en suspension (MES)

### ☞ Principe

Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres. On mouille le filtre avec de l'eau distillée puis on met dans l'étuve pendant quelques minutes. On sort le filtre, puis le met dans le dessiccateur pour le refroidissement. Puis pèse le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable. On prend une fiole de 100 ml, on lave abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée. On prend une prise d'essai de 100 ml, on place le filtre dans la rampe de filtration. Et on verse le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète. On récupère le filtre et le met à l'étuve à  $150^\circ\text{C}$  pendant 2 heures. On met le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total. Enfin on pèse le filtre.

## 9. La turbidité

On remplit une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

## 10. Détermination de l'alcalinité

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de  $\text{pH} = 8.3$  et  $4.3$ , le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

On prend 100 ml d'eau à analyser, puis on note son pH, on titre avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

### 11. Détermination des ions de chlorures

Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) qui, en présence d'un excès d'ions d'argent, forme un précipité rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, on introduit 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 ml. Puis on vérifie la phénolphthaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après, on ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur. Ensuite on ajoute 1 ml de chromate de potassium et on dose par l' $\text{AgNO}_3$  jusqu'au virage à la teinte brunâtre.

### 12. Détermination du Fer

#### ☞ Principe

Addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .

On prend 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, puis on ajoute 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine. On mélange soigneusement. On ajoute 2ml de tampon acétate. On ajoute 2 ml de la solution 1.10 de phénantroline et on conserve à l'obscurité pendant 15min. Enfin on passe au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.

### 13. Détermination de phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### ☞ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

On ajoute 40 ml d'eau à analyser, 1 ml acide ascorbique ,2 ml du réactif mixte. Puis on attend 10 mn le développement de la couleur bleue. Enfin on effectue la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

### 6.3. Analyse des métaux lourds

La technique de dosage des polluants métalliques (zinc, cadmium, plomb et cuivre) utilisée est la spectrométrie d'absorption (S.A.A).

La spectrophotométrie d'absorption atomique est essentiellement une méthode d'analyse quantitative qui convient beaucoup mieux à la détermination des traces qu'à celle des composants majeurs.

### 6.4. Analyse microbiologique

Les indicateurs de pollution fécale pris en compte dans cette partie sont uniquement les coliformes (dits coliformes totaux (CT)), *Escherichia.Coli*, les coliformes fécaux (CF), les streptocoques fécaux (SF) et le clostridium sulfito-réducteur.

Les méthodes utilisées pour la détermination des indicateurs de pollution fécale sont multiples mais on a choisi la méthode du nombre le plus probable (NPP) en milieu liquide, cette méthode recoure à la pratique du test présomptif (coliformes totaux, streptocoques) et du test confirmatif (coliformes fécaux, streptocoques fécaux).

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.

#### 1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

##### ☞ Test présomptif

Il est effectué en utilisant le bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL). Tous les tubes (9tubes) sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu (ANNEXE XIII).

En chassant l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et en mélangeant bien le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. 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 deux ou trois gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu Schubert) muni d'une cloche de Durham. L'incubation se fait à  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  pendant 24 - 48 heures, Dans les tubes montrant un trouble et un dégagement gazeux dans la cloche de Durham, on ajoute quelques gouttes de 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 (ANNEXE XIV). Notant le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady pour déterminer le nombre le plus probable (N.P.P) (ANNEXE XVII) de coliformes fécaux par 100 ml d'échantillon (ADE Jijel, 2016).

## 2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

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 XV). Cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir: test de présomption suivi du test de confirmation.

### ☞ Test présomptif

Il est effectué en Ensemencement des tubes contenant le milieu de Rothe : trois tubes de Rothe à double concentration avec 10 ml d'eau, trois tubes à simple concentration avec 1 ml d'eau et trois tubes à simple concentration avec 0,1 ml d'eau.

Incuber les tubes à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période 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 (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). Incuber les tubes à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures Considérés comme positif les tubes pour lesquels nous observons 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).

### 3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (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 ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

On répartit 20 ml d'eau à analyser dans 4 tubes stériles à raison de 5 ml par tube, puis on place les tubes dans un bain Marie à  $80^\circ\text{C}$  pendant 10 minutes puis on a refroidi rapidement à environ  $45^\circ\text{C}$ , ceci dans le but de détruire les formes végétatives (**Figure 05**).

On coule dans chacun 15 ml de la gélose viande foie et 0.4 ml de sulfite de sodium et 4 gouttes d'alun de fer et on mélange puis on incube à  $37^\circ\text{C}$  pendant 48h (**ANNEXE XVI**).

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 par 20 ml (**ADE Jijel, 2016**).



**Figure 05** : Application des tests microbiologiques

#### 6.5. Analyse statistique

Pour une meilleure compréhension, les résultats exprimés en moyenne des analyses microbiologiques qui sont illustrés sous formes d'histogrammes par l'EXCEL. Pour le calcul statistique une matrice de corrélation a été calculée, ainsi qu'une analyse en composante principale (A.C.P.), une technique principalement descriptive, consistant à représenter sous forme graphique le plus d'informations possibles contenues dans les tableaux des résultats. L'analyse statistique des données est réalisée par le logiciel XLSTAT 2016.

Dans ce chapitre, nous exposons les résultats obtenus des différentes analyses effectuées sur l'eau de l'Oued Amsal, nous présentons aussi les résultats des analyses statistiques.

### Résultats et Discussion

L'analyse physicochimique consiste à la détermination des paramètres de pollution tels que la DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, NO<sup>3-</sup>, NO<sup>2-</sup> et NO<sup>4+</sup>. Ces paramètres ont été suivis entre les trois différentes stations le long de l'Oued Amsal. Après avoir prélevé et conservé les échantillons selon les conditions requises pour les eaux de surfaces, les analyses ont été effectuées selon les protocoles préconisés (Rodier, 2005).

#### 1. Résultats des paramètres organoleptiques

Les propriétés organoleptiques de l'eau font référence à la sensation, bonne ou mauvaise, que le consommateur peut ressentir en buvant de l'eau. Les paramètres organoleptiques sont ceux que le consommateur perçoit immédiatement : la couleur, la transparence, l'odeur ou la saveur (Toutant, 2013).

**Tableau II** : Résultats obtenus des paramètres organoleptiques

Station paramètres	1	2	3
Couleur	Pas de couleur	marron	Vert, marron
Odeur	Pas d'odeur	mauvaise	Très mauvaise
Transparence	Claire	assez trouble	Très trouble

L'analyse du **tableau II** nous permet de constater que ces eaux possèdent une odeur « assez désagréable » ceci indique la présence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition au niveau de la station **II** et **III**.

On remarque que la station **I** ne présente d'une part aucune odeur caractéristique, ce qui indique l'absence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition d'autre part, son eau est incolore et limpide, ce qui indique aussi l'absence d'ions métalliques qui changent la couleur de l'eau. On considère cette station comme une station de référence.

Le suivi des paramètres organoleptiques n'est donc pas à négliger. Ils font toujours partie de ces éléments que le consommateur suit de près et la collectivité, qu'elle soit en régie ou en délégation, se doit d'en tenir compte.

## 2. Résultats des paramètres physiques

Les résultats (moyennes) des paramètres physiques ( $T^\circ$ , pH, CE) obtenus lors des analyses effectuées sur les échantillons de l'eau sont mentionnés dans le **tableau III**.

**Tableau III** : Résultats obtenus des paramètres physiques.

Stations \ Paramètres	1	2	3
Température ( $^\circ\text{C}$ )	18	17.8	18.3
Potentiel Hydrogène	7.61	7.49	7.47
Conductivité électrique ( $\mu\text{S/cm}$ )	903.33	929	801.67

### 2.1. Température de l'eau

Dans les eaux étudiées, ce paramètre présente des valeurs comprises entre  $18^\circ\text{C}$  (station I) et  $18.3^\circ\text{C}$  (station III). Ces valeurs ne montrent pas de grandes variations entre les stations et restent proche de la température de la région pendant cette période.

Les valeurs de la température mesurées dans les eaux de l'Oued Amsal appartiennent donc à la classe bonne à excellente qualité, on constate que ces valeurs sont acceptables selon la grille de qualité des eaux de surface (SEQ-Eau).

### 2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

L'analyse des eaux de l'Oued Amsal a dévoilé que le pH est proche de la neutralité dans les trois stations. En effet le pH varie entre 7,47 dans la station III et 7,69 dans la station I. Donc, les valeurs moyennes du pH d'après la grille de qualité des eaux de surface (SEQ-Eau) sont considérées comme excellentes.

### 2.3. Conductivité électrique (CE)

Les valeurs enregistrées varient entre  $801.67 \mu\text{S/cm}$  dans la station III et  $929 \mu\text{S/cm}$  dans la station II. Ces résultats indiquent une excellente qualité et une faible minéralisation pour l'eau de l'Oued Amsal.

## 3. Résultats des éléments minéraux

Les résultats (moyennes) des éléments minéraux ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  et Fe) ainsi que les la valeur de TAC, TH, Chlorures et de la matière en suspension sont présentés dans le **tableau IV**.

Tableau IV : Résultats obtenus de suivi des éléments minéraux.

Stations	1	2	3
Paramètres			
Calcium (mg/L)	92.72	73.48	52.63
Magnésium (mg/L)	42.93	45.36	47.30
TAC (°F)	5.5	6.33	4.57
TH (°F)	39	38.8	32.6
Chlorures (mg/L)	33.13	35.5	34.32
Fer (mg/L)	0.057	0.78	0.59
Matière en suspension (mg/L)	12	166	107

### 3.1. Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ )

Les eaux de l'Oued Amsal présentent une valeur minimale de calcium de **52,63 mg/L** dans la troisième station et une valeur maximale de **92,72 mg/L** dans la première station. Ces teneurs sont assez voisines dans les trois stations et les eaux des trois stations sont d'excellente qualité (**Figure 6**). Pour ce qui est des teneurs en magnésium, les résultats des échantillons montrent des valeurs en dessous de **50 mg/L** dans les trois stations, qui constituent la valeur guide relevée dans la grille d'évaluation des eaux superficielles (SEQ-EAU).



Figure 6 : Dosage du calcium.

### 3.2. Alcalinité ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Les concentrations du TAC au niveau des trois stations de prélèvement varient entre **6,33 °F** et **4,57 °F**. Elles sont généralement comprises dans une fourchette étroite. Ces dernières expriment que l'eau analysée est alcaline et cette eau est de moyenne qualité selon la grille d'évaluation des eaux (SEQ-EAU).

### 3.3. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium, l'OMS exige que la dureté totale de l'eau destinée à la consommation humaine soit inférieure à **30°F**. L'origine de la dureté d'une eau peut être liée simplement à la lithologie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que la pollution industrielle.

Les résultats obtenus nous montrent que les eaux étudiées ont des duretés importantes qui varient entre **32.6 °F** (minimum à la station III) et **39 °F** (maximum à la station I), donc nous constatons que le terrain de la zone d'étude est un terrain probablement calcaire et l'eau est de très mauvaise qualité.

### 3.4. Chlorures

Dans le cas des eaux de l'Oued Amsal on remarque que les résultats obtenus varient entre **33,13 mg/L** dans la station I et **35,5 mg/L** dans la station II (Figure 07).

La grille de qualité des eaux de surface, montre que les teneurs en chlorures sont très faibles dans toutes les stations, elles ne dépassent pas **200 mg/l** donc les eaux de l'Oued sont de très bonne qualité, elles sont inférieures à la norme de potabilité (**250 mg/l**).



Figure 07 : Dosage des chlorures.

### 3.5. Fer

Le fer se trouve essentiellement dans les eaux privées d'oxygène. Les résultats obtenus à partir des analyses montrent que cet élément minéral est présent dans l'eau analysée, avec une valeur moyenne de **0.057 mg/L** dans la station I. Cette dernière est en dessous des valeurs limites donc l'eau tend vers une excellente qualité. La qualité des eaux des stations II et III est bonne car les valeurs ne dépassent pas **0.78 mg/L** (Figure 08).



Figure 08 : Dosage du Fer.

### 3.6. Matière en suspension

En ce qui concerne les eaux de l'Oued Amsal on obtient des résultats différents pour les trois stations ; une valeur de **12 mg/L** est enregistrée dans la station I avec une qualité excellente de l'eau, **166 mg/L** dans la station II et **107 mg/L** dans la station III ; ces valeurs reflètent une qualité très mauvaise des eaux de ces deux dernières (Figure 09).



Figure 09 : Détermination de la matière en suspension.



**Figure 10 :** Dosage d'azote ammoniacal.

#### 4.2. Nitrites ( $\text{NO}_2$ )

Le **tableau V** nous montre que les teneurs en nitrites sont peu importantes. Les valeurs moyennes de toutes les stations de notre étude ne dépassent pas les normes requises. **0.01 mg/L** est la valeur enregistrée dans la station **I**, **0.079 mg/L** dans la station **II** et **0.040 mg/L** dans la station **III**. Selon les valeurs guides, les résultats reflètent une eau d'excellente qualité (**Figure 11**).



**Figure 11:** Dosage des nitrites.

#### 4.3. Nitrates ( $\text{NO}_3$ )

D'après le **tableau V**, les teneurs en nitrates sont de **9.509 mg/L** dans la station **I**, donc c'est une eau de bonne qualité ; **12.699 mg/L** dans la station **II**, ce qui indique une qualité des eaux moyenne et **22.401 mg/L** enregistrée dans la station **III**, donc l'eau est de très mauvaise qualité. Ces valeurs restent inférieures dans l'ensemble à la norme de **50 mg/L** décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (**OMS, 1994**).

#### 4.4. Phosphates

Les teneurs en phosphates enregistrés dans la station I est de l'ordre de et **0.04 mg /L** et de **0.14 mg/L** dans la station II. On conclue que la qualité des eaux de ces deux stations est excellente. En ce qui concerne la station III, la teneur en phosphates est égale à **0.58 mg /L**, ce qui indique que les eaux de cette station sont de très mauvaise qualité (**Figure 12**) ; des teneurs en phosphate supérieures à **0.5 mg/L** doivent constituer un indice de pollution des eaux de surface (**Rodier, 2005**).

Les concentrations des phosphates dans les eaux des trois stations sont inférieurs à la norme **5 mg/L** décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine (**OMS, 1994**).



**Figure 12** : Dosage des phosphates.

#### 4.5. Sulfates

Les résultats obtenus montrent que la teneur maximale est de l'ordre de **88.77 mg/L** dans la station II alors que la teneur minimale est de l'ordre de **65.2 mg/L** dans la station III. Les résultats affirment que la qualité de l'eau reste excellente dans les trois stations.

#### 4.6. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La DBO<sub>5</sub> est utilisée pour établir un classement qualitatif des eaux et définir l'altération du milieu par les matières organiques biodégradables (**Rodier et al, 2009**).

L'étude des résultats montre une variation entre les stations. La valeur enregistrée dans la station I est de **1.5 mg d'O<sub>2</sub>/L**. Elle ne dépasse pas la norme recommandée par l'OMS qui est de 3-5 mg/L, donc cette eau est d'excellente qualité. Cependant, la valeur de la DBO<sub>5</sub> est constante dans les stations II et III elle est de **6 mg d'O<sub>2</sub>/L**, donc c'est une eau de bonne qualité (**Figure 13**).



Figure 13 : Dosage de la DBO<sub>5</sub>.

#### 4.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à une estimation de matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origine organique ou minérale (Zouied et Djouama, 2010).

A partir des résultats obtenus lors de différentes analyses, la valeur maximale est **34.4 mg** d'O<sub>2</sub>/L est enregistrée au niveau de la station **II** et la valeur de **27.3 mg** d'O<sub>2</sub>/L est enregistrée au niveau de la station **III**, elles témoignent donc d'une eau de qualité moyenne. La valeur minimale est de **6.9 mg** d'O<sub>2</sub>/L enregistrée dans la station **I**, l'eau de cette dernière est de bonne qualité (Figure 14).



Figure 14 : Dosage de la DCO.

## 5. Résultats des éléments traces métalliques dans l'eau

Le **tableau VI** présente les résultats (moyennes) obtenus lors du dosage des éléments traces métalliques exprimés en (ppm).

**Tableau VI** : Résultats obtenus des éléments traces métalliques.

Stations Paramètres	1	2	3
Zinc (Zn) (ppm)	0.0032	0.0022	0.0056
Cadmium (Cd) (ppm)	0.0195	0.045	0.0694
Plomb (Pb) (ppm)	0.0965	0.1457	0.1202
Cuivre (Cu) (ppm)	0.03586	0.05116	0.07916

### 5.1. Zinc

Les analyses des eaux de l'Oued Amsal montrent que les teneurs des échantillons en zinc présentent des variations conformes. La teneur moyenne maximale de zinc est de **0.0056 ppm** dans la station **III**, et la teneur moyenne minimale de **0.0022 ppm** dans la station **II**. Selon les normes de l'OMS on constate que les eaux des trois stations sont de bonne qualité (**Figure 15**).



Figure 15 : Variation du zinc en fonction des stations.

### 5.2. Cadmium

Les teneurs obtenues en Cadmium sont relativement fortes, la valeur la plus élevée est de l'ordre de **0.0809 ppm** au niveau de la station III, dépassant ainsi la norme décrite par l'OMS qui est de **0.003 ppm** ce qui indique une mauvaise qualité des eaux de l'Oued Amsal (Figure 16).

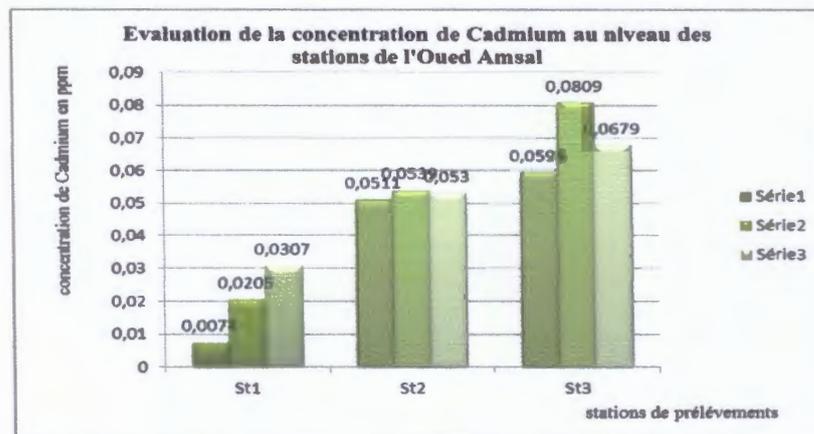


Figure 16 : Variation du cadmium en fonction des stations.

### 5.3. Plomb

Pour ce métal on observe des variations régulières et fortes d'une station à une autre, d'après le **tableau XI**, la teneur moyenne maximale de Pb est de **0.1457 ppm** dans la station II et la teneur moyenne minimale est de **0.0965 ppm** dans la station I. En se basant sur les normes de l'OMS (**0.01 ppm**) on conclue que les valeurs du plomb obtenues montrent une très mauvaise qualité de l'eau de l'Oued Amsal au niveau des trois stations (Figure 17).

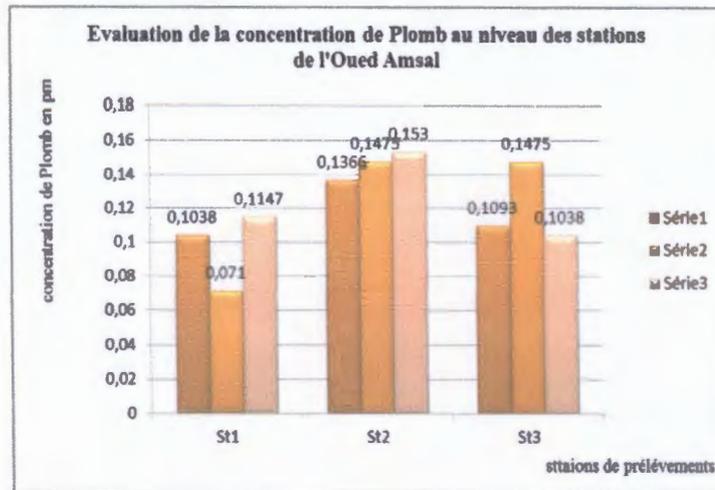


Figure 17 : Variation du plomb en fonction des stations.

#### 5.4. Cuivre

Les teneurs en cuivre enregistrées présentent des variations régulières et faibles d'une station à une autre, la teneur moyenne maximale est de **0.07916 ppm** dans la station III et la teneur moyenne minimale est de **0.03586 ppm** dans la station I. D'après les normes de l'OMS (2ppm) on constate que les valeurs du cuivre obtenues sont acceptables (Figure 18).

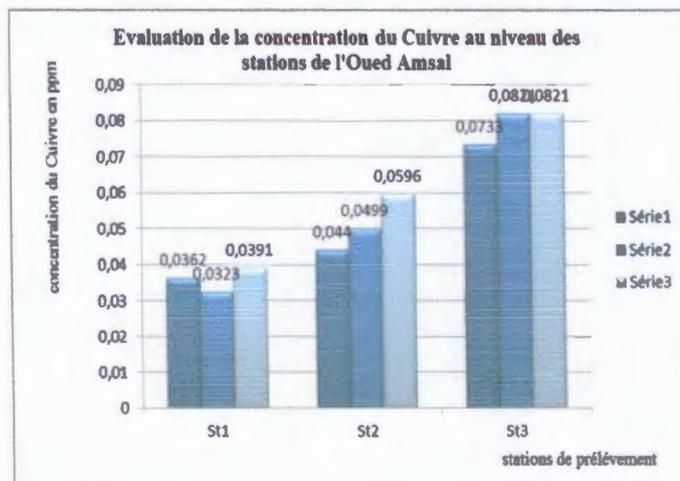


Figure 18 : Variation du cuivre en fonction des stations.

#### 5.5. Origine de la pollution métallique

Les métaux lourds, notamment le plomb et le cadmium constituent une réelle menace pour la santé humaine et pour l'environnement. Pour le cas des eaux de l'Oued Amsal, il y a malheureusement des teneurs de Pb et de Cd très fortes d'une station à une autre ; on peut déduire que l'origine de ces

métaux lourds relève aux :

- ☞ Altération des matériaux de la croûte terrestre et des retombés atmosphériques.
- ☞ Les activités industrielles et à l'épandage d'engrais phosphatés faisant intervenir ces éléments (**Garin et Simon, 2004**).
- ☞ déchets domestiques (les déchets solides domestiques produits dans les villes sont, soit dispersés sur place ou brûlés par les habitants, soit transportés vers des décharges non contrôlées ou encore laissés sur les voies publiques et les terrains vagues).
- ☞ l'utilisation du plomb dans l'essence et comme antidétonant et rejeté dans les gaz d'échappement.
- ☞ Ces éléments aussi utilisés dans les piles, les batteries et les accumulateurs où les rejets toxiques surviennent en fin d'usage, lorsque les batteries sont stockées dans des décharges ou lorsque les piles sont incinérées.
- ☞ Les rejets physiques : ils sont dus à deux phénomènes : d'une part, l'activité métallurgique et minière. D'autre part, les rejets sont liés au sort des produits en fin de vie, chargés en plomb.
- ☞ Les rejets atmosphériques concernent tous les métaux et représentent des masses importantes qui se chiffrent par dizaines (cadmium), ou par milliers de tonnes (plomb).
- ☞ le transport qui génèrait du plomb atmosphérique à travers l'essence plombé, jusqu'à l'interdiction récente. (**Semde, 2005**)

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

Tableau VII : Matrice des corrélations des paramètres physico-chimiques des eaux analysées

variable T	PH	CE	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	TAC	TH	chlorure	Fer	MES	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Phosph	sulfate	DBO5	DCO	Zn	Cd	Pb	Cu	
T	<b>1</b>	-0,25	-0,98	-0,61	-0,36	-0,99	-0,82	-0,39	-0,13	-0,27	-0,52	-0,47	0,602	-0,69	-0,69	0,113	-0,13	-0,77	-0,45	0,399	0,963
PH		<b>1</b>	0,448	0,915	0,431	0,103	-0,91	-0,79	-0,14	-0,87	-0,41	-0,74	0,797	-0,54	-0,7	-0,99	-0,14	-0,68	-0,75	0,397	<b>0,93</b>
CE			<b>1</b>	0,77	0,451	0,936	0,632	0,188	-0,93	0,058	-0,78	0,264	-0,78	0,515	-0,52	-0,33	-0,93	-0,55	0,249	-1	0,451
Ca <sup>++</sup>				<b>1</b>	0,521	0,495	<b>0,98</b>	-0,45	-0,08	-0,39	0,207	0,413	-0,91	-0,15	0,533	-0,85	-0,08	0,501	-0,43	-0,59	0,632
Mg <sup>++</sup>					<b>1</b>	0,321	0,89	0,523	-0,7	0,407	-0,47	0,588	-0,97	0,784	-0,13	0,029	-0,7	-0,17	0,573	-0,96	0,148
TAC						<b>1</b>	0,836	-0,06	0,282	-0,16	0,54	0,048	-0,7	0,316	0,797	-0,52	0,277	0,773	0,033	-0,26	0,956
TH							<b>1</b>	-0,52	-0,29	0,991	-0,01	<b>1</b>	-0,98	0,939	0,336	0,867	-0,3	0,301	0,998	-0,75	-0,33
chlorures								<b>1</b>	0,565	0,591	<b>1</b>	0,942	0,24	0,816	0,931	<b>0,97</b>	0,964	0,944	0,947	0,886	-0,25
Fer									<b>1</b>	0,45	0,96	0,976	0,486	0,825	0,804	0,925	<b>1</b>	0,825	0,981	0,853	-0,49
MES										<b>1</b>	0,959	<b>1</b>	0,365	0,945	0,876	0,857	<b>0,99</b>	0,893	0,399	0,776	-0,66
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>											<b>1</b>	<b>1</b>	0,221	0,963	0,938	0,826	<b>0,96</b>	0,95	<b>1</b>	0,672	0,965
NO <sub>2</sub>												<b>1</b>	0,164	-0,11	0,957	0,691	0,94	0,967	0,179	0,628	0,458
NO <sub>3</sub>													<b>1</b>	-0,1	-0,13	0,643	0,49	-0,99	<b>0,96</b>	0,871	0,147
Phosphate														<b>1</b>	<b>1</b>	0,627	0,813	<b>1</b>	0,952	0,394	0,152
Sulfate															<b>1</b>	0,61	0,801	<b>1</b>	0,834	0,375	0,632
DBO5																<b>1</b>	<b>0,97</b>	0,655	0,945	0,957	0,451
DCO																	<b>1</b>	0,822	<b>0,96</b>	0,855	0,231
Zn																		<b>1</b>	<b>0,95</b>	0,408	0,402
Cd																			<b>1</b>	0,639	0,632
Pb																				<b>1</b>	0,521
Cu																					<b>1</b>

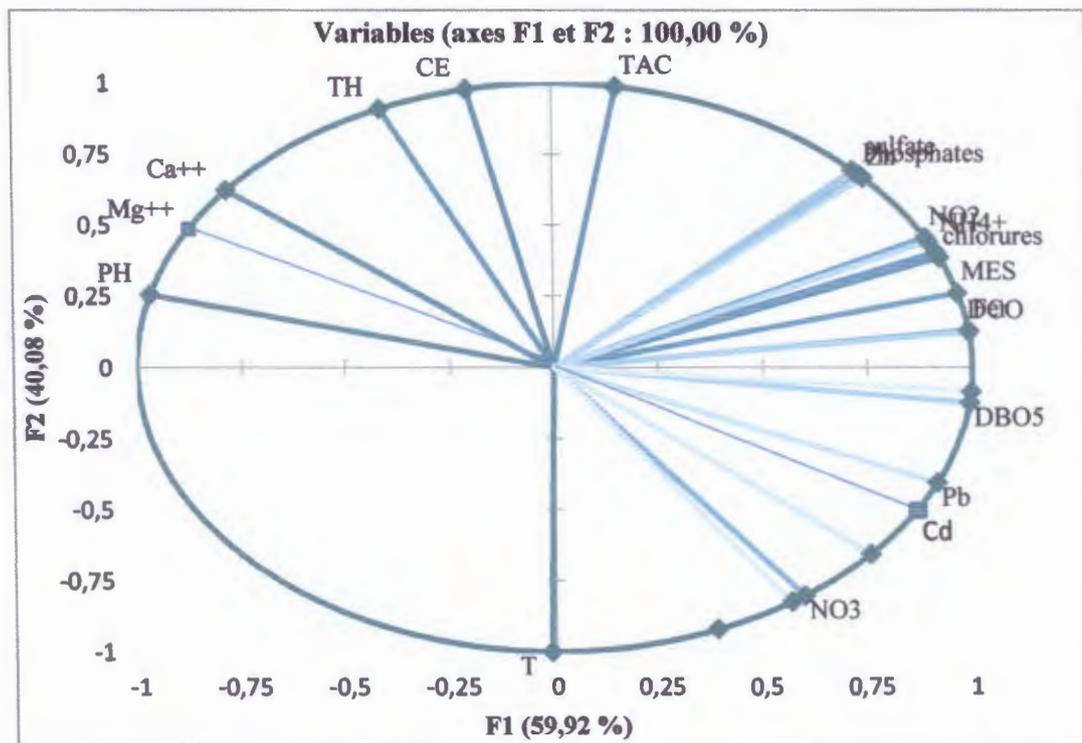
les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha = 0,05

L'analyse du **tableau VII** indique qu'il existe des corrélations significatives à très hautement significatives entre les variables.

Une corrélation positive très hautement significative entre  $DBO_5$  et les paramètres DCO, Fer et MES. Une forte corrélation de la conductivité électrique avec la dureté et l'alcalinité. Aussi pour le paramètre pH une corrélation hautement significative avec le magnésium et le calcium.

Pour ce qu'est des éléments traces métalliques une corrélation hautement significative du plomb et du cadmium avec les paramètres nitrates et  $DBO_5$ . Le zinc et le cuivre représentent une corrélation positive avec le phosphate et le sulfate.

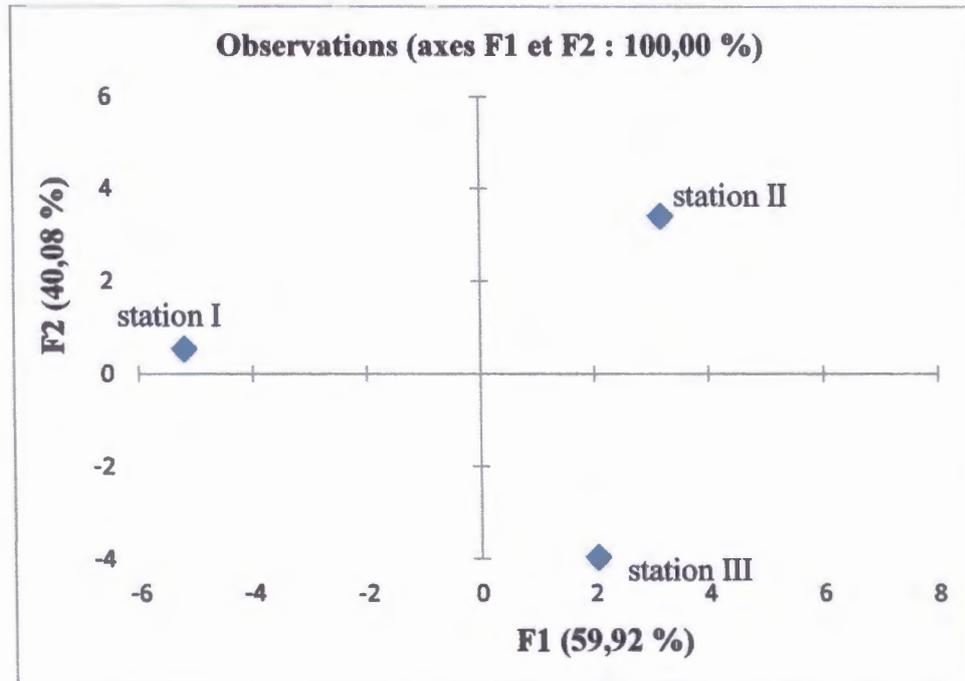
### 7. Analyse en composante principale



**Figure 19** : 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 **XLSTAT 2016**. La matrice des données comporte **21** variables et **3** observations. Le traitement réalisé a donné une inertie totale de **100 %** pour les deux axes **F1** et **F2** (**Figure 19**).

- ✓ Le facteur **F1 (59,92%)** contribue aux éléments corrélés positivement :  $\text{DBO}_5$ , le plomb ; le cadmium et les nitrates.
- ✓ Le facteur **F2 (40,08 %)** contribue aux éléments corrélés positivement : TAC, MES, DCO, Fer, chlorures, sulfates, le zinc le cuivre l'ammonium, les nitrites et négativement aux : TH,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , pH et la conductivité.



**Figure 20** : Représentation des stations de prélèvement sur le plan factoriel **F1** et **F2**

La projection des stations sur le plan factoriel **F1** et **F2**, on remarque que **59,92%** représentent les deux stations **III** et **II** sur l'axe **F1** et **40,08%** représentent la station **I** sur l'axe **F2**. La station **I** est la plus caractérisée par la conductivité, la dureté, le pH et quelques éléments minéraux, la station **II** est caractérisée par la présence des nitrites le zinc et le cuivre alors que la station **III** par celle des nitrates, plomb et cadmium.

## 8. Suivi des paramètres microbiologiques de l'eau

Les résultats des dénombrements des germes totaux (GT), coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) concernant les trois points d'eau choisis dans cette étude sont représentés dans le **tableau VIII** et les résultats sont représentés graphiquement dans les figures (21, 22, 23 ,24 ,25) .

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

**Tableau VIII** : Résultats obtenus des paramètres microbiologiques.

	Station I	Station II	Station III
<b>Coliformes totaux (/100 ml)</b>	52	793	1733
<b>Coliformes fécaux (/100 ml)</b>	25	376	1679
<b><i>Escherichia. Coli</i></b>	-	-	+
<b>Streptocoques totaux (/100 ml)</b>	463	1625	1653
<b>Streptocoques fécaux (/100 ml)</b>	463	1625	1573
<b>Clostridium sulfito-réducteur (/20 ml)</b>	0	0	+(4 colonies)

### 8.1. Les coliformes totaux et fécaux

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance.

L'examen du graphique illustré dans la **figure 21** de l'analyse microbiologique de l'eau des trois stations de l'Oued Amsal montre que le nombre des coliformes totaux varient dans les trois points de prélèvements entre une valeur maximale de l'ordre de **1730/100 ml** au niveau de la station **III** et une valeur minimale au niveau de la station **I** qui est de l'ordre de

**52/100 ml.** La consultation de la grille de qualité globale des eaux superficielles (**Tableau VIII**) révèle que les eaux de l'Oued Amsal sont de bonne qualité pour ce paramètre.

L'analyse microbiologique de l'eau des trois stations montre que le nombre des coliformes fécaux dans l'oued Amsal vari entre un minimum de **25/100 ml** dans la première station et un maximum de **1679/100 ml** dans la troisième station. La présence des coliformes d'origine fécale admise pour l'eau de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale des eaux de notre étude. Par ailleurs ; la grille de qualité des eaux superficielles montre que l'eau de l'Oued Amsal est classée dans la classe verte, c'est-à-dire une eau de bonne qualité pour ce paramètre.



**Figure 21** : milieu BCPL des coliformes totaux et fécaux.

### **8.2. *Escherichia coli***

*E. coli* est le seul membre du groupe des coliformes totaux que l'on trouve exclusivement dans les intestins des mammifères, dont les humains. La présence d'*E. coli* dans de l'eau indique une contamination récente par des matières fécales, et peut indiquer la présence possible de pathogènes responsables de maladies, comme des bactéries, des virus et des parasites.

Après une formation d'anneau rouge à la surface des tubes d'eau (**Figure 22**), une production de gaz dans les cloches des tubes et suivi d'une incubation dans une température de 44°C, les résultats montrent que l'*Escherichia coli* est présent dans la station **III**.



**Figure 22** : Formation d'anneau rouge et production de gaz dans le tube :  
Présence d'E. Coli.

### 8.3. Les streptocoques fécaux

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau.

Les concentrations de ces bactéries fécales sont variables dans les trois points de prélèvement. Le maximum de concentrations des streptocoques fécaux dans les eaux de l'Oued Amsal est de **1625 SF/100 ml** pour la station II et la concentration minimal de ces bactéries est de **463 SF/100 ml** pour la station I.

Cet enrichissement est principalement dû aux décharges aux voisinages, aux rejets domestiques des agglomérations rurales (fosses septiques qui déchargent à l'air libre), et à l'élevage d'ovin et bovin. Les eaux de l'Oued restent de bonne qualité selon la grille de qualité des eaux superficielles.



**Figure 23** : milieu Roth des streptocoques.

#### 8.4. Clostridium sulfito-réducteur

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ou leurs spores), bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, sont dénombrées afin de rechercher une contamination fécale. La recherche directe de ces spores peut donc servir de test de dépistage d'une contamination fécale ancienne, du fait de la longue survivance des spores dans le milieu extérieur. Cette recherche est rarement effectuée, sauf lors de l'analyse bactériologique complète d'une eau. La recherche des Clostridium sulfito-réducteurs est très significative d'une pollution fécale ancienne ou intermittente.



**Figure 24** : recherche de clostridium.

Après l'incubation, en anaérobiose, se développent les bactéries et/ou les spores produisant, à partir des sulfites, des sulfures qui donnent un précipité noir en présence d'ions fer III. Les grosses colonies noires sont donc issues d'une spore d'anaérobie sulfito-réducteur à 37°C. Les résultats montrent que le Clostridium sulfito-réducteur est absent dans la station I et II et présente dans la station III (Figure 25)



Figure 25 : absence / présence de Clostridium.

### 8.5. Détermination de l'origine de la contamination fécale

Selon « Borrego & Romero (1982), » l'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif  $R$  : coliformes fécaux (CF) / streptocoques fécaux (SF).

Selon les critères définis :

Tableau IX : Origine de la contamination fécale des eaux

R= CF/ SF	Nature de la contamination
0	Absence de contamination
$0 < CF/SF < 0,7$	Contamination d'origine animale
$0,7 < CF/SF < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < CF/SF < 2$	Contamination d'origine incertaine
$2 < CF/SF < 4$	Mixte à prédominance humaine
$CF/SF > 4$	Contamination d'origine humaine

La contamination est d'origine animale si le rapport ( $R$ ) est inférieur à 0,7 et d'origine humaine, si ce rapport est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si  $R$  est compris entre 0,7 et 1 ; cette origine est incertaine si  $R$  est compris entre 1 et 2. L'origine de la contamination est mixte à prédominance humaine si  $R$  se situe entre 2 et 4 (Koffi-Nevry et al. 2012).

**Tableau X : Origine de la contamination fécale des eaux d'Oued Amsal.**

Stations	1	2	3
R : CF/SF	15.21	23.64	5.06
Origine de contamination	Strictement humaine	Strictement humaine	Strictement humaine

Les résultats du **tableau X** dénoncent que la contamination des eaux de l'Oued Amsal par des matières fécales est d'origine humaine, due probablement aux systèmes d'évacuation des eaux ménagères et domestiques sous formes de fosses septiques.

### 9. Relation entre la qualité de l'eau de l'Oued Amsal et les différents usages

La connaissance de la qualité de l'eau est nécessaire pour l'affirmation de son utilisation. Toutefois on peut considérer une eau d'une rivière propre pour la baignade mais impropre à l'irrigation ou encore à la consommation. Notre objectif est de valider ou invalider différentes utilisations de l'eau de l'Oued Amsal par les habitants de la région ainsi que leur bétail.

#### 9.1. Qualité physicochimique

Déterminée par une série de paramètres évoqués dans les chapitres précédents, les résultats enregistrés affirment que l'eau de l'Oued Amsal est une eau de bonne qualité voire moyenne à très mauvaise le long des trois stations étudiées du cours d'eau et en fonction de chaque paramètre mesuré.

Cependant en prenant guide les valeurs réglementaires mentionnées dans les grilles de qualité de chaque type d'usage nous déduisons que l'eau de l'Oued est une eau apte à : l'irrigation ; pour la production d'eau potable il est nécessaire de réaliser un traitement, pour une utilisation sûre et sans risque.

#### 9.2. Contamination métallique

En ce qui concerne les substances toxiques (Zn, Cd, Pb et Cu), ces éléments se trouvent à l'état de trace dans l'eau, les teneurs les plus élevées sont celles d'élément plomb et cadmium, néanmoins l'eau reste propre aux différents usages sauf pour l'abreuvement et la production d'eau potable.

### 9.3. Qualité microbiologique

Selon les résultats de nos analyses microbiologiques, l'eau de l'Oued Amsal est une eau moyennement contaminée, elle est tout de même appropriée à la baignade mais non à la production d'eau potable et l'abreuvement des animaux. Elle représente une ressource d'eau non sûre pour l'irrigation des cultures.

**Tableau XI : Usages potentiels de l'Oued Amsal.**

Usages potentiels de l'Oued Amsal	
<b>Production d'eau potable</b>	Non adapté
<b>Irrigation</b>	Douteuse (d'autres paramètres doivent être mesurés pour un approfondissement)
<b>Abreuvement</b>	Non adapté
<b>Sport et loisir</b>	Adapté

## **Conclusion**

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued Amsal localisé dans la région de Ziama Mansouriah l'appréciation de la qualité s'appuie sur le principe du Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles (SEQ-Eau).

Du point de vue physico-chimique, on constate une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes de la qualité des eaux de surface alors que des fois elles dépassent les normes, tel que: la dureté, la matière en suspension, les nitrates, le plomb et le cadmium.

Du point de vue microbiologique, les résultats que nous avons obtenus dans les trois stations de l'Oued Amsal à travers les dénombrements réalisés le long de nos campagnes de prélèvements désignent une eau d'une qualité moyenne, à cause de la présence d'*Escherichia Coli* et de *Clostridium* qui indique une contamination fécale.

L'analyse statistique multivariée par le biais de l'ACP nous expose un graphique qui rassemble les éléments majeurs  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , évoluant ensemble et peuvent avoir la même origine soit le contact eau-roche, mettant en évidence une pollution naturelle. Les concentrations les plus élevées en plomb, et en cadmium sont enregistrées au niveau des trois stations dont la cause est souvent pollution métallique.

Finalement l'eau de l'Oued Amsal exprime une qualité de moyenne à mauvaise, celle-ci est appropriée à un usage douteux dont l'irrigation, néanmoins elle nécessite un certain traitement pour un usage sans risque pour une production d'eau potable ou abreuvement du bétail.

De ce fait, un contrôle rigoureux de ces eaux doit être réalisé par des gens spécialisés, ce qui permettra une bonne bio surveillance de cet écosystème. Ainsi une bonne connaissance des différentes sources de pollution pouvant l'affecter, s'impose afin d'éviter tout risque de contagion et de pollution dont les conséquences sont souvent irréversibles.

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous. Les résultats obtenus lors des analyses effectuées sur les eaux de l'Oued Amsal permettront de mettre à la disposition des autorités des données de base susceptibles d'être exploitées dans le cadre de l'amélioration de la qualité des eaux superficielles.

En perspectives il serait plus important:

- D'adopter une véritable politique de développement durable et un système d'aménagement de l'environnement ;
- D'établir et respecter des normes nationales de la qualité des eaux de surface ;
- D'appliquer les tests législatifs et réglementaires en vigueur ;
- De mettre en place des stations d'épuration et des décharges contrôlées et de surveiller l'état et les tendances sanitaires ;
- De contrôler périodiquement la qualité des eaux de surface ;
- De réaliser des analyses physico-chimiques et microbiologiques spatio-temporelles des eaux superficielles afin de mieux évaluer l'impact de toute sorte de pollution (microbiologique et métallique) ;
- De mieux valoriser les résultats obtenus par une étude sur les bio-indicateurs et les effets de la pollution des eaux;
- De mener une large campagne de sensibilisation auprès des gens de la région concernant la préservation des eaux superficielles ;

N'empêche qu'il reste toujours des questions ouvertes à poursuivre pour y répondre, comme c'est le cas des résultats de la concentration significative du plomb et de cadmium dans les eaux de l'Oued Amsal. La problématique de l'influence de l'activité anthropique pourrait être traitée en déterminant la source exacte de cette contamination.

Certaines opérations pourraient être proposées pour améliorer la qualité de ses eaux, notamment en ce qui concerne le plomb et le cadmium. Peut-être l'implantation des espèces végétales accumulatrices de métaux comme : **le tabouret bleu** ou **tabouret des bois** (*Noccaea caerulescens*), **les peupliers** (*Populus*) et **la pensée calaminaire** (*Viola calaminaria*) pourrait être envisagée pour réhabiliter localement ces eaux pour qu'elles soient aptes pour différents usages.

A

**ANONYME 1.** <http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/qualite-organoleptique/>.

**ANONYME 2.** <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/biologie-organoleptique-6311/>.

**ANONYME 3.** Water Treatment Solutions. Lenntech BV. <http://www.lenntech.fr/procedes/surface/eau-surface.htm>.

**ANONYME 4.** Les éléments présents naturellement dans l'eau. L'environnement En Poitou-Charentes. Thème Eau - Edition 2015. 350 pages. Disponible sur : <http://www.environnement-poitou-charentes.org/Les-elements-presents.html>.

**AMIMOUR, Habiba et CHOIAIB, Soumia.** Avril 2012. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et biologique des eaux usées au niveau de la steppe EL RABTA. Spécialité environnement. Institut national spécialisé de la formation professionnel Chabouni Idris. Jijel.

B

**BENHABLES, Krenfla.** 2008. Evolution biotoxicologique du risque de contamination de sols et d'eaux naturelles par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans des effluents de tanneries. Thèse de magistère en biologie. 2007-2008.

C

**CASTANY, G et MARGOT, T.** 1977. Dictionnaire Français D'hydrogéologie. Géologie Minière. 249 pages.

**CHAOUI, W.** 2007. Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seybouse Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. 101 pages.

**CHEIKH, Fall.** 2008. Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'arrondissement du département de Guédiawaye. Département de Géographie. Université Cheikh Anta Diop Dakar.

**CHOST, B.** 1997. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Lavoisier.

**CORDONNIER, J et BERNE.** 1991. Traitement des eaux usées. Edition technique.

**Coordination de la Communication Sociale.** 2013. Manuel pratique d'analyse de l'eau/National Health Foundation. 4<sup>ème</sup> édition. Brésil. Fondation Nationale de la santé. Brasilia. FUNASA.150 page.

**CLESNAK, Vdassonville.** 2010. Annuaire de la qualité des eaux superficielles du bassin Artois-Picardie. Directive Cadre Eau: contribution de la phytosociologie aquatique à l'étude de la qualité des cours d'eau. Publier 02 juin 2010.

## D

**DEFRANCESCI, M.** 1996. L'eau dans tous ses états. Edition Ellipses.

**DEGREMEN, G.** 1989. Quelque eau à traiter en mémento technique de l'eau. Edition Tee et doc.

**DEGREMENT, G.** 2005. Mémento Technique de l'eau. Tome 01. Edition Tee et Doc. Page 39.

**DETAY, M.** 1993. Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. Masson. 379 pages.

**DOCUMENTATION DE L'ADE.** Jijel. 2016.

**DOCUMENTATION DE LA STATION D'EPURATION RABTA.** Jijel. 2016.

## E.F.G

**GARIN, Martin et SIMON, O.** 18/10/2004. Fiche Radionucléide Cadmium 109 et environnement. Direction de l'environnement et de l'intervention- service d'étude comportement des radionucléides dans les écosystèmes. IRSN. 14 pages

**GLINKA, N.**1981. Chimie générale. Tome 02. Edition Mir Moscou. Université de Biskra.

**Gouvernement de la RBC.** 2011. Fiche méthodologique. Indicateur : qualité physico-chimique générale des eaux de surface (O2 dissous, DBO, azote ammoniacal, ortho-phosphates). Thème : eau et environnement aquatique. Bruxelles environnement département. Etat de l'environnement et indicateurs. 07 pages. Disponible sur <http://www.environnement.brussels/sites/default/files/user-files/fmet-qualite-generale-senne-fr.pdf>. Date de dernière mise à jour mars 2011.

**Gouzy, A et Ducos, G.** 2008. La connaissance des Eléments Traces Métalliques. INERIS/DECI/EDEN.

**Gouvernement du QUEBEC.** 2015. Developpement durable, environnement et lutte contre les changements climatiques. Disponible sur <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/>.

## H

**HAKMI, A.** 2006. Traitement de l'eau de source bousfer Oran. [En ligne], Université des sciences et de la technologie. Oran. Disponible sur

<[http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m\\_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN.html](http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN.html) >, consulté le 16/04/2014.

**HELLIER, E et VAUCELLE, S.** Juin 2011. Les utilisations de l'eau et leurs gestions. Page 06.

**HEBERT, S et LEGARE.** 2000. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère de l'Environnement. Envirodoq no ENV-2001-0141. Rapport no QE-123. 24 pages.

#### I.J.K

**KOFFI-NEVRY, Rose ; CLAIR, Assi ; JUDICAEL, Brice ; ASSEMAND, Emma F ; WOGNIN, Affouséraphin ; KOUSSEMON, Marina.** 2012. Origine des témoins de contamination fécale de l'eau d'arrosage de la laitue (*lactuca sativa*) cultivée dans la zone péri urbaine d'Abidjan. Journal of Applied Biosciences 52: 3669– 3675. ISSN 1997–5902. 3675 pages.

#### L.M

**Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau.**2013. 4ème édition .Brasilia.

**MATARO, Emato.** 2000. Message de l'eau. Hado publishing. ISBN-13: 978-9080742123.

#### N.O

**OMS.** 1994. Déclaration d'Helsinki sur l'environnement et la santé. Helsinki. 20-22 juin 1994.

**OMS.** 1986. Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1(Recommandations). Organisation Mondiale De La Santé. 2ème édition. 211 pages.

**OMS.** 2000. Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson; Volume 2 (Critères D'hygiène). Organisation Mondiale De La Santé. 2ème édition. 189 pages.

#### P.Q.R

**RAMADE, F.** 1982. Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2ème édition. Masson. Paris. 422 pages.

**RAMADE, F.** 1998. Dictionnaire encyclopédique des Sciences de l'eau. Ediscience international. Paris. 786 pages.

**REJESK, F.** 2002. Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren. Paris. 360 pages.

**RODIER, J.** 1984. L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer. 7ème édition. Dunod. Paris.

**RODIER, J.** 1996. L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 pages.

**RODIER, J.** 2005. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod. Paris. 1384 pages.

**RODIER, J ; Legube, B ; Merlet, N et coll.** 2009. L'analyse de l'eau ; eaux naturelles ; eaux résiduaires et eaux de mers. 9ème édition. Dunod. Paris. 1383 pages.

### S

**SAADALI, B.** 2007. Etude De La Qualité Des Eaux Des Sources Issues Du Massif Dunaire De Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. 83 pages.

**SALVARREDY ARANGUREN, MATIAS MIGUEL.** 2008. Cuivre dans une goutte d'eau. NSF International. Disponible sur <http://www.gov.ns.ca/nse/water/privatewells.asp>.

**SEMDE, Idrissa** .Octobre 2005. Contribution du Burkina Faso a l'étude sur le plomb et le cadmium. Ministère de l'environnement et du cadre de vie. Direction générale de l'amélioration du cadre de vie.26 pages.

**SIDIKI, Maiga alpha.** 5 mars 2005. Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako: évaluation saisonnière. Université de Bamako. Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie. 77 pages.

### T.U.V.W

**WIRTGEN, Jacques.** 2009. Résumé du deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. GreenFacts asbl. Rue des Palais 44. 1030 Bruxelles. Belgique. Concept et mise en page: beëlzePub. Disponible sur <http://www.greenfacts.org/2009@greenfacts.org>.

### X.Y.Z

**ZEDDOURI, A.** 2003. Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro-chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation). Guelma. NE Algérien. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. 107 pages.

**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.

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
<b>I- physique</b> -Pollution thermique -Pollution radioactive	-Rejet d'eau chaude -Radio-isotope	-Centrales électriques
<b>II- Chimique</b> -Pollution par les engrais -Pollution par des éléments toxiques -Pollution par les pesticides -Pollution par les détersifs -Pollution par les hydrocarbures -Pollution par les composés organochlorés -Pollution par divers autres composés organiques de synthèse	-Nitrates Phosphates -Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc. -Insecticides, herbicides, fongicides, etc. -Agents tensioactifs -Pétrole brut et ses dérivés (carburant et autres produits raffinés) -PCB, insecticides, solvants chlorés -Très nombreuses molécules >120 000	-Agriculture, lessives -Industries, agricultures, combustions (pluies acides) -Agriculture (industries, transports) -Effluents domestiques (industriels) -Industrie pétrolière, transports, chaufferies industrielles -Industrie, agriculture -Industries, Usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
<b>III- Matière organiques fermentescible</b>	Glucides, lipides, protides, acides nucléique	Effluents domestiques agricoles, industries agroalimentaires, industries du bois (papeteries)
<b>VI- Pollution microbiologique</b>	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevage, abattoir, secteur agroalimentaire en général

<b>Maladies transmises par l'eau</b>		
<b>Organismes</b>	<b>Maladies</b>	<b>Principes sites atteint</b>
<b>1- Bactéries</b>		
-Shigella	-Shégitlose (dysenterie Bacillaire)	-Système gastro-intestinale
-Salmonelle Typhi	-Fièvre Typhoïde	-Intestin
-Salmonelle choleraesuis	-Fièvre enterique	-Système gastro-intestinale
-Salmonelle entritidis	-Gastro-enterites	-Système gastro-intestinale
-Escherichiacoli	-Cholerea	-Intestin
-Vibrio Cholerea	-Tularémie	-Système respiratoire, fois, rate, ganglions lymphatiques
-Francisella tularensis	-Leptospirosa	-Fois
-Leptospirosa icterohaemorrogie		
<b>2- Virus Enterovirus</b>		
-Poliovirus	-Polimyelite-méningite aseptique	-Moelle épinière méninges
-Coxsaxkievirus	-Myocardite-méningite aseptique	-Cœur – Muscle
-Echovirus	-Méningite aseptique gastro-enterite	-Intestin
-Adenovirus	-Pharyngite	-Pharynx
-Roevirus	-Maladies respiratoires, diarrhée	-Appareil respiratoire et digestive
-Virus A de l'hepatite	-Hépatite infectieuse	-Fois
-Virus gastro-enterite	-Gastro-entérites	-Système gastro-intestinale
<b>3- Protozoaire</b>		
-Entamoeba histolytica	-Ambiose	-Système gastro-intestinale
-Naegleria gruberia	-Méningite encephalique ambiante	-intestin
<b>4- Vers Parasites</b>		
-ascaris humbicoide	-Ascariose	-tube digestif
-schistosmauematobium	-Schistosomiose	-reins, intestin, fois, poumons

<b>Eléments Traces Métalliques</b>	<b>Effet(s)</b>
<b>As</b>	Toxique, possible cancérigène
<b>Cd</b>	Hypertension, dommage sur le foie
<b>Cr</b>	Cancérigènes sous forme de (Cr VI)
<b>Cu</b>	Peu toxique envers les animaux, écotoxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
<b>Hg</b>	Toxicité chronique et aiguë
<b>Ni</b>	Allergie de peau, maladies respiratoire, possible cancérigène
<b>Pb</b>	Toxique
<b>Se</b>	Essentiel à faible dose, toxique à doses élevées
<b>Zn</b>	Ecotoxique pour es végétaux à de fortes teneurs

<b>Nom arabe algérien</b>	زيامة منصورية
<b>Nom kabyle</b>	Zyama Lmenşuriya
<b>Nom amazigh</b>	ⵝⵉⵎⴰ ⵎⵏⵙⵓⵔⵉⵢⴰ
<b>Administration</b>	
<b>Pays</b>	 Algérie
<b>Région</b>	Kabylie
<b>Wilaya</b>	Jijel
<b>Daïra</b>	Ziama Mansouriah
<b>Chef-lieu</b>	Ziama Mansouriah
<b>Code postal</b>	18110
<b>Code ONS</b>	1804
<b>Démographie</b>	
<b>Population</b>	12 642 hab. (2008 <sup>1</sup> )
<b>Densité</b>	124 hab. /km <sup>2</sup>
<b>Géographie</b>	
<b>Coordonnées</b>	 36° 40' 25" Nord 5° 28' 52" Est
<b>Altitude</b>	Min. 0 m – Max. 1 369 m
<b>Superficie</b>	102,31 km <sup>2</sup>

• Mode opératoire :

- (V<sub>1</sub>) Ca<sup>2+</sup> :  
 - Prendre 50 ml d'eau à analyser.  
 - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N  
 - Ajouter du Murexide. (C)  
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).
- (V<sub>2</sub>) Ca<sup>2+</sup>Mg<sup>2+</sup> :  
 - Prendre 50 ml d'eau à analyser.  
 - Ajouter 2 ml de NH<sub>4</sub>OH (10,1).  
 - Ajouter noir érichrome.  
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Expression des résultats :

1-La détermination en mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante:

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = \frac{V_1 \cdot C_{\text{EDTA}} \cdot F \cdot M_{\text{Ca}^{2+}}}{P.E} \cdot 1000$$

D'où :

- V<sub>1</sub> : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.  
 C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l)  
 M<sub>Ca<sup>2+</sup></sub> : Masse molaire du calcium en g.  
 P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).  
 F : Facteur

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = \frac{V_1 \cdot 0,01 \cdot F \cdot 40,08}{50} \cdot 1000$$

Donc :

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = V_1 \cdot F \cdot 8,016$$

2-La détermination en mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$\text{mg/l Mg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot C_{\text{EDTA}} \cdot F \cdot M_{\text{Mg}^{2+}}}{P.E} \cdot 1000$$

d'où :

- V<sub>2</sub> : Volume total d'EDTA  
 V<sub>1</sub> : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.  
 C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l)  
 M<sub>Mg<sup>2+</sup></sub> : Masse molaire du Magnésium en g.  
 P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).  
 F : Facteur

Ca<sup>2+</sup> = 65,6 mg/l

LABORATOIRE AGRÉE	Détermination du calcium (Ca <sup>2+</sup> ) et du magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	ISO N° 6058 OU NF T90-003
----------------------	--	---------------------------------

Principe :

Le Calcium et le magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à un pH de 10, ce dosage se fait en présence d'un indicateur coloré.

L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de Calcium et de Magnésium libres, l'indicateur vire de la couleur rouge à la couleur violette, puis au point d'équivalence avec les ions Calcium et Magnésium combinés, la couleur passe du violet au bleu.

Réactifs

Solution d'E.D.T.A (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>·2H<sub>2</sub>O): 10mmol/l:  
 EDTA déshydraté 2 h à 80°C ..... 3,725 g.  
 H<sub>2</sub>O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Cette solution doit conserver dans une bouteille en polyéthylène avec la vérification de sa concentration de temps à autre.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH<sub>4</sub>OH) :

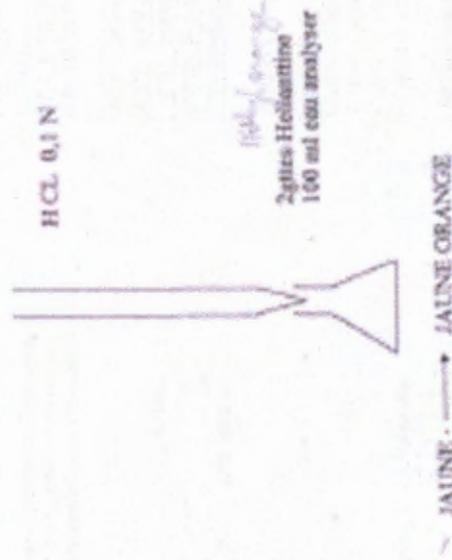
Chlorure d'ammonium..... 87,5 g.  
 NH<sub>4</sub>OH (25%)..... 570 ml.  
 EDTA (C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>Na<sub>2</sub>Mg) ..... 5 g.  
 H<sub>2</sub>O distillée..... q.s.p 1000 ml.

: Noir érichrome T.

Solution étalon de référence, c (CaCO<sub>3</sub>)=0.01mol/l

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2heures à 150°C.  
 En introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau.  
 Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Eviter un excès d'acide.  
 Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.  
 Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.  
 1ml de la solution contient 0.4008 mg(0.01 mmol/l) de calcium.

### TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET TAC.



Expression des résultats :

$$TAC = V - 0,5 \text{ meq / L}$$

$V'$  : est le nombre de ml d'acide additionné depuis le début du dosage.  
0,5 est la quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur qui est un peu plus faible que le PHi de neutralisation exacte du bicarbonate.

• Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.  
Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.  
Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.  
Evaporer à sec au bain marie ou à l'étau entre 75 et 85° C.  
( ne pas surchauffer ni chauffer très longtemps ) laisser refroidir.  
Reprendre le résidu avec 2 ml d' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, laisser reposer 10 min.  
Ajouter 15 ml d'eau distillée.  
Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à 420 nm. Le résultat est donné en mg/l d'azote nitrique.

• Courbe d'étalonnage

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement :

N° de capsule	I	II	III	IV	
Solution étalon 5 mg N (5%)	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
Solution de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l de N nitrique (5)	0	0.5	1	2.5	5

- Evaporer à sec à l'étau 75 à 85° C et poursuivre de la même manière que pour l'échantillon à analyser.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l d'azote nitrique, pour obtenir la teneur en nitrate NO<sub>3</sub> multiplier le résultat par 4,43.

DOSAGE DES NITRATES NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
Méthode au salicylate de sodium.RODIER 7<sup>e</sup> Ed• Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectro photométriques.

• Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % ( renouveler toutes les 24 h. )
  - o 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée. (Seul)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré d=1.84.
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
  - o 30 g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.
- Solution de Tartrate double de sodium et de potassium. (e.r.o.-l)
  - Hydroxyde de sodium Na OH ..... 400 g.
  - Tartrate de sodium et de potassium ..... 60 g.
  - Eau distillée ..... qsp 1000 ml.
 Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.  
Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

- Nitrate de potassium anhydre ..... 0.722 g.
- Eau distillée ..... 1000 ml.
- Chloroforme (pour conserver) ..... 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.  
5 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.

• Matériels

Capsules d'évaporation de 60 ml, pipettes de 1, 2, 10 et 15 ml.

• Appareillage

Etau ou bain marie.  
Spectrophotomètre U.V- visible.

• **Gamma d'échantillon:**

Solution étalé (mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0	1	2,3	5	25	50
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	6	4	4	4
Réactif II (coloré) (ml)	6	4	4	4	4	4
Atténuer à 13,30						
(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) en mg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

Effectuer la lecture à 655 nm.

• **Méthode colorimétrique:**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser contenant jusqu'à 1 mg/l NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- Ajouter 4 ml de réactif I
- Ajouter 4 ml de réactif II et agiter à 50 ml avec H<sub>2</sub>O distillée et attendre 15-30 min.

à 655 nm, dans un tube à 1 cm.

- L'apparition de la coloration verte indique la présence de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Si on compare une eau plus chargée, procéder aux dilutions conséquentes sur l'échantillon.

• **Augmentation des résultats:**

Le résultat est donné directement en mg/l de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

La solution de lavage de la verrerie: 100 g de KOH dans 100 ml d'eau laisser refroidir et agiter 900-100 ml d'éthanol 95%.

(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>2</sub>

Manuel des méthodes d'Analyses des Eaux

**Discrimination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Méthode ISO N°7159

- **Principe:** Mesure spectrométrique du composé coloré formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium qui forme un complexe vert dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'azote ammoniacal vers 655 nm.

• **Réactifs:**

**Réactif I:**

- Acide dichloroisocyanurique ..... 2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) ..... 32 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml.

**Réactif II (coloré):**

- Trichlorate de sodium ..... 130 g.
- Salicylate de sodium ..... 130 g.
- Nitroprussiate de sodium ..... 0,97 g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml

Conservées dans des flacons en verre brun, les deux solutions sont stables pendant 2 semaines.

Préparation de la solution mère étalon: 1 g/l de NH<sub>4</sub> stable 1 mois

- **À partir de chlorure d'ammonium**
  - Chlorure d'ammonium ..... 2,970g.
  - H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml

• **À partir de sels d'ammonium**

- Sulfate d'ammonium ..... 4,717g.
- H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000 ml

NB: Les réactifs doivent être préalablement séchés 02h à l'étuve à 105 °C

Solution fille à 1 mg/l  
Prendre 1 ml de la solution mère à 1 g/l et ramener à 1000 ml d'H<sub>2</sub>O distillée

(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>1</sub>

Manuel des méthodes d'Analyses des Eaux

Solution fille à 2 mg/l  $PO_4^{3-}$   
20 ml de la solution à 50 mg/l dans une fiole de 500 ml et compléter au volume par de l'eau distillée.

## Gamme d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
Solution fille à 2 mg/l $PO_4^{3-}$ dans 40 ml eau distillée	0	0.3	0.6	1.2	2.4	4.8
(C) P	0.0	0.015	0.03	0.06	0.120	0.240
(E) en $PO_4^{3-}$	0.0	0.0459	0.0918	0.1836	0.3672	0.7340
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	2	2	2	2	2	2

Attendre 10 mn.

## • Méthode opératoire :

40 ml d'eau à analyser.  
1 ml acide ascorbique  
2 ml du réactif mélangé.

Attendre 10 mn développement de la couleur  
Longueur d'onde  $\lambda$  1700 ou 880 nm.

*ajouté 7 ml d'eau distillée*

Determination des ribophosphates ( $PO_4^{3-}$ )

ISO N° 6878

## • Principe :

En milieu acide les orthophosphates réagissent avec les ions de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'arsénite et de potassium pour former un complexe d'arsényl-molybdate puis sa réduction par l'acide ascorbique en un complexe de molybdate bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

Appareils : Spectrophotomètre UV, visible

## Réactif Mixte :

Hexamolybdate d'ammonium	13 g	A
Eau distillée	100 ml	
Tartrate d'arsénite	0.35 g	B
Eau distillée	100 ml	
Acide sulfurique pur	150 ml	C
Eau distillée	150 ml	

Effectuer le mélange dans l'ordre (A + B) + C compléter à 500 ml d'eau distillée.

Acide ascorbique à 10 % :

Acide ascorbique	10 g
Eau distillée	100 ml

Solutions mères d'orthophosphates à 50 mg/l  $PO_4^{3-}$  :

• A partir de  $K_2H_2P_2O_7$  potassium hydrogène phosphates préalablement séché pendant 2h à 105°C

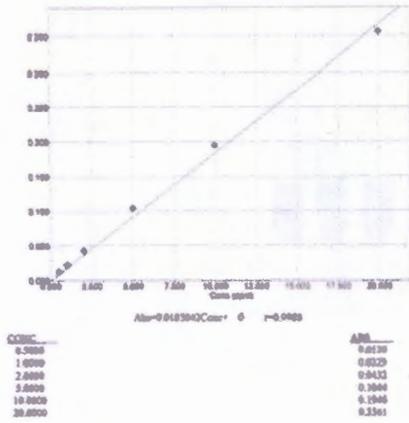
$K_2H_2P_2O_7$	0.281 g
Eau distillée	1000 ml
$H_2SO_4$ 4.5 N	10 ml

A partir de solution d'acide sulfurique 9 mola (50% eau + 50%  $H_2SO_4$ )  
Prélever un volume de cette solution et diluer à 50%.

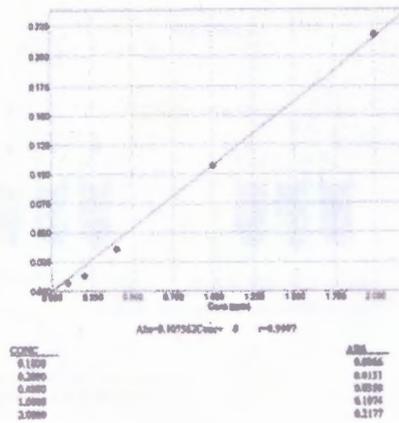
(ISO) 1-1

(ISO) 1-3

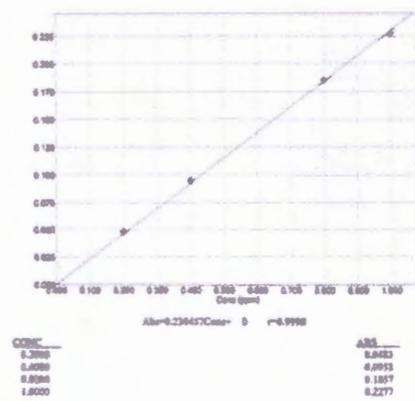
annex01 juin 2014  
Calibration Curve (Element: Pb (Pb) - C608)



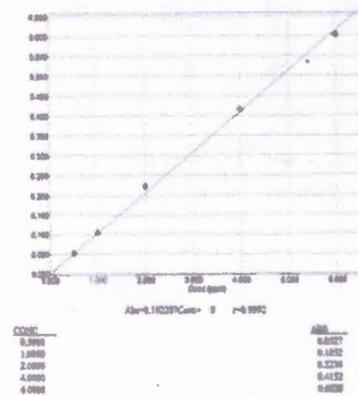
annex02 juin 2014  
Calibration Curve (Element: Cd (Pb) - C608)

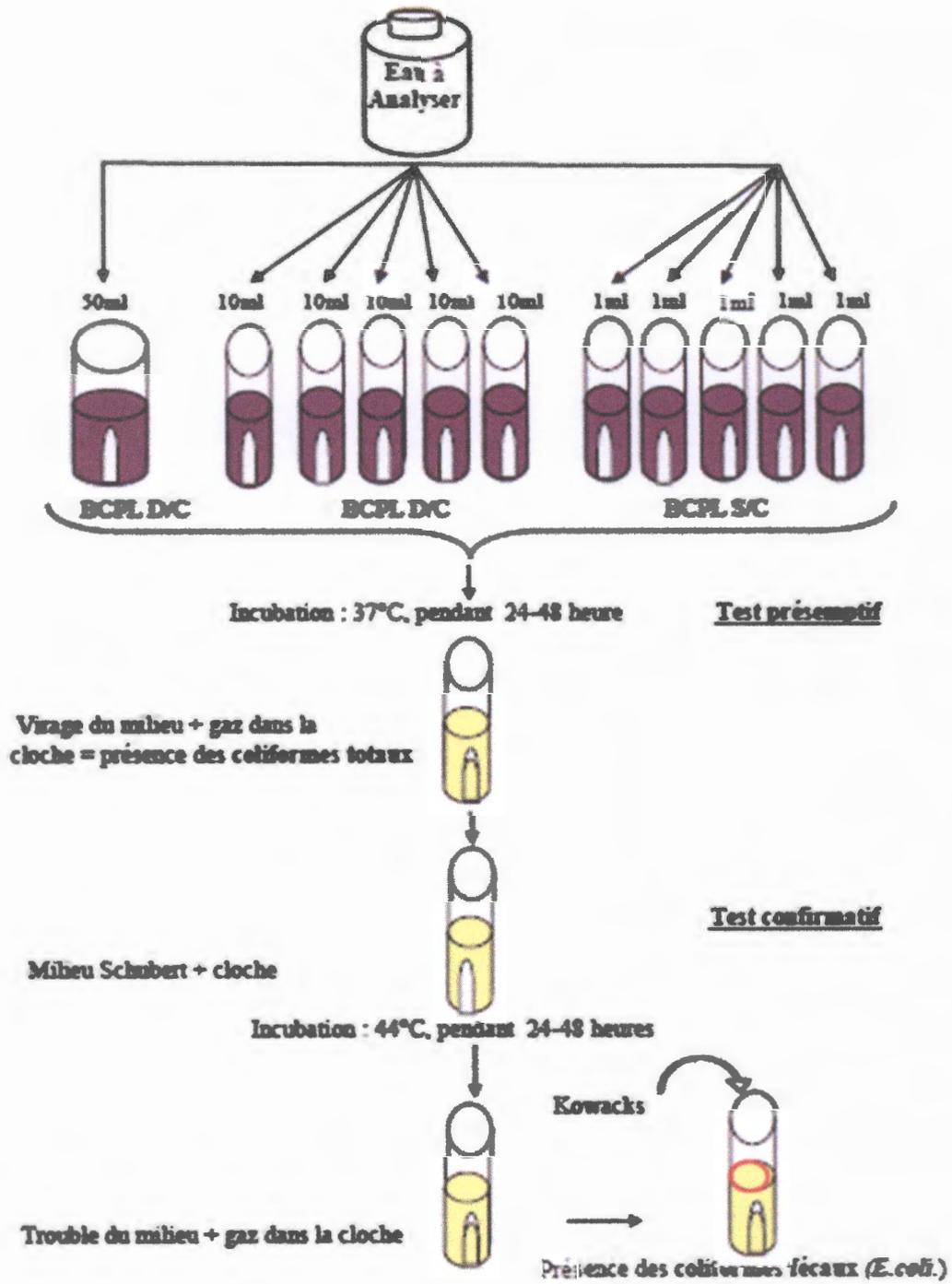


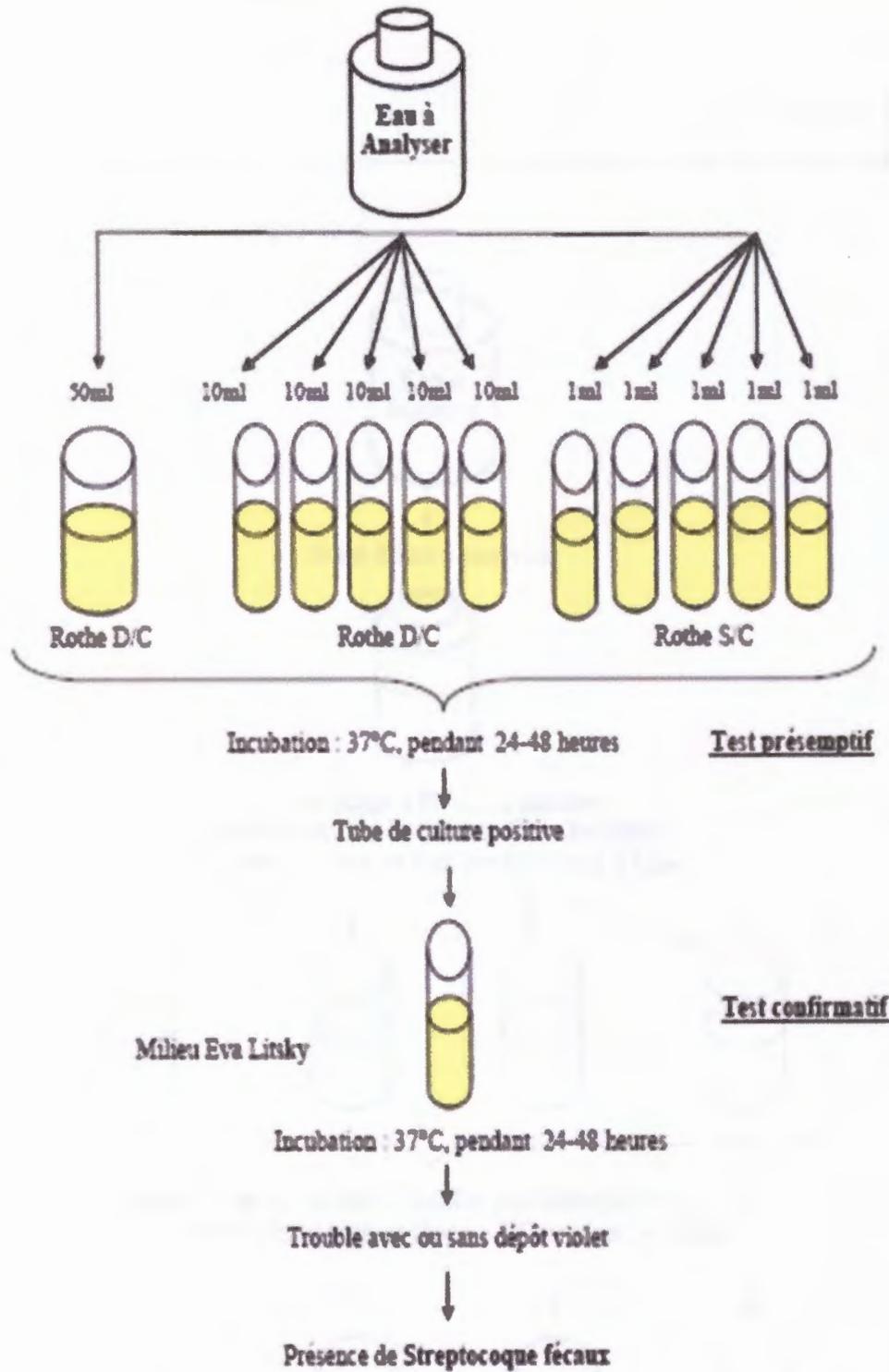
annex03 juin 2014  
Calibration Curve (Element: Zn (Pb) - C608)



annex04 juin 2014  
Calibration Curve (Element: Cu (Pb) - C608)







**NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE  
DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT**

N°1

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite 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	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	3	< 0,4	20
1	0	1	3	1	21
1	1	0	3	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	4	1	36
2	0	1	14	1	37
2	1	0	14	3	44
2	1	1	26	7	59
2	2	0	21	4	37
2	2	1	25	10	147
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	120
3	0	2	14	15	179
3	1	0	45	7	210
3	1	1	14	84	230
3	1	2	120	60	330
3	2	0	73	15	180
3	2	1	150	30	180
3	2	2	210	35	170
3	3	0	240	30	1300
3	3	1	260	75	2400
3	3	2	1100	140	1300

**Thème : Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de l'Oued Amsal localisé dans la région de Ziama Mansouriah**

Réalisé par :

Hireche Hanane

Boudraa Nassira

Date de soutenance : 29/06/2016

Jury :

Présidente : D<sup>r</sup> Benabdelkadr.M

Examinatrice : M<sup>me</sup> Mekircha.F

Encadreur : M<sup>me</sup> Benfridja.L

**Résumé**

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued Amsal localisé dans la région de Ziama Mansouriah (Wilaya de Jijel), l'appréciation de la qualité s'appuie sur le principe du (SEQ-Eau) et aux normes de l'OMS pour les résultats des métaux lourds vus que deux décharges à ciel ouvert sont juxtaposées à cet Oued.

Les résultats obtenus des eaux prélevées de trois stations pour la plus part des paramètres physicochimiques (T°, pH, CE, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, chlorures, nitrite, sulfate, phosphate, DBO<sub>5</sub>, zinc et cuivre) révèlent une bonne à moyenne qualité, pour le reste de ces paramètres on constate une mauvaise à très mauvaise qualité surtout en ce qui concerne le plomb et le cadmium.

Du point de vue microbiologique ; l'analyse effectuée montre que les bactéries dont l'*Escherichia Coli* et le Clostridium sont présentes dans cet Oued. Pour ceci on constate une qualité moyenne de ces eaux.

**Mots clés :** qualité physicochimique et microbiologique, SEQ-Eau, l'OMS, Oued Amsal.

**Abstract**

This study was conducted to determine the microbiological and physico-chemical water quality of Oued Amsal localized area Ziama Mansouriah (Wilaya of Jijel), the assessment of quality is based on the principle (SEQ-Water) and OMS standards for heavy metals results view too open dumps are juxtaposed to this Oued.

The results of the water withdrawn from three stations for most of the physicochemical parameters (T°, pH, EC, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, chloride, nitrite, sulfate, phosphate, BOD<sub>5</sub>, zinc and copper) show good to average quality, for the rest of these parameters poor to very poor quality is observed especially regarding plomb and cadmium.

From a microbiological point of view; the analysis shows that bacteria including *Escherichia coli* and Clostridium are present in this water. For this, there is an average quality of these waters.

**Keywords:** physicochemical and microbiological quality, SEQ-Water, OMS, Amsal Oued.

**ملخص**

لقد أجريت هذه الدراسة لتحديد الجودة الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لمياه وادي اmsال في منطقة زيامة منصورية (ولاية جيجل)، تعتمد هذه الدراسة على تحليل المياه و تصنيفها من خلال SEQ- ماء و بالاعتماد على معيار منظمة الصحة العالمية بالنسبة لنتائج المعادن الثقيلة و ذلك نظرا لوقوع هذا الوادي بجانبين مفتوحين. تظهر النتائج للمياه المأخوذة من ثلاث محطات بالنسبة لغالبية المعايير الفيزيوكيميائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية، الكالسيوم، المغنيزيوم، الكلوريد، النترت، الكبريتات، الفسفور، DBO<sub>5</sub>، الزنك و النحاس) نوعية جيدة الى متوسطة اما بالنسبة لباقي هذه المعايير نجد نوعية سيئة الى سيئة جدا خاصة بالنسبة للرصاص و الكاديوم. من وجهة نظر ميكروبيولوجية تظهر التحاليل ان البكتيريا بما في ذلك *Escherichia Coli* و Clostridium موجودة في مياه هذا الوادي لذلك نعتبر ان له نوعية متوسطة.

**كلمات البحث:** الجودة الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية، SEQ-ماء، منظمة الصحة العالمية، وادي اmsال.