



**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ BLIDA 1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**Département de Biologie et Physiologie Cellulaire**

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme  
de Master en Biodiversité et Fonctionnement des écosystèmes**

**Option : Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux**

## **Thème**

**Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de  
l'oued El Belleh à Cherchell (TIPAZA)**

**Présenté par :**

BENKHEIRA Halla

Devant le jury :

- |                   |     |              |
|-------------------|-----|--------------|
| • Mme EL MAHDI I. | MAA | Présidente   |
| • Mr GRANDI M.    | MAA | Examineur    |
| • Mme HAMAI F.    | MCA | Promotrice   |
| • Mr KAIS H.      |     | Co-promoteur |

2014 – 2015

# Remerciements

Je tiens à exprimer ici mes respectueux remerciements et toute ma gratitude à Mme HAMAIDI.F ma promotrice pour sa confiance et la bienveillance qu'elle m'a témoignée, et pour ses conseils, ses orientations, ses suggestions

Je remercie également mon co-promoteur Mr KAIS. H, pour son aide, ses remarques très précieuses sa disponibilité à chaque fois.

J'exprime ma profonde gratitude à Mme ELMAHDI pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury.

Je remercie également Mr GRANDI d'avoir bien voulu accepter d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements cordiaux à Mme FAKHAR Ghania responsable du laboratoire d'analyse de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amar sans oublier Warda, Malik et Rabia.

Mes vifs remerciements vont à Mr A BDESSELAMYENE Abdelkader chef de service du laboratoire d'hygiène de Tipaza, son épouse Mme Hafida, Mme Kalai Faiza et toute l'équipe du laboratoire.

Je remercie également Mme Nasira chef de service du laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de Chenoua (Tipaza) et Mme Nadia pour toute l'aide qu'elles m'ont fourni.

Et enfin un grand merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

## Liste des abréviations

- ASR** : Anaérobie Sulfito-Réducteurs.
- BEA** : Bile Esculine Agar.
- CF** : Coliformes Fécaux.
- CT** : Coliformes Totaux.
- DBO**: Demande Biologique en Oxygène
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène
- EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
- EPA** : Eau Peptoné Alcaline
- FAO** : Food and Agriculture Organisation
- GNAB** : Gélose Nutritif Alcaline Biliée
- IBGE** : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
- IPO** : Indice de Pollution Organique
- IQM** : Indice de Qualité Microbiologique
- ISO** : Organisation International de Normalisation
- JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne
- MES** : Matières En Suspension
- NTU**: Nephelometric Turbidity Unit
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- S1**: Station 1
- S2**: Station 2
- S3**: Station 3
- SEAAL** : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger
- SF** : Streptocoques Fécaux
- UFC** : Unité Formant Colonie
- µS/cm** : micro siemens par centimètre
- UV** : Ultraviolet
- VF** : Viande Foie

# Dédicace

Louange à Dieu le Miséricordieux qui m'a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail.

Je dédie ce travail, fruit de recherche et d'étude:

A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être de mon enfance jusqu'à l'instant et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon cœur ma mère "Zehour" je t'aime très fort maman et plus que vous imaginé.

A mon chère papa "Abdallah", en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'il a fait pour mon éducation ainsi que ma formation ; que Dieu le protège et le garde à nous.

A Chère grand-mère Yamina qui je l'aime beaucoup et mon grand père

A mon fiancé Sid Ahmed pour son soutien morale et qui n'a cessé de m'encourager et me guidé.

A mes chères sœurs Nour El-houda, Kenza et mon chère frère Abderahim

A ma chère ami l'intime Sabiha que dieu vous protège

A ma grande famille : Mes tantes, mes oncles surtout Morad, Mohamed et Ahmed, mes cousins et cousines.

A toute la famille BENKHEIRA, BENSALAH, GHAZAL et  
OUDJOUAR

A mes amies Nesrine, Meryem, Nabila, Lilya, Soumeja, Rahma et tous mes collègues de la spécialité Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux.

A tous mes enseignants de la première année fondamentale jusqu' à deuxième année  
Master

A tous ceux que j'aime

## Liste des figures

<b>figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
<b>1</b>	Localisation géographique de l'Oued El-Belleh	<b>13</b>
<b>2</b>	photo de la Station 1 de prélèvement	<b>14</b>
<b>3</b>	photo de la Station 2 de prélèvement	<b>15</b>
<b>4</b>	photo de la Station 3 de prélèvement	<b>15</b>
<b>5</b>	Colonies de coliformes fécaux	<b>27</b>
<b>6</b>	Colonies de streptocoques fécaux	<b>28</b>
<b>7</b>	Spores d'ASR	<b>29</b>
<b>8</b>	Colonies de <i>Staphylococcus</i>	<b>31</b>
<b>9</b>	Colonies de <i>Pseudomonas</i>	<b>33</b>
<b>10</b>	Variation de la température	<b>34</b>
<b>11</b>	Variation du pH	<b>35</b>
<b>12</b>	Variation des matières en suspension	<b>36</b>
<b>13</b>	Variation de la turbidité	<b>37</b>
<b>14</b>	Variation de la conductivité	<b>38</b>
<b>15</b>	Variation de l'oxygène dissout	<b>39</b>
<b>16</b>	Variation de la demande biochimique en oxygène	<b>40</b>
<b>17</b>	Variation des chlorures	<b>41</b>
<b>18</b>	Variation du calcium	<b>42</b>
<b>19</b>	Variation du magnésium	<b>43</b>
<b>20</b>	Variation des sulfates	<b>44</b>
<b>21</b>	Variation de la matière organique	<b>45</b>
<b>22</b>	Variation des nitrites	<b>46</b>
<b>23</b>	Variation d'ammonium	<b>47</b>
<b>24</b>	Variation des phosphates	<b>48</b>
<b>25</b>	Variation d'aluminium	<b>49</b>
<b>26</b>	Variation des coliformes totaux	<b>50</b>
<b>27</b>	Variation des coliformes fécaux	<b>51</b>
<b>28</b>	Variation des streptocoques fécaux	<b>52</b>
<b>39</b>	Variation des anaérobies sulfito-réducteurs	<b>54</b>
<b>30</b>	Appareils utilisés lors des analyses	<b>ANNEXE</b>

## Liste des tableaux

<b>Tab</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>I</b>	Principaux types de pollution des eaux continentales	<b>4</b>
<b>II</b>	Grille de qualité IPO	<b>11</b>
<b>III</b>	Grille de la qualité (IQM)	<b>12</b>
<b>IV</b>	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	<b>39</b>
<b>V</b>	Les teneurs des nitrates	<b>43</b>
<b>VI</b>	Valeurs de l'IPO et type de pollution organique	<b>52</b>
<b>VII</b>	Résultat de l'Indice de la Qualité Microbiologique (IQM)	<b>55</b>
<b>VIII</b>	Origine de la contamination fécale des eaux d'Oued El-Belleh	<b>56</b>
<b>IX</b>	Résultats physico-chimiques de l'oued El-Belleh	<b>ANNEXE</b>
<b>X</b>	Résultats bactériologiques de l'Oued El-Belleh	<b>ANNEXE</b>
<b>XI</b>	Normes algériennes de la qualité des eaux superficielles	<b>ANNEXE</b>
<b>XII</b>	Normes de qualité des eaux de surface	<b>ANNEXE</b>
<b>XIII</b>	Matériels et milieux utilisés	<b>ANNEXE</b>
<b>IXV</b>	Réactifs utilisés pour les analyses physico-chimiques	<b>ANNEXE</b>
<b>XV</b>	Milieux de cultures et réactifs utilisés pour les analyses microbiologiques	<b>ANNEXE</b>

## Résumé

Dans le but d'apprécier la qualité des eaux de l'oued El-Belleh dans la commune de Cherchell, wilaya de Tipaza, nous avons effectué un ensemble d'analyses physico-chimiques ainsi qu'une étude microbiologique.

Les résultats physico-chimiques de certains paramètres sont en conformité avec les normes nationales et internationales (JORA et l'OMS) des eaux de surfaces. Par contre d'autres paramètres présentent des teneurs élevées comme la matière en suspension 55,66 mg/l et la demande biochimique 15,11mg/l au niveau de la station 2.

Concernant les paramètres de pollution, les nitrites ont atteint une moyenne de 1,7mg/l et les orthophosphates de 0,95mg/l dans la station 2. Pour les paramètres de minéralisation, nous avons enregistré une teneur élevée en magnésium (95,78 mg/l) dans la station 3.

En outre, la recherche des coliformes fécaux et streptocoques fécaux montre que leurs valeurs sont dans les normes. Nous notons la présence des germes pathogènes *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* et l'absence de salmonelles et vibrions cholériques.

**Mots clés** : Oued El-Belleh, analyses physico-chimiques, étude microbiologique, germes pathogènes.

## Abstract

With an aim of appreciating the water quality of the El-Belleh wadi in Cherchell town, wilaya of Tipaza, we carried out a whole of physicochemical analyzes as well as a microbiological study.

The physicochemical results of certain parameters are in conformity with the national and international standards and (JORA and the WHO) of surface water. On the other hand of other parameters contents raised like the suspended matter 55, 66 mg/l present and the biochemical request 15,11mg/l to the level of station 2.

Concerning the parameters of pollution, the nitrites reached an average of 1,7mg/l and phosphates of 0,95mg/l in station 2. For the parameters of mineralization, we recorded a high percentage of magnesium (95, 78 mg/l) in station 3.

Moreover, the research of the fecal coliformes and streptocoques fecal shows that their values are in the standards. We note the presence of the pathogenic germs *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* and the absence of salmonellas and vibrios choleraic.

**Key words:** El-Belleh wadi, analyzes physicochemical, microbiological study, pathogenic germs.

من أجل تقييم نوعية مياه واد البلاع أجرينا مجموعة من التحاليل الفيزيو كيميائية ودراسة مكرو بيولوجية لهذه المياه.

النتائج الفيزيو كيميائية لبعض المقاييس مطابقة للمعايير الوطنية والدولية ( الجريدة الرسمية, لمية للصحة) للمياه السطحية.

وفي المقابل بعض المقاييس ليست مطابقة للمعايير المذكورة مثل المواد العالقة تمثل 55.66 / 2  
والطلب البيوكيميائي للأكسجين 15.11 / .

فيما يخص مقاييس التلوث ، وصل متوسط النتريت 1.7 / 2 / 0.95  
2 . بالنسبة لمقاييس التمعدن ، فقد سجلنا متوسطا للمغنيزيوم قد 95.78 /

. 3

ذلك ، يظهر البحث عن بكتيريا القولون البرازية والعقديات البرازية أنها ضمن المعايير المحددة . أيضا  
وجود جراثيم خطيرة : الزائفة الزنجارية ، المكورات العنقودية الذهبية وغياب السالمونيلا وبكتيريا الكوليرا .

الكلمات المفتاحية : بلاع ، التحاليل الفيزيو كيميائية ، جراثيم خطيرة ، دراسة مكروبيولوجية .

# Sommaire

<b>Introduction</b>	1
---------------------	---

## *Partie bibliographique*

### **Chapitre I. GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX DE SURFACE**

I-1- Eaux de surface	2
I.2- Pollution des eaux de surface	2
I.2.1- Définition de la pollution	2
I.2.2- Origine de la pollution	2
I.2.3- Types de pollution	3

### **Chapitre II. CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DE SURFACE**

II.1- Paramètre physico-chimique de l'eau	5
II.1.1- Paramètres physiques	5
II.1.2- Paramètres chimiques	6
II.1.3- Paramètres de pollution	7
II.1.4- Paramètres indésirables	8
II .2- Paramètres microbiologiques	9

### **Chapitre III. CRITERES DE CLASSIFICATION DES EAUX DE SURFACE**

III. 1. Indice de Pollution Organique	11
III. 2. Evaluation de l'Indice de Contamination Microbiologique	11

## *Partie expérimentale*

### **Chapitre I. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

I.1.Présentation de la zone d'étude et des stations de prélèvements	13
I.2- Matériel	16
I.2.1- Matériel biologique	16
I.2.2- Matériel non biologique	16
I.3-Méthodes	16
I.3.1. Méthodes de prélèvement	16
I.3.2-Analyses physico-chimiques	16
I.3.3-Analyses microbiologiques	26

### **Chapitre II. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

II.1.Résultats des analyses physico-chimiques	34
II.1.1-Paramètres physiques	34
II.1.2-Paramètres chimiques	40
II.1.3- Paramètres de pollution	44
II.1.3- Paramètres indésirables	48
II.2- Résultats des analyses microbiologiques	50

<b>CONCLUSION</b>	56
-------------------	----

### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **ANNEXES**

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (**PNUD, 2009**).

La qualité des eaux dans le monde, a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau qui la rendent impropre aux usages souhaités (**REGGAM et al., 2015**). Il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes surtout les informations concernant la vulnérabilité des ressources et les mesures nécessaires pour développer, gérer et protéger ces ressources (**BELGHITI et al., 2013**).

En outre, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant au déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs, mais aussi altérer les usages de l'eau (**MAKHOUKH et al., 2011**).

En Algérie, les ressources en eau existantes sont également menacées par ces différents types de pollution. En effet, les oueds sont devenus de véritables dépotoirs, en ce sens, ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides et constituent un danger pour la population (**GUASMI et al., 2006**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude. Nous nous proposons pour la première fois de réaliser un suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique de trois stations localisées sur le lit de l'oued El-Bellah situé à Cherchell dans la wilaya de TIPAZA et de faire un premier état sur les différentes sources de contamination.

## **I. GENERALITES SUR LES EAUX DE SURFACE**

### **I-1- Eaux de surface**

Les eaux de surface se répartissent en eaux véhiculées par les cours d'eau ou contenues dans les lacs, ou maintenues derrière les barrages réservoirs. Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux, de rivières, soit des rassemblements des eaux de ruissellement.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont très sensibles à la pollution minérale et organique (MDDEP, 2012).

### **I-2- Pollution des eaux de surface**

#### **I-2.1 Définition de la pollution**

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Elle a pour origines principales : l'activité humaine, l'industrie, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels (MELQUIT, 2004).

#### **I.2.2- Origine de la pollution**

La pollution des eaux de surface peut avoir diverses origines:

➤ **Pollution domestique :**

Selon GENIN *et al.*, (2003), elle provient des habitations. Elle est en générale véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer ou centre d'activité vers une station de traitement des eaux usées.

Elle se caractérise par :

- ✓ De fortes teneurs en matières organiques ;
- ✓ Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore ;
- ✓ Des détergents ;
- ✓ Des germes fécaux.

➤ **Pollution industrielle :**

D'après **GENIN et al., (2003)**, elle est caractérisée par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution, etc.) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc.). On peut donc retrouver dans l'eau qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine :

- ✓ Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages) ;
- ✓ Hydrocarbures (raffineries) ;
- ✓ Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques, tanneries).

➤ **Pollution agricole :**

D'après **GAUJOUS (1995)**, elle provient des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant :
  - Des engrais,
  - Des purins et lisiers (élevage) ;
- La présence de produits chimiques de traitements (pesticides, herbicides...).

➤ **Pollution naturelle :**

Divers phénomènes naturels sont à l'origine de cette pollution par exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux, arsenic), une source thermominérale... (**GAUJOUS, 1995**).

### **I.2. 3- Types de pollution**

La pollution des eaux de surface peut être de divers types (Tableau I).

Tableau I. Principaux types de pollution des eaux continentales

TYPES DE POLLUTION	NATURE	SOURCES
<b>• Physique</b>		
Pollution thermique	rejets d'eau chaude	centrales thermiques
Pollution radioactive	radio-isotopes	installations nucléaires
<b>• Matière organique</b>	glucides, lipides, protides	effluents domestiques, agricoles, agro-alimentaires
	ammoniac, nitrates	élevages et piscicultures
<b>• Chimique</b>		
Fertilisants	nitrates, phosphates	agriculture, lessives
Métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	industries, agriculture, pluies acides, combustion
Pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
Organochlorés	PCB, solvants	industries
Composées organiques de synthèse	nombreuses molécules	industries
Détersifs	agents tensio-actifs	effluents domestiques
Hydrocarbures	pétrole et dérivés	industrie pétrolière, transports
<b>• Microbiologique</b>	bactéries, virus, champignons	effluents urbains et d'élevage

(LEVEQUE, 1996)

## II. CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DE SURFACE

### II.1- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

#### II.1.1- Paramètres physiques

##### **Température**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (**MAKHOUKH et al., 2011**).

##### **Potentiel d'Hydrogène**

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (**BELGHITI et al., 2013**).

##### **Conductivité électrique**

L'eau étant une solution ionique, elle peut conduire l'électricité. Les ions chargés sont responsables du caractère conducteur de l'eau. La mesure de la conductivité de l'eau fournit donc une première approche de sa composition et de ces propriétés chimiques (**LALANNE, 2012**).

##### **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (**IBGE, 2005**).

### ✚ **Matières en suspension**

Les matières en suspension (MES), représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**RODIER et al., 1984**).

### ✚ **Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales: argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (**RODIER et al., 2009**).

## **II.1.2-Paramètres chimiques**

### ✚ **Calcium**

Selon **RODIER (1971)**, le calcium est un élément de dureté généralement dominant dans les eaux potables. Il existe surtout à l'état de bicarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc....

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**GAUJOUS, 1995**).

### ✚ **Magnésium**

Élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites, basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse, cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (**KEMMER, 1984**).

### ✚ **Chlorures**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**MAKHOUKH et**

*al.*, 2011). Le gros inconvénient des chlorures est l'aveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (RODIER, 2005).

#### Demande biochimique en oxygène DBO5

La demande biochimique en oxygène (DBO) est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est à dire après incubation durant 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique (RODIER *et al.*, 1984).

#### Sulfates

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), mais également de la pyrite et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite). Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies), et l'utilisation d'engrais chimique et de produits de lessive (GHAZALI *et ZAID*, 2013).

### II.1.3- Paramètres de pollution

#### Matière organique

Les matières organiques (MO) susceptibles d'être rencontrées dans les eaux constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration (HAMED *et al.* ; 2012).

#### Phosphate

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (RODIER *et al.*, 2005).

### Nitrates et nitrites

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (GAUJOUS, 1995). Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déposent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (LEPELTIER, 2005).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/l (OMS et JORA 2011).

### Ammonium

Les sels ammoniacaux sont des polluants qui proviennent des effluents domestiques, des engrais agricoles et de certaines unités industrielles. Selon VALIRON (1994), sa présence dans les eaux de surface est un indicateur de pollution.

## II.1.4- Paramètres indésirables

### Aluminium

Constituant naturel des eaux aussi bien souterraines que de surface, les plus fortes concentrations en aluminium se retrouvent dans les eaux de drainage des régions soumises aux pluies acides où l'acidité des roches facilite la mobilisation de l'aluminium à partir du sol. L'acidité entraîne une dissolution et un transport des sels d'aluminium en solution. L'homme est ainsi exposé à l'aluminium d'origine naturelle par contact direct avec les sols, l'air, l'ingestion d'aliments provenant de la terre et l'eau de source (GOURIER-FRERY, 2003).

### Fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Pratiquement, les eaux superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de 1 mg/l. En effet, sous l'action de l'air, ou par addition d'un oxydant, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble (RODIER *et al.*, 2009).

## II.2- Paramètres microbiologiques

### ✚ Coliformes

- **Coliformes totaux**

Selon **RODIER et al.,(2005)**, les coliformes totaux sont des bactéries en bâtonnets, non sporogènes, à Gram négatif, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

- **Coliformes thermotolérants**

Selon **DELLARAS, (2010)**, les coliformes fécaux sont des bactéries en bâtonnets, aéro-anaérobies facultatives, à Gram négatif, qui fermentent le lactose avec production de gaz en présence de sels biliaires ou d'autres agents tensioactifs ayant des propriétés analogues inhibant la croissance, à 44°C en 24 heures.

### ✚ Streptocoques fécaux

Ils se répartissent en 2 genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. La plupart des espèces appartiennent au genre *Enterococcus*. Leur recherche dans le milieu hydrique présente un intérêt certain, car leur comportement diffère nettement de celui des coliformes. Leur caractère de cocci à Gram positif leur confère une bonne résistance dans les milieux hydriques (eaux douces et marines). Ce qui permettrait la mise en évidence de pollutions plus anciennes.

Ils sont également plus résistants à la désinfection, ce qui présente un intérêt en tant qu'indicateur d'efficacité de traitement, et ne présentent pas de phénomène de croissance dans les réseaux de distribution (**JESTIN, 2004**)

### ✚ Anaérobies Sulfito-Réducteurs

Selon **CARIP (2008)**, les *Clostridium* sont des bacilles anaérobies stricts, sporulés, non capsulés (à l'exception de *Clostridium perfringens*). La spore est de grande taille, elle est parfois plus grande que la bactérie. La plupart des *clostridium*s sont mobiles.

L'intérêt de leur recherche comme indicateurs réside dans la propriété qu'ils sporulent, ce qui les rend particulièrement résistants aux traitements de désinfection (**JESTIN, 2004**).

## ✚ Microorganismes pathogènes

- **Salmonelle**

D'après **CARIP (2008)**, les salmonelles sont des bacilles à Gram négatif, mobiles par ciliature péritriches, aéro-anaérobies facultatifs, oxydase négative, capable de fermenter le glucose par fermentation alcoolique mais incapable de fermenter le lactose ou de produire de l'uréase. Les salmonelles sont mésophiles mais sont capables de divisions actives entre 5°C et 45°C.

Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénicité varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro entérites, toxi-infections alimentaires (**RODIER et al., 2009**).

- **Vibrioncholérique**

*Vibrio cholerae* est l'agent du choléra, c'est un bacille à Gram négatif très mobile, à l'aspect caractéristique en virgule, grâce à un flagelle polaire (**FLANDROIS, 1997**).

Selon **DELARASS (2014)**, les vibrions cholériques pouvant vivre dans les eaux douces et marines en fonction de leur tolérance ou de leur exigence en chlorure de sodium.

- ***Staphylococcus aureus***

Selon **DELLARAS (2007)** *Staphylococcus aureus*, est une espèce à Gram positif, coagulase positive et catalase positive.

*Staphylococcus aureus* fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau (**KLUYTMANS et al., 1997**).

- **✚ *Pseudomonas aeruginosa* :**

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie ubiquitaire très répandue dans la nature (**BERCHE et al, 1991**). C'est l'espèce type du genre *Pseudomonas*. C'est une bactérie à Gram négative, non sporulée, oxydase positive et catalase positive (**JORA, 2013**).

### III. Critères de classification des eaux de surface

#### III. 1. Indice de Pollution Organique

L'Indice de Pollution Organique (IPO) a été proposé pour la première fois par **LECLERCQ et MAQUET (1987)**, dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne. Les valeurs de cet indice sont réparties en cinq classes représentant des niveaux de pollution s'étendant du moins pollué (classe 5) au plus pollué (classe 1) (Tableau II). Cet indice permet d'apprécier la qualité organique des eaux.

**Tableau N° II : Grille de qualité IPO**

<b>Paramètres</b>	<b>Ammonium</b>	<b>Nitrites</b>	<b>Phosphates</b>		<b>Pollution organique</b>
<b>Classes</b>	<b>mg -N/l</b>	<b>µg-N/l</b>	<b>µg-P/l</b>	<b>IPO</b>	
<b>5</b>	<b>&lt; 0.1</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>5,0 – 4,6</b>	<b>Nulle</b>
<b>4</b>	<b>0,1– 0.9</b>	<b>6 – 10</b>	<b>16 – 75</b>	<b>4,5 – 4,0</b>	<b>Faible</b>
<b>3</b>	<b>1– 2.4</b>	<b>11 – 50</b>	<b>76 – 250</b>	<b>3,9 – 3,0</b>	<b>Modérée</b>
<b>2</b>	<b>2.5 – 6.0</b>	<b>51 – 150</b>	<b>251 – 900</b>	<b>2,9 – 2,0</b>	<b>Forte</b>
<b>1</b>	<b>&gt; 6</b>	<b>&gt; 150</b>	<b>&gt; 900</b>	<b>1,9 – 1,0</b>	<b>Très forte</b>

(**LECLERCQ et MAQUET, 1987**)

#### III. 2. Evaluation de l'Indice de Contamination Microbiologique

Comme pour les analyses chimiques, il est possible de calculer pour les cours d'eau un indice de contamination microbiologique à partir du dénombrement de différents germes dont les principaux, généralement associés à la pollution organique, sont les bactéries totales, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux .

La méthode de traitement de données est basée sur l'indice de Contamination fécale (**BOVESSE et DEPELCHIN, 1980**). Le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes et de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne (Tableau III).

**Tableau N° III: Grille de la qualité (IQM)**

<b>Classe n°</b>	<b>Bact. tot./ml</b>	<b>Colif. f. /ml</b>	<b>strepto.f./ml</b>	<b>IQM</b>	<b>Contamination fécale</b>
<b>5</b>	<b>&lt;2000</b>	<b>&lt;100</b>	<b>&lt;5</b>	<b>4,3-5,0</b>	<b>Nulle</b>
<b>4</b>	<b>2000-9000</b>	<b>100-500</b>	<b>5-10</b>	<b>3,5-4,2</b>	<b>Faible</b>
<b>3</b>	<b>9000-45000</b>	<b>500-2500</b>	<b>10-50</b>	<b>2,7-3,4</b>	<b>Modérée</b>
<b>2</b>	<b>45000-360000</b>	<b>2500-20000</b>	<b>50-500</b>	<b>1,9-2,6</b>	<b>Forte</b>
<b>1</b>	<b>&gt;360000</b>	<b>&gt;20000</b>	<b>&gt;500</b>	<b>1,0-1,8</b>	<b>très forte</b>

(Bovesse et Depelchin, 1980)

## I. MATERIEL ET METHODES

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de l'oued El-Belleh dans la commune de Cherchell, nous avons effectué une étude de 06 mois ( du mois de Mars au mois d'Aout 2015).

La totalité des analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses physico-chimiques de la station de traitement de l'eau potable de Sidi Amar, ainsi qu'au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Chenoua dans la wilaya de Tipaza.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'Hygiène de la wilaya de Tipaza.

### I.1. Présentation de la zone d'étude et des stations de prélèvement

Oued El-Belleh est situé au nord de l'Algérie près la commune de Cherchell, wilaya de Tipaza (Figure 1). Il est alimenté principalement par l'oued Aizzer qui prend naissance de la montagne Menaceur. D'une longueur de 16 km, son bassin versant s'étend sur 59 km<sup>2</sup> (ANRH, 2015).

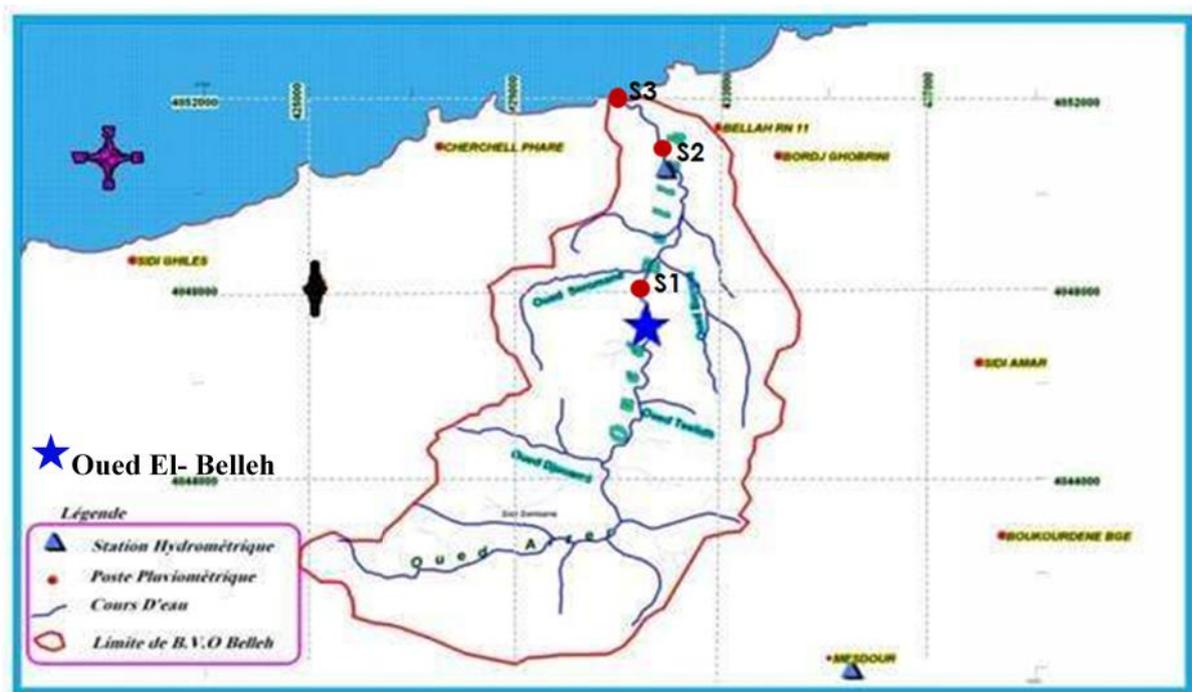


Figure 1. Localisation géographique de l'Oued El-Belleh (ANRH, 2015)

Le choix des stations de prélèvement a été effectué en fonction de la localisation et de l'accessibilité de ces dernières (en amont **S1**, au milieu **S2** et en aval **S3**).

➤ **Station 1 :**

La station située en amont de l'oued, elle n'est pas loin des alentours de la caserne Abben Ramdan (Académie de Cherrhell). Le lit de l'oued est constitué de galets et des cailloux. Absence de végétations.



**Figure 2 :** photo de la Station 1 de prélèvement (photo originale)

➤ **Station 2 :**

Elle est au dessous de la route nationale n° 11, fortement polluée par rapport la station 1 du fait des déchets déversés chaque fois, on note la présence de végétation sur les berges.



**Figure 2 :** photo de la Station 2 de prélèvement (photo originale)

➤ **Station 3 :**

Connue aussi par Pointe Riad, elle se trouve au niveau de la plage El-Belleh, l'eau dans cette station est stagnante par rapport les des autres stations. On note la présence de la végétation surtout le Roseau et l'arbuste Tamaris.



**Figure 3 :** photo de la Station 3 de prélèvement (photo originale)

## **I.2- Matériel**

### **I.2.1- Matériel biologique**

L'eau à analyser provient de trois stations situées le long de l'oued El-Belleh.

### **I.2.2- Matériel non biologique**

Pour effectuer les analyses physico-chimiques et microbiologiques, nous avons utilisé un matériel non biologique représenté par : les réactifs, solutions, milieux de cultures solides et liquides, appareillages et verreries (Voir annexe)

## **I.3-Méthodes**

### **I.3.1. Méthodes de prélèvement**

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de 1,5 litre ou dans des flacons en plastique de 1500 ml.

Au moment des prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Pour les analyses microbiologiques, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml ou 500 ml qui ont été stérilisés dans l'autoclave à 120°C puis bouchés, pour une protection totale contre toute contamination.

Ces flacons sont immergés en position verticale en le tenant par le fond, l'ouverture doit être légèrement plus haute que le fond et dirigée dans le sens contraire du courant.

Les échantillons sont transportés dans des glacières pour une température comprise entre 4 et 6°C.

### **I.3 .2-Analyses physico-chimiques**

#### **I.3.2.1- Paramètres physiques**

##### **Température**

La mesure de la température est effectuée *in situ*. Dans notre étude, nous avons mesuré la température à l'aide d'un thermomètre à mercure immergé dans l'eau pendant 10 minutes.

### **Mesure du potentiel d'Hydrogène**

Nous avons utilisé la méthode potentiométrique avec électrode de verreselon la **NA 751** selon le protocole suivant :

- Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincée avec de l'eau distillée, dans un bêcher contenant de l'eau à analyser,
- Agiter doucement avec un barreau magnétique,

#### **Lecture :**

- Appuyer sur la touche (Read/Enter), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser,
- La valeur du pH est donnée directement sur l'écran de l'appareil,

### **Mesure de la Conductivité électrique**

La détermination de la conductivité s'est effectuée à l'aide d'un conductimètre(Hach Sension 3)selon la NA 749et la méthode est la suivante :

- Prendre un échantillon conservé à température ambiante ;
- Remplir un bêcher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité, et insérer l'électrode

#### **Lecture :**

- Une fois Appuyer sur la touche READ, la valeur s'affiche sur l'écran de l'appareil avec une unité de  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### **Dosage de l'Oxygène dissous**

L'analyse de la teneur en oxygène dissous de l'eau est réalisée par la méthode électrochimique selon la norme ISO 5814. Le mode opératoire est comme suit :

- Prendre l'échantillon d'eau à analyser et immerger la sonde ;
- Agitercorrectement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon afin de retirer toute bulle d'air de la membrane,

#### **Lecture :**

- Le résultat de la mesure s'affiche lorsque la valeur se stabilise,
- Noter la valeur exprimée en mg/l.

### Détermination des matières en suspension

La détermination des matières en suspension se fait par filtration sur filtre et par la pesée, en suivant le protocole et selon la norme T 90 – 105.

- Introduire les membranes filtrantes dans une cupule et les peser avant filtration
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et filtrer 200ml d'eau à analyser.
- Mettre les membranes à l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois

#### **Lecture :**

Le calcul de la concentration des matières en suspension est exprimé en mg/l et s'effectue selon la formule suivante :

$$\text{MES} = (M_1 - M_0) \times 1000/v$$

#### **D'où :**

**MES** : Matières En Suspension

**M<sub>0</sub>** : Poids avant filtration

**M<sub>1</sub>** : Poids après filtration

**V** : Volume de l'échantillon versé

### Mesure de la Turbidité

La détermination de la turbidité est réalisée à l'aide d'un turbidimètre (Hach 2100 N). L'échantillon à analyser doit être remis à température ambiante et être homogénéisé doucement avant la mesure selon la norme NA 746. La cuve de mesure doit être propre et essuyé à chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant mesure.

La mesure de la turbidité s'effectue de la manière suivante :

- Remplir la cuve avec l'eau à analyser,
- Insérer la cuve dans le puits de mesure,
- Fermer le capot de l'appareil,

**Lecture :**

- Attendre l'affichage automatique d'une valeur, si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (**ENTER**) et lire la valeur affichée.

La valeur de la turbidité est exprimée en unité NTU (Néphélobimétrie Turbidity Unit)

**I.3.2.2-Paramètres chimiques**** Détermination de la demande biologique en d'oxygène**

Un échantillon mesuré d'eau est placé dans chacun des six flacons bruns du DBO mètre (BOD Trak Hach) connectés par leurs bouchons aux capteurs de pression de l'appareil. Les capteurs de pression contrôlent la pression d'air dans les flacons d'échantillons, selon la norme ISO 5813 et le mode opératoire suivant :

- Le pH de l'échantillon doit être compris entre 6 et 8.
- Introduire l'échantillon dans un flacon contenant un barreau magnétique d'où le volume introduit dans le flacon dépend de la DB05 mesurée et de l'appareillage utilisé.
- Introduire 2 à 3 grains d'hydroxyde de potassium (KOH) dans un support en caoutchouc prévu à cet effet et placé dans le col de la bouteille,
- Disposer les flacons sur un banc d'agitation placé pour 5 jours dans une armoire thermostatique dont la température de consigne est 20°C.

**Lecture :**

Après 5 jours le résultat sera affiché sur l'écran du DBO mètre exprimé en mg/l.

** Dosage des Chlorures**

Les chlorures sont dosés par titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (méthode de Mohr), selon la norme ISO 9297.

Le protocole est le suivant :

- Introduire 100 ml de l'échantillon dans un bécher conique.
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium.
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution nitrate d'argent

**Lecture :**

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte brune rougeâtre caractéristique du chromate d'argent. La concentration en chlorure est déterminée selon la formule suivante :

$$C(\text{cl}) = \frac{(V_s - V_B) C \times f}{V_a}$$

**D'où :**

**V<sub>s</sub>** : le volume en millilitre de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le titrage de l'échantillon

**V<sub>B</sub>** : le volume en millilitre de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le titrage du blanc

**V<sub>a</sub>** : le volume en millilitre de l'échantillon pour essai

**f** : 35453 (masse molaire × 1000)

**C** : concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent.

### Titrage de Calcium et du Magnésium

Le titrage des ions de calcium et magnésium est réalisée avec une solution aqueuse de disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à un pH de 10 selon la norme ISO 6058. Le titrage se fait selon la méthode suivante :

➤ **Calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

- Prélever 50 ml de l'échantillon à analyser,
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium 2N et une pincée de l'indicateur (Murexide), bien mélanger le tout. La prise d'essais doit se colorer en rose,
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment,

**Lecture :**

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire de la couleur rose à la couleur violette.

La détermination de la concentration de Calcium est donnée par la formule suivante:

$$Ca_{2+} = \frac{V_1 * C_{EDTA} * F * M_{Ca_{2+}}}{P.E} * 1000$$

**D'où :**  $V_1$  : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C$  : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Ca^{2+}}$  : Masse molaire du calcium en g (40,08)

P.E : Prise d'essai (50 ml)

F : Facteur de dilution

➤ **Magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

- Introduire une prise d'essais de 50 ml de l'échantillon d'eau,
- Ajouter 4 ml de la solution tampon  $NH_4OH$  à pH= 10 et une pincée de l'indicateur (Noir d'Eriochrome), bien mélanger jusqu'à ce que la prise d'essais se colore en rouge brun,
- Titrer immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment.

**Lecture :**

- Le titrage prend fin une fois que la couleur bleu est atteint,
- La détermination de la concentration de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$Mg_{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * C_{EDTA} * F * M_{Mg_{2+}}}{P.E} * 1000$$

**D'où :**

$V_2$ : Volume total d'E.D.T.A

$V_1$  : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C$  : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{Mg^{2+}}$  : Masse molaire du Magnésium en g (24,3)

P.E : Prise d'essai (50 ml).

F : Facteur de dilution.

### Dosage des Sulfates

Le dosage des ions de sulfates, en présence de chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ), se précipitent à l'état de sulfate de baryum par la méthode suivante :

- Prendre 20 ml d'échantillon à analyser,
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante, agiter quelques secondes,
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum,
- Compléter avec 100 ml d'eau distillé et laisser pendant 1 mn sous agitation mécanique rapide.

#### **Lecture :**

- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre de temps dans l'appareil

La concentration des sulfates est affichée sur l'écran en mg/l.

### **I.3 .2.3- Paramètres de pollution**

#### Dosage des matières organiques

Ce test à caractère conventionnel du permanganate a pour but d'approcher la teneur en matière organique présentes dans l'eau. Elle est mesurée selon la norme ISO 8467 et comme suit :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique dilué à 2.2 M et homogénéiser.
- Porter à ébullition douce puis ajouter 20ml de la solution de permanganate de potassium à 2mmol/l.
- Après 10min, ajouter 20ml de la solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l.

#### **Lecture :**

- La lecture s'effectue après titrage alors que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium à 2 mmol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose.

\* Un essai à blanc est nécessaire.

L'indice de permanganate, IMN, exprimé en milligramme d'oxygène par litre, est calculé par la formule suivante :

$$\text{IMN} = \frac{(V_1 - V_0) \times N}{V_1} \times f$$

**D'où :**

**V<sub>0</sub>** : le volume en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de blanc

**V<sub>1</sub>** : le volume en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai

**V<sub>2</sub>** : le volume en millilitre, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

**f** : c'est le facteur de correction utilisé, est égale à **16**

### Dosage des Nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique selon la norme T90-012. La méthode est la suivante :

- Introduire 10 ml d'échantillon à analyser dans une fiole de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium,
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée,
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium qui développe une coloration jaune.

**Lecture :**

Le résultat est donné directement au spectrophotomètre UV-Visible (Hach Odyssey) en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

### Dosage des nitrites

Le dosage des nitrites s'effectue par spectrophotométrie d'absorption moléculaire selon la norme ISO 6777.

- Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser,
- Ajouter 1ml du réactif coloré,
- Homogénéiser immédiatement et laisser reposer au moins 20 mn,

#### **Lecture :**

- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .
  - Effectuer la mesure spectrométrique à une longueur d'onde de 540.
- La concentration en nitrate est donnée par milligramme par litre (mg/l).

### Dosage d'Ammonium

Le dosage de l'ammonium s'effectue par spectrophotométrie moléculaire selon la norme ISO 7150/1. Le mode opératoire est le suivant :

- Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser,
- Ajouter dans l'ordre :
  - ✓ 4 ml du réactif coloré, homogénéisé,
  - ✓ 4 ml du réactif de Dichloro isocyanurate de sodium, et homogénéiser,

#### **Lecture :**

- Après 60 mn, virage de la couleur de l'eau de l'échantillon à analyser vers la couleur verte,
- Effectuer la mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde de 655.
- Lecture de la valeur sur l'écran de l'appareil en mg/l.

### Dosage des phosphates

Le dosage des phosphates est réalisé par la méthode au molybdate d'ammonium selon la norme ISO 6878 en suivant ce mode opératoire:

- Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajoutersuccessivement :
  - ✓ 1 ml d'acide ascorbique
  - ✓ 2 ml d'heptamolybdate d'ammonium
- Agiter quelque secondes et après un temps entre 10 à 30 minutes attendre le développement de la couleur.

**Lecture :**

Si une coloration bleu est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm. La concentration des phosphates est affichée sur l'écran en mg/l.

**I.3.2.4- Paramètres indésirables****✚ Dosage de l'Aluminium**

Réaction de l'aluminium avec l'eriochrome cyanine à un pH de 5,9 en présence d'acétate d'ammonium

- Verser 25 ml d'échantillon à analyser dans une fiole de 50 ml,
- Ajouter à chaque les réactifs dans l'ordre suivant :
  - ✓ 0,5 ml de thiosulfate de sodium 0,028 N et agiter,
  - ✓ 1 ml d'acide ascorbique concentration 10g/l,
  - ✓ 1 ml d'acide sulfurique 0,04 N,
  - ✓ 10 ml de la solution tampon pH 6,2,
  - ✓ 5 ml de la solution fille d'eriochrome cyanine
- Compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée, homogénéiser et laisser reposer 10 minutes

**Lecture :**

La lecture se fait sur spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 535nm

Le résultat est exprimé en milligramme par litre (mg/l).

**✚ Dosage du fer :**

Le dosage du fer est effectué par la méthode spectrométrique à la phénanthroline selon la norme ISO 6332

- Verser 50 ml de l'échantillon à analyser dans un Erlen Meyer de 100 ml,
- ajouter 1 ml de la solution chlorure d'hydroxylamine et mélanger soigneusement,
- Ajouter 2 ml de la solution tampon d'acétate pour obtenir un pH entre 3,5 et 5,5,
- Ajouter 2 ml de la solution phénanthroline et conserver pendant 15 minutes à l'obscurité,

**Lecture :**

- ✓ Effectuer la lecture spectrométrique à la longueur d'onde 540 nm.
- ✓ Le résultat est exprimé en mg/l.

### I.3.3-Analyses microbiologiques

#### ❖ Méthode de filtration sur membranes

Pour les analyses bactériologiques, on a utilisé la méthode par filtration et dans le but d'éliminer le risque de contamination il est important de passer par les étapes suivantes :

- Stériliser l'ensemble du système de filtration.
- Stériliser les pinces à bout plat permettant de saisir les membranes sans les altérer.
- Après utilisation de la rampe à filtration, rincé avec de l'eau stérile, l'ensemble de l'appareil, en particulier les bords internes du godet.

#### ❖ Dilutions

Nous avons effectué des dilutions de 1/10 et 1/100 à partir de la suspension mère afin de minimiser la charge.

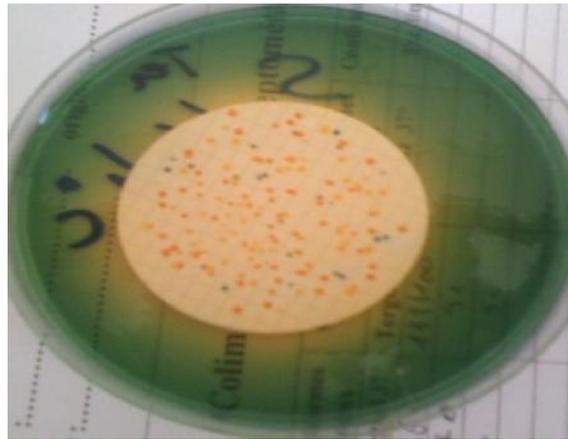
#### ✚ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux à partir de l'eau à analyser en milieu solide selon la norme ISO 9308-1. Elle s'effectue comme suit :

- ✓ Mettre en place de façon aseptique les membranes de porosité de 0,45 µm
- ✓ verser 100 ml d'eau à analyser, puis actionner la pompe à vide
- ✓ Retirer les membranes à l'aide de la pince, et les déposer sur la surface des boîtes de pétri contenant la gélose Tergitol TTC ;
- ✓ Incuber les boîtes à 37°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, et à 44°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants).

#### Lecture:

- Après incubation, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses, légèrement bombées.
- Le nombre de colonies trouvé sera exprimé en UFC par 100 ml d'échantillon.



**Figure 5 :** Colonies de coliformes fécaux (photo originale)

### **🔧 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

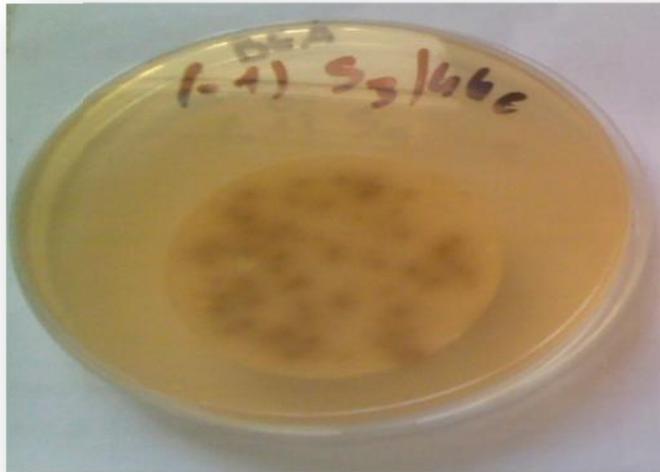
La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux sont réalisés par filtration en milieu solide selon la norme ISO 7899-2. Le mode opératoire est le suivant :

- ✓ Verser aseptiquement 100 ml d'eau à analyser puis actionner la pompe à vide.
- ✓ Retirer la membrane à l'aide de la pince stérile, et la déposer à la surface d'une boîte de pétrie contenant la gélose SLANETZ et BRATLEY.
- ✓ Incuber à 37°C, pendant 24 heures.

#### **Lecture :**

- Après incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées.
- Un test de confirmation consiste à prendre aseptiquement le filtre puis le déposer sur gélose BEA et incuber à 44°C, pendant 24 heures. Les colonies de Streptocoques apparaîtront alors sous forme de petites colonies noires légèrement bombées et lisses.

Le calcul du nombre d'unités formant colonies (UFC) par 100 ml d'échantillon est effectué à partir du nombre de colonies formées.



**Figure 6** : Colonies de streptocoques fécaux (photo originale)

#### **✚ Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réductrices :**

La recherche et l'identification des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) par incorporation en gélose en tubes profonds selon la norme ISO 6222.

A partir de l'eau à analyser :

- ✓ Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage au bain marie à une température de 75°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- ✓ Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- ✓ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ✓ Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, additionnée de leurs additifs spécifiques, l'alun de fer et sulfite de sodium.
- ✓ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- ✓ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures

**Lecture :**

- La première lecture doit être absolument faite à 24 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes. La deuxième lecture se fera à 48 heures.
- Dénombrer toutes colonies noires ayant poussé en masse après 48 heures et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes.



**Figure 7:**Spores d'ASR (photo originale)

**🚦 Recherche de *Salmonella***

La recherche et l'identification de *Salmonella* en milieu liquide à partir de l'eau à analyser, selon la norme 6348.

**➤ Premier enrichissement :**

A partir de l'eau à analyser, prendre 100 ml dans un flacon SFB qui sera incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures

**Lecture :**

- le résultat est considéré positif si il ya virage de la couleur vers l'orange,.

➤ **Deuxième enrichissement et isolement :**

A partir des tubes positifs, faire un deuxième enrichissement sur le milieu SFB et un isolement sur milieu Hecktoen, ensuite, les incubent à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture et identification biochimique :**

S'il y a présence de colonies verdâtre avec un pigment noir au centre, passé à une identification biochimique en utilisant la galerie Api 20<sup>E</sup>

 **Recherche de *Vibrio cholerae***

La recherche est l'identification de *Vibrio cholerae* à partir de l'eau à analyser selon la norme ISO/ TS 21 872-1, par méthode liquide

➤ **Premier jour : Enrichissement primaire**

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures

➤ **Deuxième jour : Enrichissement secondaire et isolement**

Ce flacon fera l'objet :

- ✓ d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml
- ✓ d'autre part, d'un isolement sur Gélose Nutritive Alcaline Biliée (GNAB).

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

➤ **Troisième jour : Lecture des boîtes et identification**

D'autre part, la boîte de gélose GNAB subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques, après passer à l'identification biochimique en utilisant la galerie Api 20E pour confirmer l'espèce.

### 🚩 Recherche de *Staphylococcus aureus*

La recherche et l'identification de l'espèce *Staphylococcus aureus* par filtration à partir de l'eau à analyser, selon la norme NF T 90 – 421

- ✓ filtrer 100 ml d'eau à analyser et actionner la pompe à vide
- ✓ Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et l'introduire dans la boîte de pétri comportant la gélose Chapman.
- ✓ Cette dernière sera incubée à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 heures.

#### **Lecture :**

Après incubation, les *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc.



**Figure 8 :** Colonies de *Staphylococcus* (photo originale)

#### ➤ **Test de catalase**

Placer séparément deux gouttes d'une solution de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  sur une lame de microscope. Prélever une demi-colonie avec la pipette Pasteur et l'émulsionner doucement dans une des deux gouttes.

Observer immédiatement à l'œil nu :

- s'il y a apparition de bulles d'air cela signifie que le test de catalase est positif
- s'il n'y a pas d'apparition de bulle d'air cela signifie que le test de catalase est négatif

➤ **Test à la coagulase**

Après incubation, prendre aseptiquement une demi-colonie dans un tube stérile à hémolyse contenant 0,3 ml de plasma de lapin et incuber de nouveau à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 2 à 6 h.

Examiner la coagulation du plasma de lapin sinon ré-incuber et examiner de nouveau à  $20 \pm 4^\circ\text{C}$

🚩 **Recherche de *Pseudomonas aeruginosa***

La recherche et l'identification de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa* par filtration à partir de l'eau à analyser selon la norme NF EN 12780 et le protocole suivant :

- ✓ Filtrer aseptiquement 100 ml de l'échantillon à analyser puis activer la pompe à vide.
- ✓ Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et la disposer sur la surface d'une boîte de pétri comportant la gélose Cétrimide.
- ✓ Incuber la membrane à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 heures.

**Lecture :**

Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1,5 à 2 mm, un contour circulaire, une surface lisse et brillante, une couleur blanc crème, un aspect muqueux et sont parfois déjà accompagnées d'une production de pigment bleu-vert qui commence à diffuser avec émission de fluorescence sous U.V.



**Figure 9 :** Colonies de *Pseudomonas*(photo originale)

### **Identification :**

Pour la confirmation de *Pseudomonas aeruginosa*, on effectue la recherche des pigments spécifiques, le pyocyanine et le pyoverdine.

L'élaboration des pigments est influencée par la composition du milieu, ce qui justifie l'utilisation de deux milieux différents : le King A et le King B.

Ensemencer les deux milieux King A et King B en faisant une strie médiane à la surface de la gélose. Fermer les tubes sans serrer et incuber à 36°C pendant 24 heures.

La présence de pigments diffusibles se traduit par l'apparition d'une couleur qui peut diffuser sur toute la pente.

**Sur le milieu King A :** les colonies typiques sur ce milieu sont colorées en bleu-vert,

**Sur le milieu King B :** la production de pyoverdine se manifeste par une coloration jaune-verte.

## II. RESULTATS ET DISCUSSION

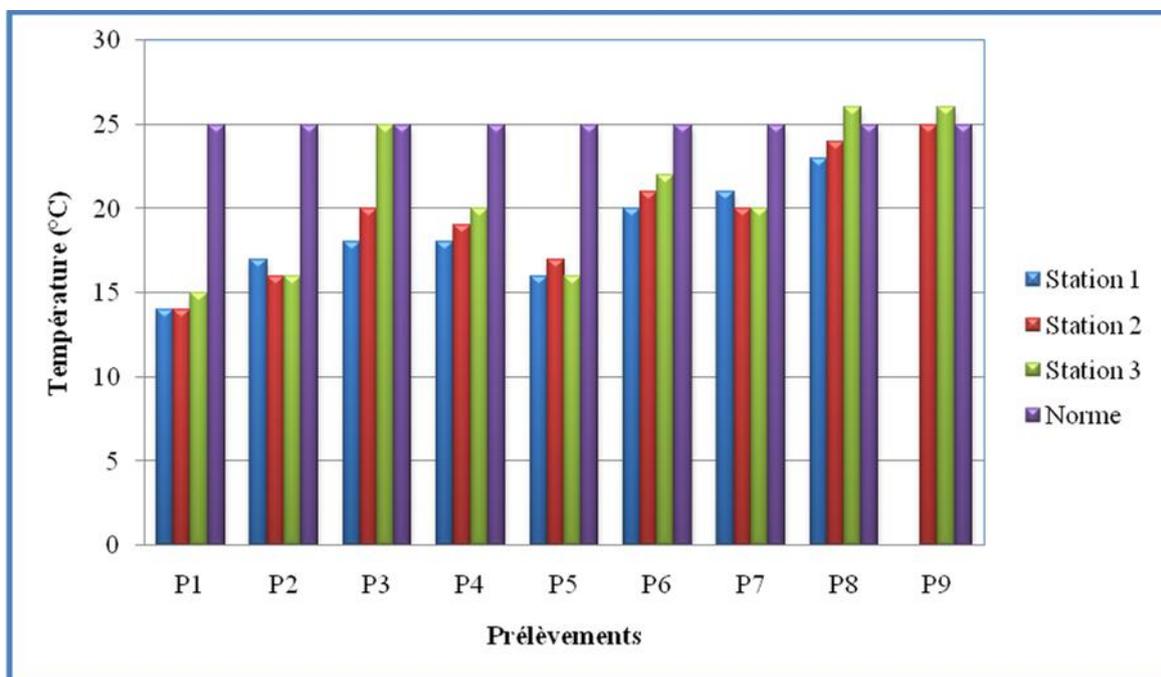
### II.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques réalisés sur les eaux de l'oued El-Belleh sont consignés dans le tableau IX en annexe I. Ces résultats seront comparés aux normes des eaux superficielles de l'OMS (2002, 2011) et celles du JORA (2011, 1994).

#### II.1.1-Paramètres physiques

##### 🌡️ Température

Dans cette étude, la température présente des moyennes de 18,37°C (Station 1), 19,55°C (Station 2), et 20,66°C (Station 3) et ne montre pas de grandes variations entre les stations. La valeur minimale de 14°C est enregistrée au niveau de la station 1 et la station 2 et la valeur maximale de 26°C est enregistrée au niveau de la station 3 dépassant de peu la norme fixée par JORA (25°C) (Figure 10).



**Figure 10 :** Variation de la température.

En effet, la température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**RAMADE,**

1993). Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques. (ANGELIER, 2003).

D'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (RODIER, 1984).

### 🚦 potentiel d'Hydrogène

Les eaux de l'oued El-Belleh ne montrent pas de variations importantes de pH et ont tendance à être légèrement neutre à alcaline avec des moyennes de 7,9 dans la station 1 et la station 2 et 7,8 dans la station 3 (Figure 11).

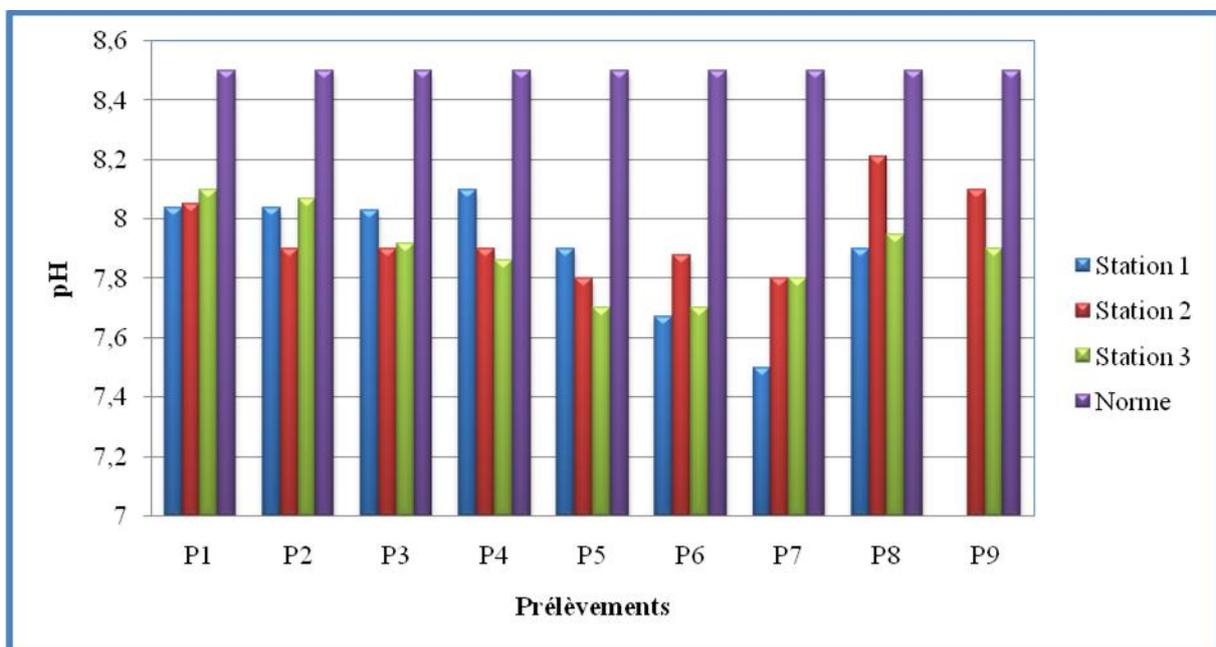


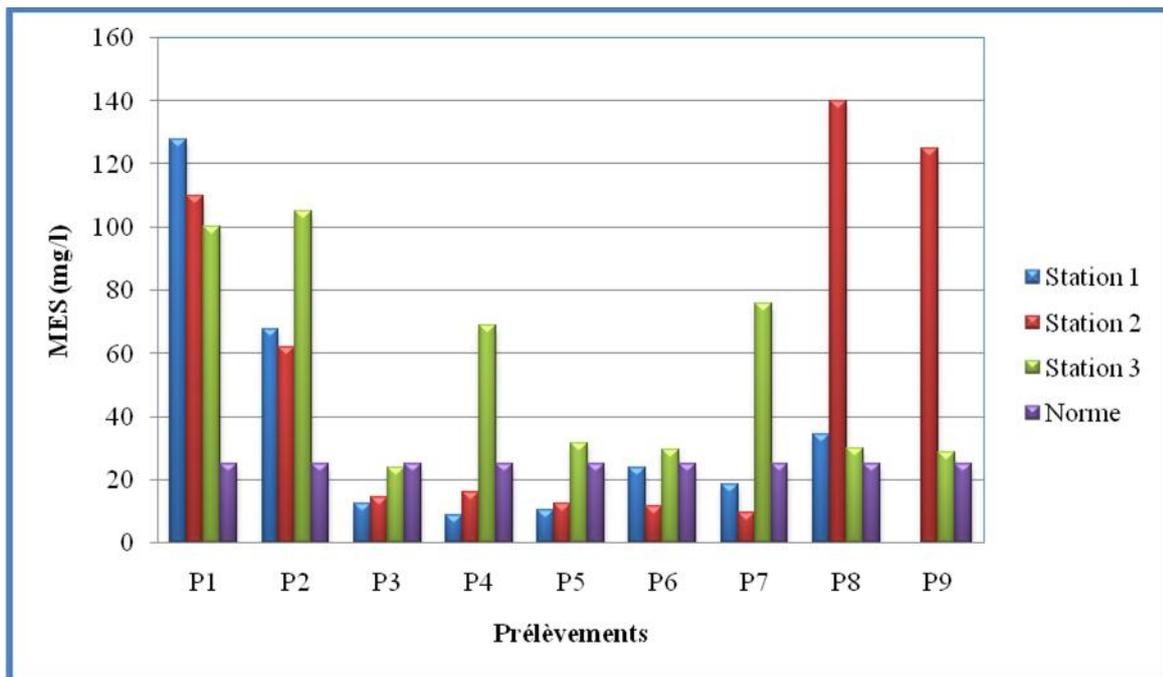
Figure 11 : Variation du pH

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Les valeurs se situent entre 6 et 8.5 dans les eaux naturelles (CHAPMAN ET KIMSTACH, 1996), d'où la conformité des valeurs obtenues dans cette étude.

Selon RODIER *et al.*, (2009), le pH de l'eau est influencé par la température, l'oxygène dissous, la minéralisation totale et bien d'autres facteurs.

### 🚦 Matières en suspension

D'après la figure 12, les concentrations moyennes des matières en suspension varient entre 38,5 mg/l (S1), 55,66 mg/l (S2) et 54,97 mg/l (S3). Ces moyennes sont supérieures à la norme des eaux de surface fixée à 25 mg/l par la réglementation algérienne (JORA, 2011).



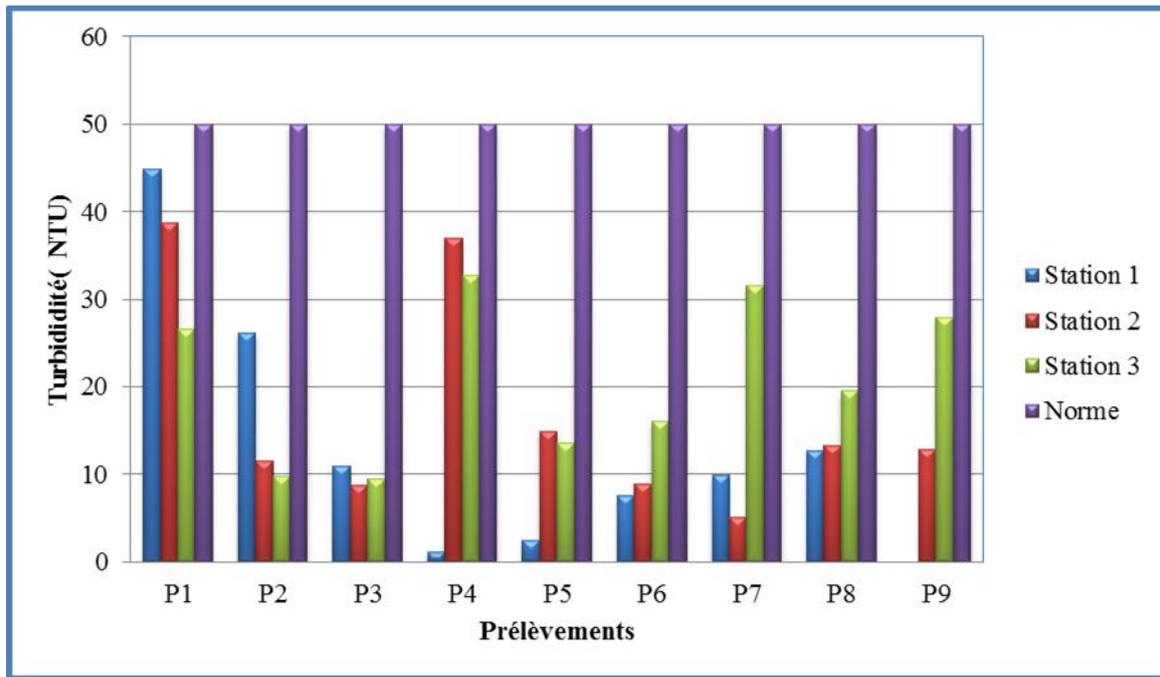
**Figure 12 :** Variation des matières en suspension

Les fortes charges enregistrées au cours du premier prélèvement sont probablement le résultat des pluies torrentielles ce qui conduit à l'érosion du bassin versant et la forte charge de 140 mg/l trouvée au niveau de la station 2 en prélèvement 1 est due principalement aux déchets déversés au niveau de cette station.

Toutes les eaux superficielles contiennent des matières en suspension. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**RODIER, 1996**). Des teneurs de quelques mg/l ne posent pas de problèmes majeurs (**MEBARKI, 1982**). Par contre, des teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution (**HEBERT et LEGARE, 2000**).

#### Turbidité

La figure (13) illustre des fluctuations d'une station à une autre. Nous avons enregistré des moyennes qui varient entre 14,7 NTU (station 1), 16,76 NTU (station 2) et 20,77 NTU (station 3). Les valeurs les plus élevées sont signalées à la station 1 (44,9 NTU) et la station 2 (38,7 NTU) pendant le premier et le quatrième prélèvement suite à des pluies orageuses.

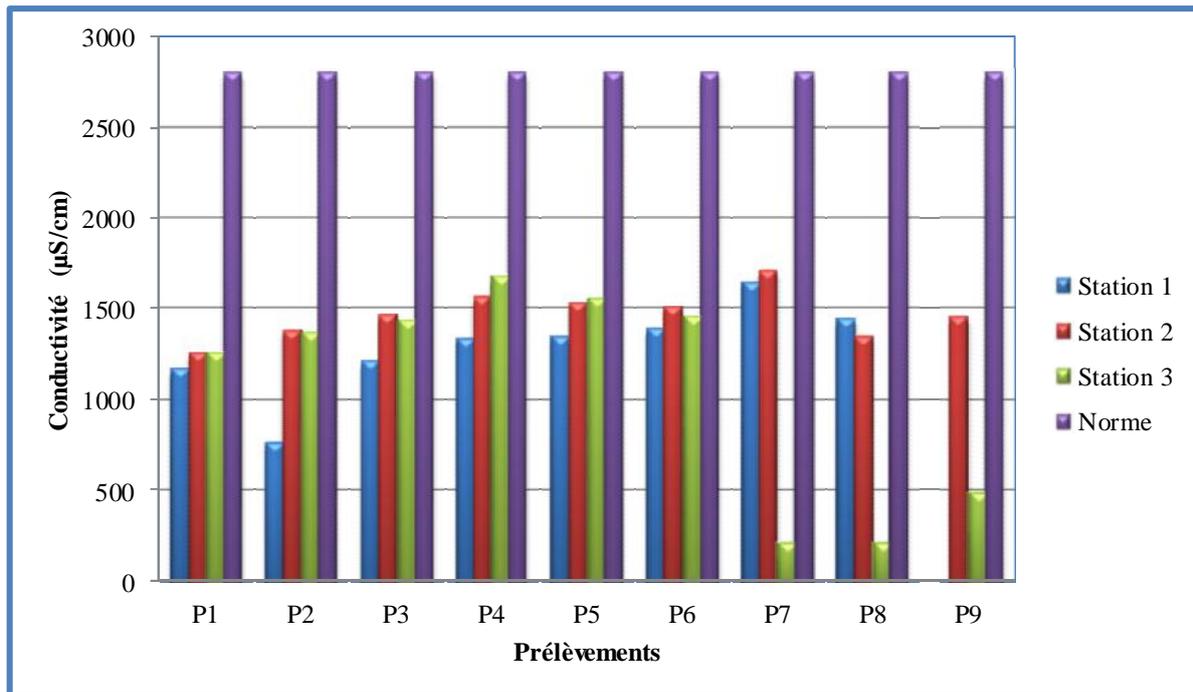


**Figure 13** : Variation de la turbidité.

Selon **JESTIN (1996)**, la turbidité est due aux particules colloïdales ou en suspension dans l'eau.

#### Conductivité

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant notre étude (figure 14) varient entre 218  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1719  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs restent inférieures aux normes algériennes (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Figure 14 :** Variation de la conductivité.

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (**FRANK et KEMMER, 1992**). Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (**MENS et DEROUANE, 2000**).

L'augmentation de la conductivité durant la période chaude peut être liée au faible débit de l'oued ce qui entraîne une augmentation de la concentration en sels minéraux (**REJSEK, 2002**).

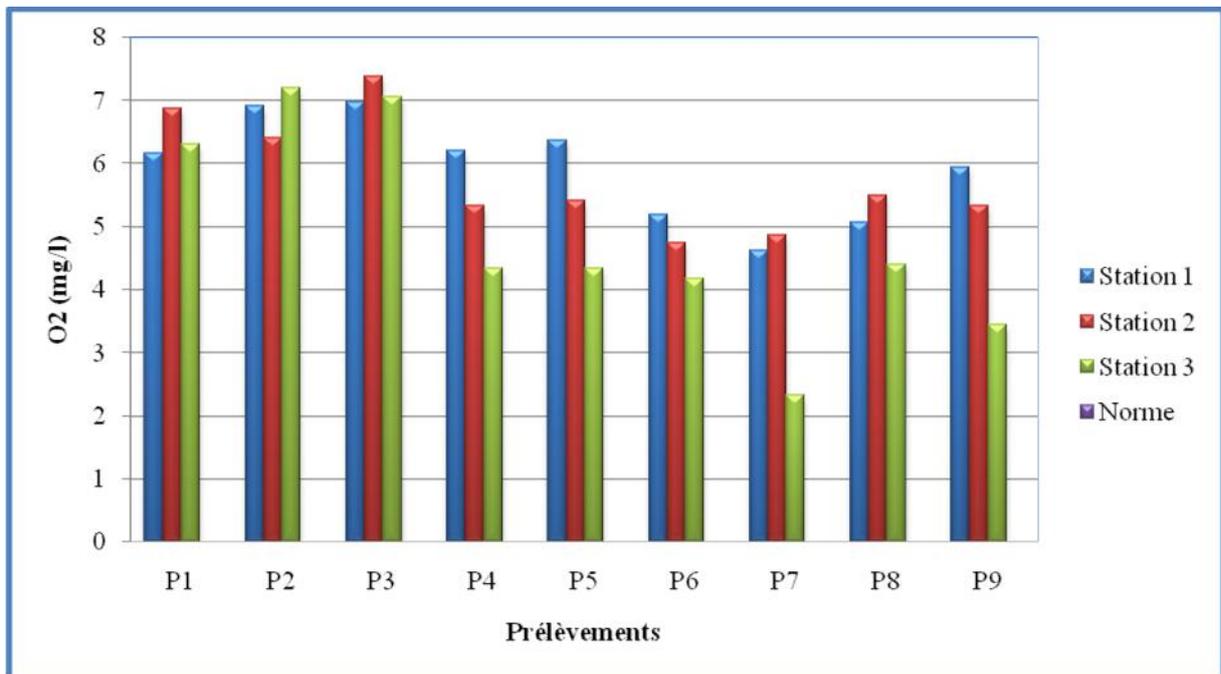
En se référant à la grille de la qualité des eaux de rivières (**MONOD, 1989**) (Voir Tableau IV). Les eaux de l'oued El-Belleh sont qualifiées de passable à médiocre.

**Tableau N° IV :** Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Conductivité électrique (µS/cm)	Qualité des eaux	Classe
CE 400	Bonne	1A
400 CE 750	Bonne	1B
750 CE 1500	Passable	2
1500 CE 3000	Médiocre	3

### Oxygène dissout

Globalement, la teneur en oxygène diminue de l'amont vers l'aval. D'après la Figure n° 15, nous avons enregistré un maximum de 7,39 mg/l en prélèvement 3 au niveau de la station 2 et un minimum de 2,33 mg/l au niveau de la station 3 en prélèvement 7 avec des moyennes de 5,9 dans la station 1, 5,7 mg/l dans la station 2 et 4,8 dans la station 3.



**Figure 15 :** Variation de l'oxygène dissout.

L'évolution de l'oxygène dissout dans les eaux de l'oued traduit une nette dégradation de la qualité des eaux en aval de l'oued et montre des concentrations plus élevées en période humide que celles en période sèche. Selon **HEBERT et LEGARE (2000)**, l'augmentation de la teneur en oxygène pendant la saison humide est due à la diminution de la température de l'eau; car une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissout qu'une eau chaude.

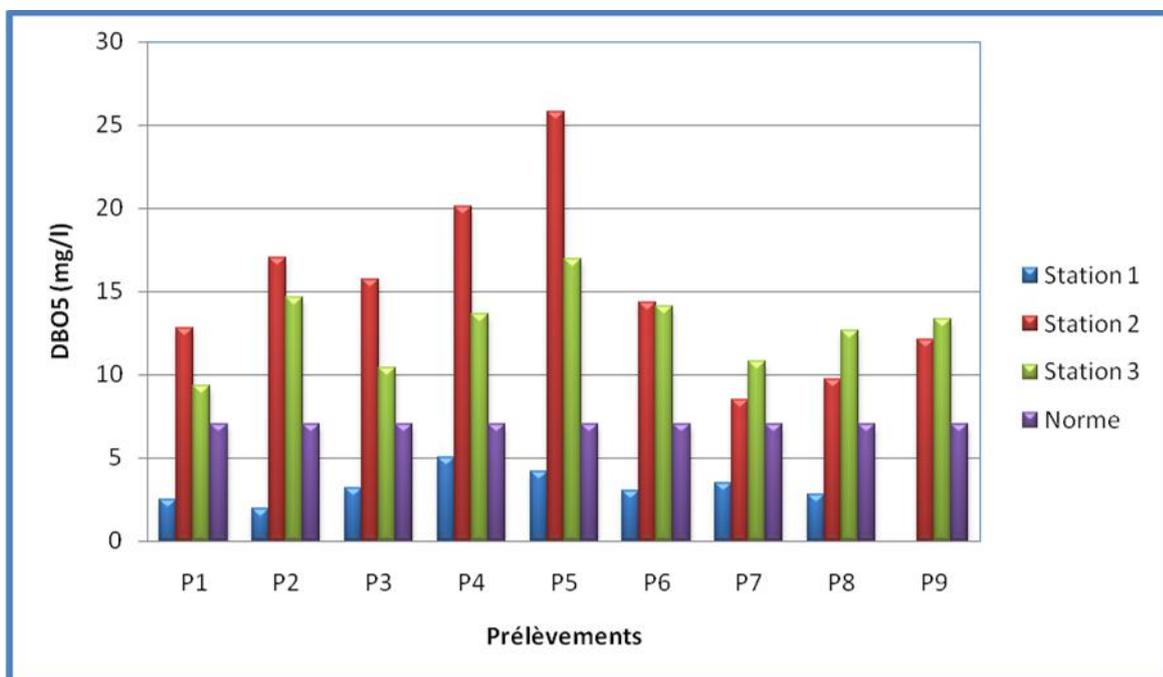
L'oxygène est un facteur essentiel à la vie aquatique, en particulier aux organismes assurant l'autoépuration des rivières, ce qui fait de cet élément un bon indicateur de pollution d'un cours d'eau et du suivi de son autoépuration (**DERWICH et al, 2008**). La saturation en oxygène de l'eau est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau. Plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante (**LEYNAUD, 1980**).

## II.1.2-Paramètres chimiques

### 🚩 Demande biochimique en oxygène

Les teneurs moyennes de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) varient entre 3,26 mg/l (Station 1), 15,11 mg/l (Station 2) et 12,84 mg/l (Station 3) montrant ainsi un gradient croissant de l'amont vers l'aval. (Figure 16)

La valeur minimale est de 1,9 mg/l enregistrée au niveau de la station 1 et la valeur maximale est de 25,8 mg/l trouvée au niveau de la station 2. Cette dernière est supérieure à la norme de 7 mg/l fixée par la réglementation algérienne (JORA, 2011).



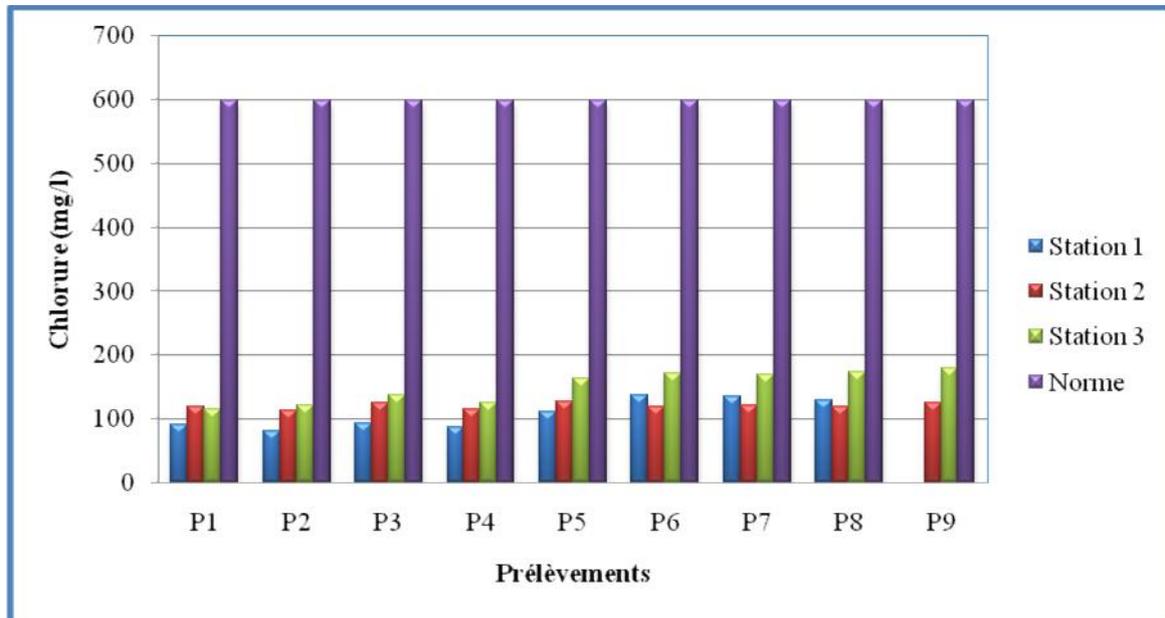
**Figure 16 :** Variation de la demande biochimique en oxygène

Selon **METAHRI (2012)**, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. **LECLERCQ ET MAQUET (1987)**, constate que le seul paramètre en relation directe avec la pollution organique est la DBO<sub>5</sub>.

### 🚩 Chlorure :

Les teneurs moyennes en chlorures fluctuent entre 107,9mg/l (S1), 119,77mg/l (S2) et 151,07mg/l (S3) montrant un gradient croissant de l'amont vers l'aval. Durant toute la

période d'étude, les teneurs en chlorures sont inférieures aux normes JORA (2011) fixées à 600 mg/l (figure : 17).



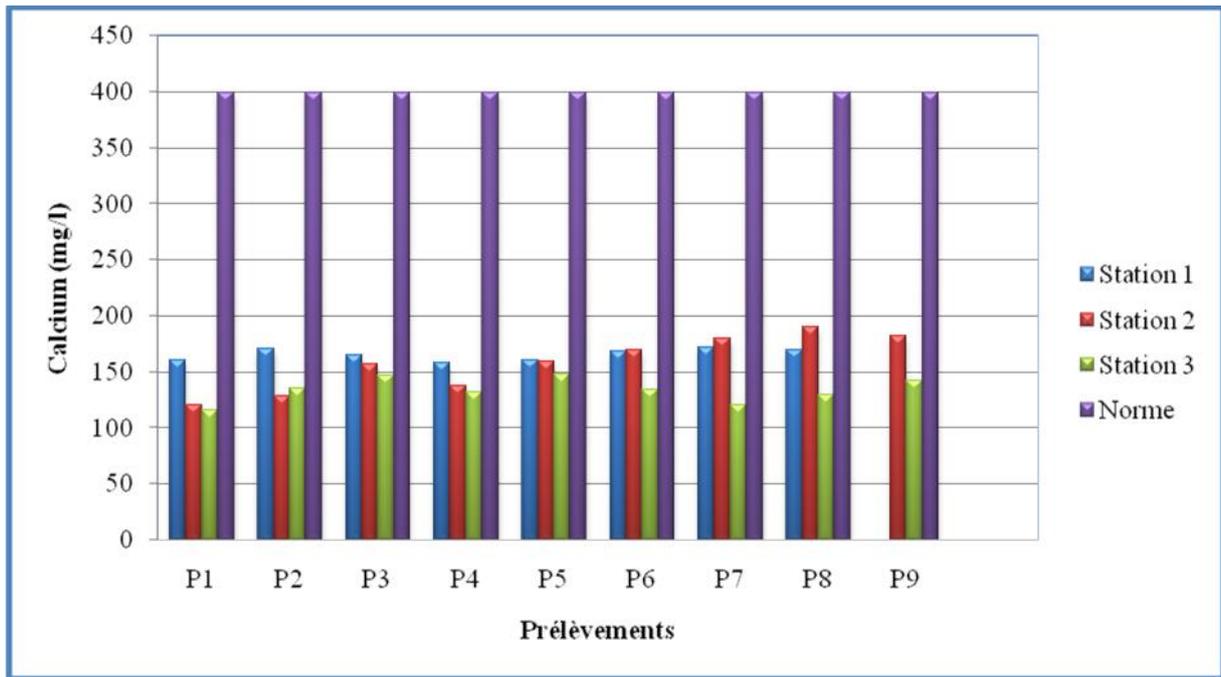
**Figure 17 :** Variation des chlorures.

Ces éléments sont très répandus dans la nature. Leur teneur dans les eaux est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés. Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des teneurs variables (ABDOULAYE *et al.*, 2013).

Selon BELGHITI *et al.*, (2013), des eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives.

#### Calcium

L'eau de l'oued El-Belleh (figure 18) présente des valeurs moyennes de 165,8 mg/l (S1), 159,24mg/l (S2) et 134,08 mg/l (S3). Un minimum de 116,24 mg/l est enregistré au niveau de la station 3 pendant la saison humide et un maximum de 190,84 mg/l au niveau de la station 2 durant la période sèche. Néanmoins, ces teneurs restent inférieures à la norme de 400 mg/l fixée par l'OMS (2008).

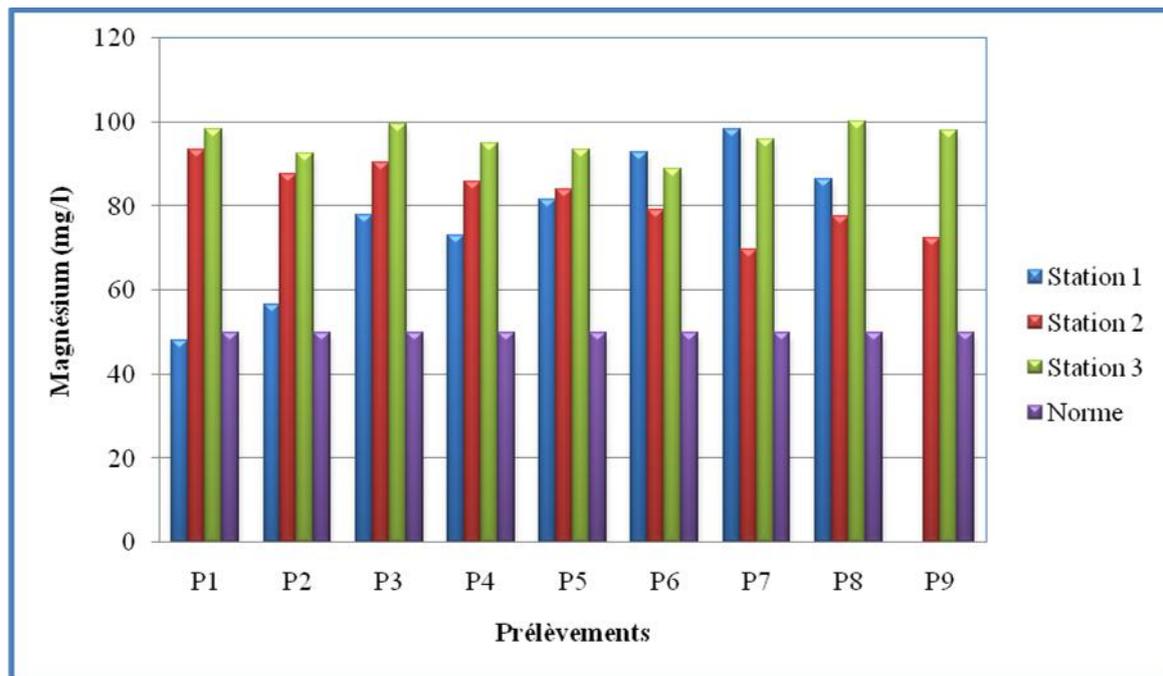


**Figure 18 :** Variation de calcium

Constituant cationique le plus dominant des eaux superficielles, il se présente généralement sous forme de bicarbonates  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)$  solubles. (BREMOND et VUICHARD, 1973). L'ion calcium joue aussi un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques. En effet, il entre dans la constitution des squelettes et coquilles, et dans les phénomènes de perméabilité cellulaire (GAUJOUS, 1995).

### Magnésium

Les teneurs en magnésium sont assez proches les unes des autres (figure 19) avec des moyennes de 76,85mg/l (S1), 82,22mg/l (S2), et 95,78mg/l (S3) indiquant un gradient croissant de l'amont vers l'aval. Les valeurs maximales fluctuent entre 98,4 mg/l et 100,23 mg/l dépassant largement la norme de 50 mg/l fixée par l'OMS (2008).

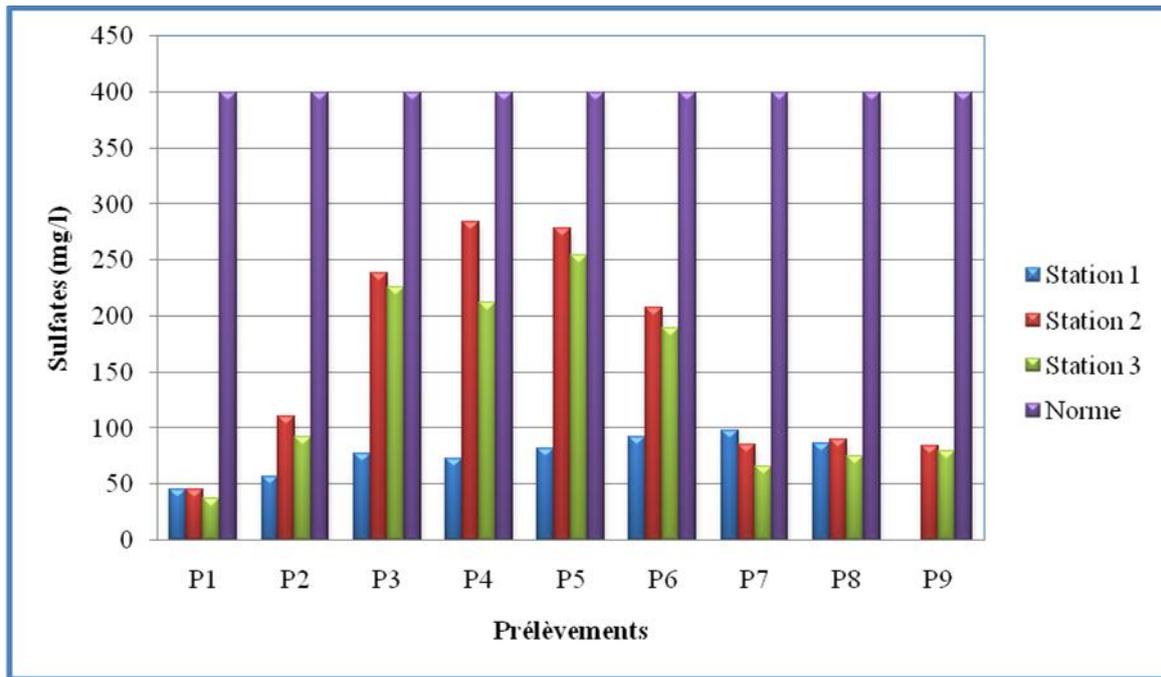


**Figure 19** : Variation du magnésium

Pour le magnésium comme pour le calcium, sa concentration est en fonction de la nature géologique des terrains traversés, ils contribuent à la dureté totale sans être l'élément majeur (CHERBI, 2009).

#### Sulfates

Les concentrations moyennes des sulfates (figure 20) varient entre 219,74mg/l (S1), 158,39mg/l (S2) et 136,92mg/l (S3). Les teneurs maximales varient globalement entre 283,9 mg/l et 396,12 mg/l et restent inférieures à la norme de 400 mg/l fixée par la réglementation algérienne (JORA, 2011).



**Figure 20 :** Variation des sulfates

Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates et leur concentration est généralement comprise entre 2.2 mg/l et 58 mg/l (MEYBECK *et al.*, 1996). Les résultats obtenus dans cette étude sont en contradiction puisque les teneurs étaient largement supérieures à ces valeurs.

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques notamment le gypse, mais également la pyrite (FeS) et plus rarement les roches magmatiques (galène, blende, pyrite), (ABBOUDI *et al.*, 2014).

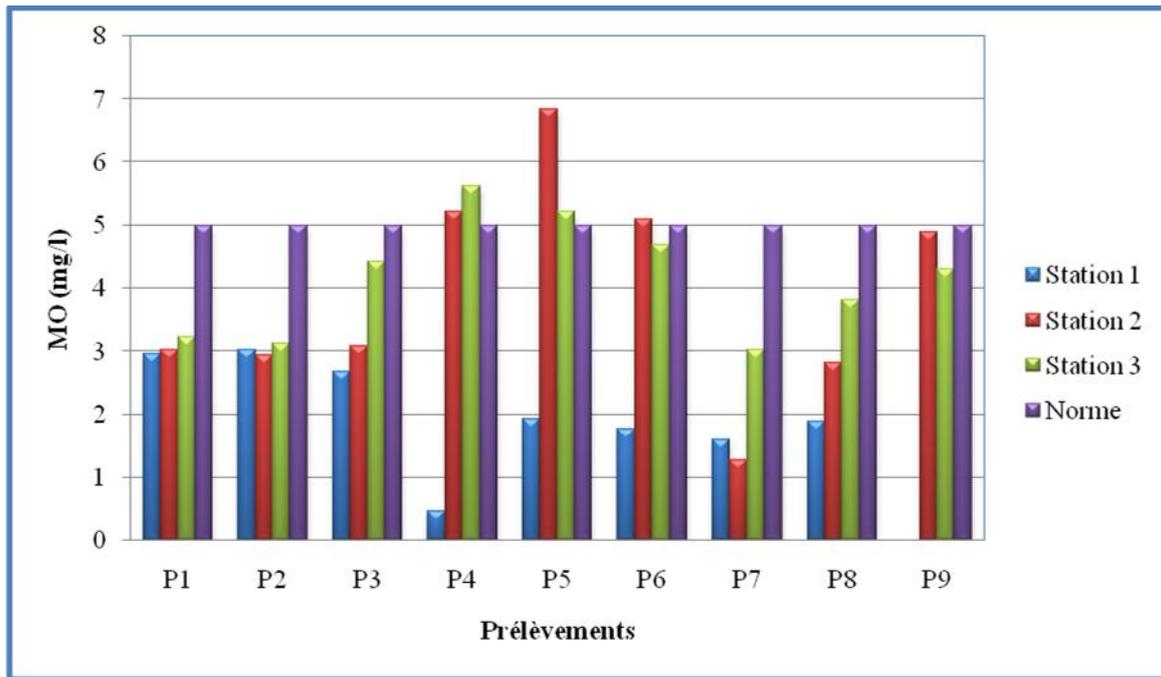
Ces fortes teneurs en sulfate dans la zone d'étude peuvent être engendrées par les activités agricoles et probablement la source principale est la nature des terrains traversés.

### II.1.3- Paramètres de pollution

#### 🚩 Matière organique

Les teneurs moyennes de la matière organique (MO) varient entre 2,03mg/l (S1), 3,78mg/l (S2) et 4,24mg/l (S3), ce qui montre un gradient croissant de l'amont vers l'aval. (Figure 21)

La valeur la plus élevée est de 6,84 mg/l enregistrée au niveau de la station 2 durant le cinquième prélèvement. Cette valeur est supérieure à la norme 5mg/l recommandée par l'Agence française des normes (AFNOR).



**Figure 21 :** Variation de la matière organique

Selon **HAMED et al., (2012)**, les matières organiques (MO) susceptibles d'être rencontrées dans les eaux constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes sans négliger l'apport des effluents domestiques et les rejets des eaux usées.

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique (**BERN et JEAN, 1991**).

#### **Nitrate**

Les teneurs en nitrates des différentes stations échantillonnées faibles ne dépassent pas 0,8 mg/l (Tab: 05). Ces teneurs sont largement inférieures à la norme (50 mg/l) recommandée par la réglementation algérienne (**JORA, 2011**).

**Tableau N° V :** Teneurs des nitrates

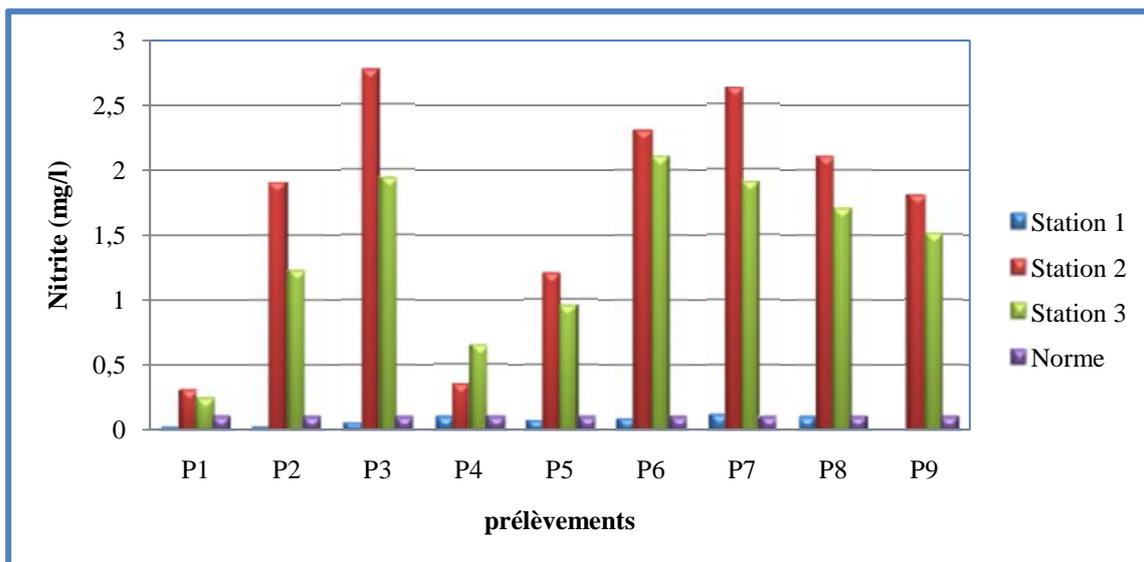
Prélèvements Stations	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	moyenne
S1	0,13	0,11	0,09	0,05	0,09	0,1	0,08	0,1	-	0,093
S2	0,17	0,2	0,32	0,27	0,3	0,43	0,35	0,4	0,48	0,32
S3	0,05	0,03	0,2	0,17	0,37	0,54	0,89	0,76	0,8	0,42
Norme	50 mg/l									

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par la décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (SAMAK, 2002).

En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l (BONTOUX, 1979). Les valeurs obtenues sont donc largement inférieures à ces limites. Ces teneurs très faibles à nulles laissent à prédire que cet élément ne constitue pas un risque de pollution pour les eaux de surface de l'oued El-Belleh.

### Nitrite

La valeur minimale enregistrée au niveau de la station 1 est de 0,02 mg/l et la valeur maximale est trouvée dans la station 2 (2,76 mg/l). Les résultats de notre étude révèlent que les teneurs en nitrites dépassent la norme de l'OMS (2002) fixée à 0,1 mg/l (Figure 22).



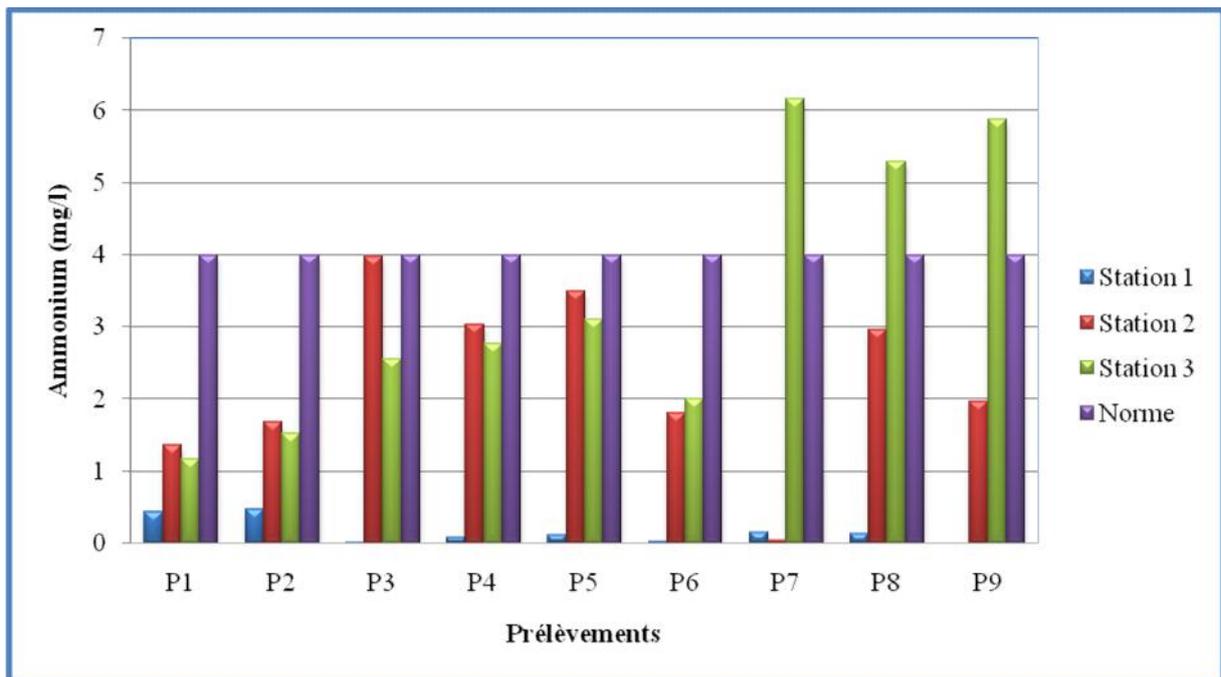
**Figure 22 :** Variation des nitrites

D'après BENGOUMI et al., (2004), les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac.

### Ammonium

Les concentrations moyennes en ion ammonium au niveau des stations étudiées (figure 23) sont comprises entre 0,18 mg/l à la station 1, 2,25 mg/l à la station 2 et 3,38 mg/l à la station 3 montrant un gradient croissant de l'amont vers l'aval.

La valeur minimale est de 0,02 mg/l (enregistrée au niveau de la station 1 en prélèvement 3) et la valeur maximale est de 6,16 mg/l (trouvée au niveau de la station 3 en prélèvement 7) dépassant ainsi la norme recommandée par la réglementation algérienne (4 mg/l).



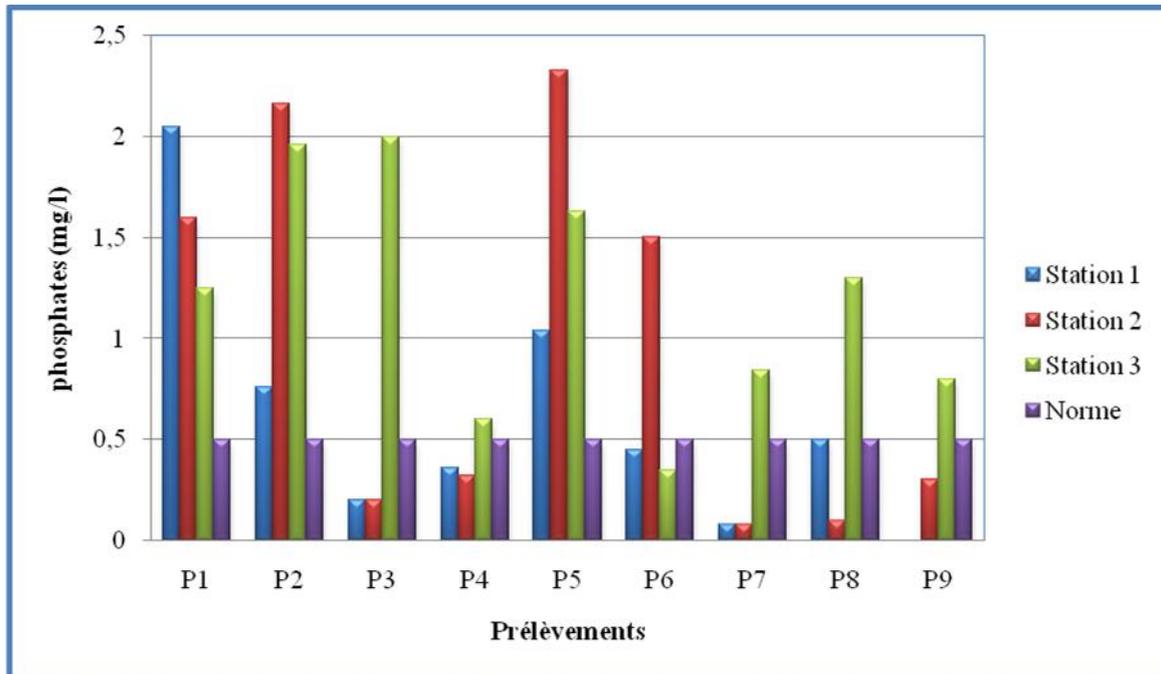
**Figure 23 :** Variation de l'ammonium.

Nous notons une faible teneur en ammonium au niveau de la station 1 durant toute la période d'étude par rapport les stations 2 et 3 ce qui implique que l'eau dans cette station est faiblement polluée en ammonium. Cependant, les concentrations élevées trouvées au niveau des stations 2 et 3 sont le résultat des rejets d'effluents domestiques des agglomérations limitrophes et les déchets déversés dans les mêmes stations.

Cet élément constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans toutefois négliger les apports d'origine domestique, agricole et industrielle, (ABBOUDI *et al.*, 2014).

### Phosphates

Les concentrations des phosphates sont variables d'une station à une autre et d'un prélèvement à un autre (figure 24). Les teneurs moyennes varient entre 0,68 mg/l dans la station 1, 0,95mg/l dans la station 2, et 1,19mg/l dans la station 3 montrant un gradient croissant de l'amont vers l'aval.



**Figure 24 :** Variation des phosphates

Ces valeurs sont très élevées par rapport aux teneurs recommandées par la norme de l'OMS (2011) qui inférieure à 0,5 mg/l.

Notons que la présence des phosphates dans les eaux peut être d'origine organique ou minérale. Le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents (TARDAT-HENRY, 1992).

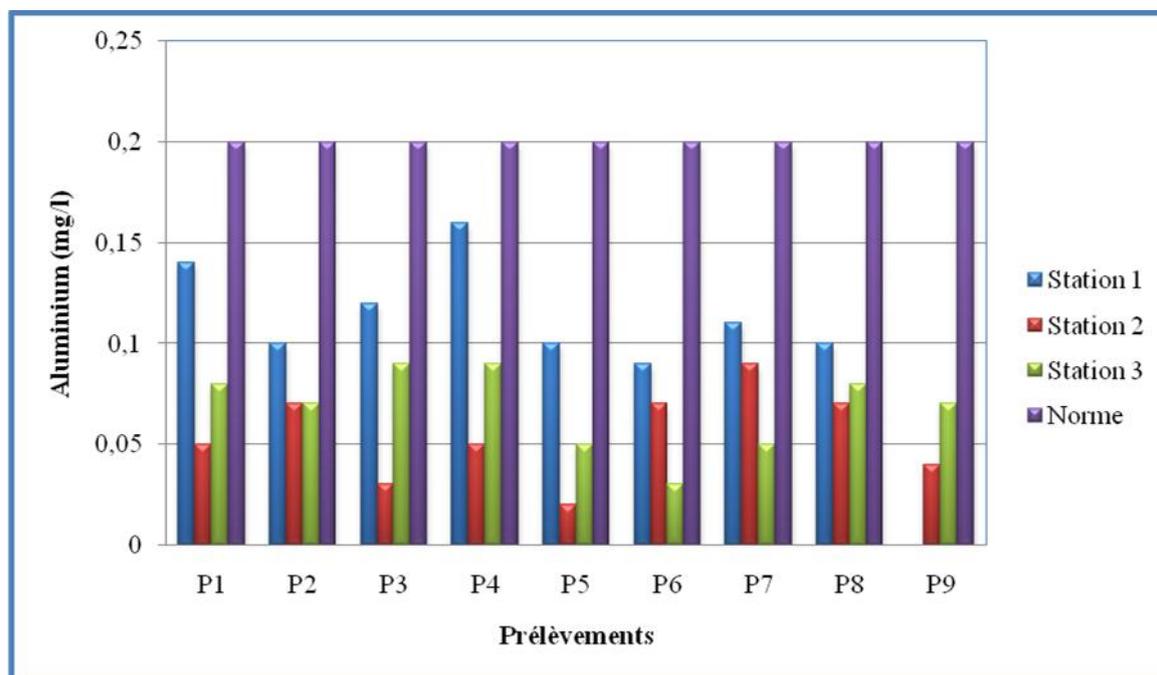
Les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner leur eutrophisation (VILAIN, 1989).

#### II.1.3- Paramètres indésirables

### Aluminium

Les concentrations en aluminium varient entre 0,02 mg/l et 0,16 mg/l. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station 1. Les résultats de notre étude (figure 25)

révèlent que les teneurs en aluminium sont faibles et ne dépassent pas la norme de 0,2 mg/l de l'OMS (2011).



**Figure 25** : Variation de l'aluminium

Selon **GERMAIN et al (1976)**, la présence de l'aluminium (Al) dans l'eau peut être d'origine naturelle. Sa présence peut augmenter la coloration de l'eau en présence de fer.

#### **+** Fer

Les concentrations du fer fluctuent entre 0,01 mg/l enregistré dans la station 1 en période humide et 0,5 mg/l trouvé dans la station 2 en période sèche. Ces valeurs restent inférieures à la norme recommandée par la réglementation algérienne (1 mg/l) (Tableau : IX, annexe 1).

Les teneurs de fer enregistrées durant notre étude peuvent avoir pour origine la nature des terrains traversés. Le fer ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) (**RODIER et al., 1996**).

#### **\* Indice de pollution organique (IPO)**

D'après le Tableau VI, les valeurs calculées des différents indices de la pollution organique dans les trois stations montrent que la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau du site 1 indiquant que ce site présente une pollution organique faible. La valeur la plus faible est enregistrée au niveau des sites 2 et 3 indiquant une pollution organique forte.

**Tableau VI.** Valeurs de l'IPO et type de pollution organique

Stations	Station 1	Station 2	Station 3
IPO	4	2,3	2,3
Pollution organique	Faible	Forte	Forte

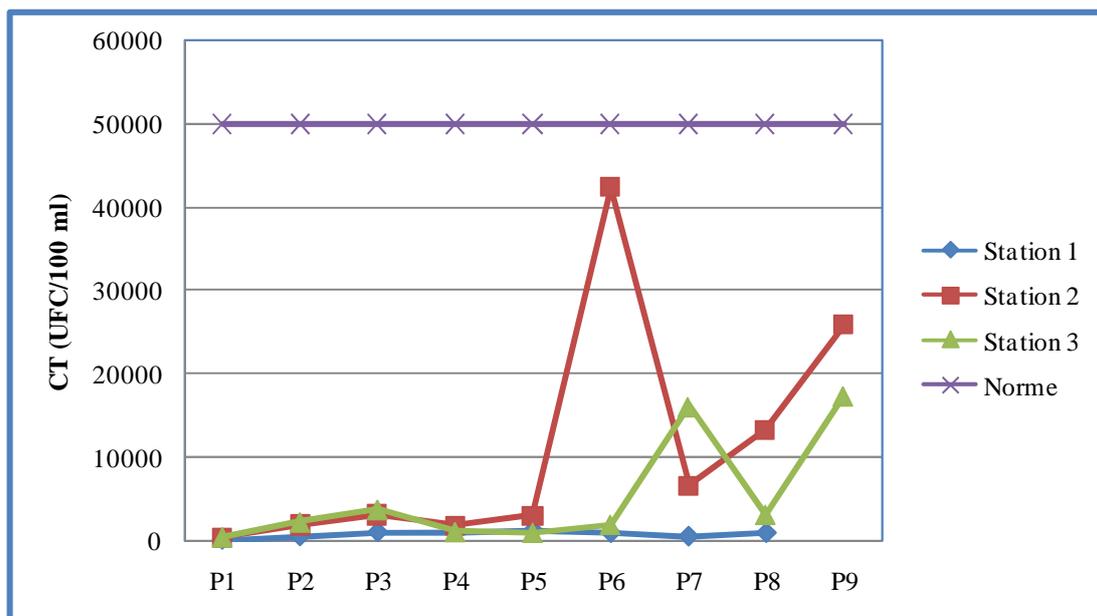
## II.2- Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux de surface échantillonnées dans les trois stations de l'oued El-Belleh sont consignés dans le tableau X (Annexe 1)

- **Coliformes totaux**

La charge moyenne des coliformes totaux varie entre  $6,76 \times 10^2$  UFC/100 ml dans de la station 1,  $1,0828 \times 10^4$  UFC/100 ml dans la station 2 et  $5,090 \times 10^3$  UFC/100 ml dans la station 3 (figure 26)

La valeur minimale est de 5 UFC/100 ml enregistrée dans la station 1 et la valeur maximale est de 42300 UFC/100 ml trouvée dans la station 2 qui reste inférieure à la norme 50000 UFC/100 ml (**JORA, 211**).

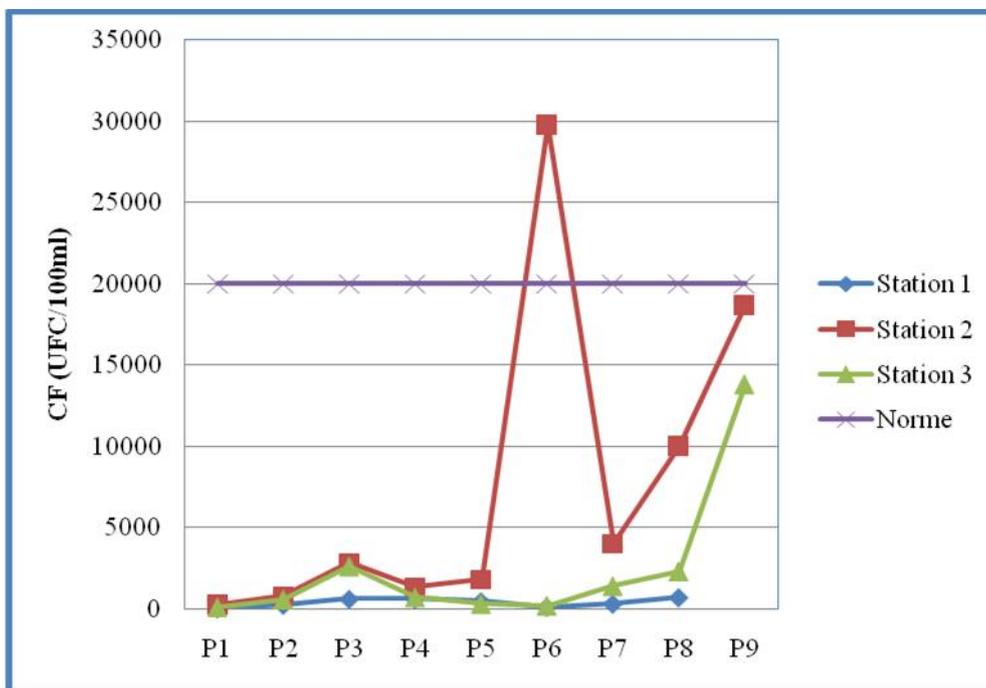
**Figure 26 :** Variation des coliformes totaux

La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément une contamination fécale (CAMILLE *et al.*, 2003).

- **Coliformes fécaux (thermotolérants)**

La charge moyenne des coliformes fécaux (figure 27) varie entre  $3,73 \times 10^2$  UFC/100 ml dans la station 1,  $7,708 \times 10^3$  UFC/100 ml dans la station 2 et  $2,440 \times 10^3$  UFC/100 ml dans la station 3

La valeur minimale est de 1 UFC/100 ml trouvée au niveau de la station 1 et la valeur maximale est de 29800 UFC/100 ml enregistrée dans la station 2.



**Figure 27 :** Variations des coliformes fécaux

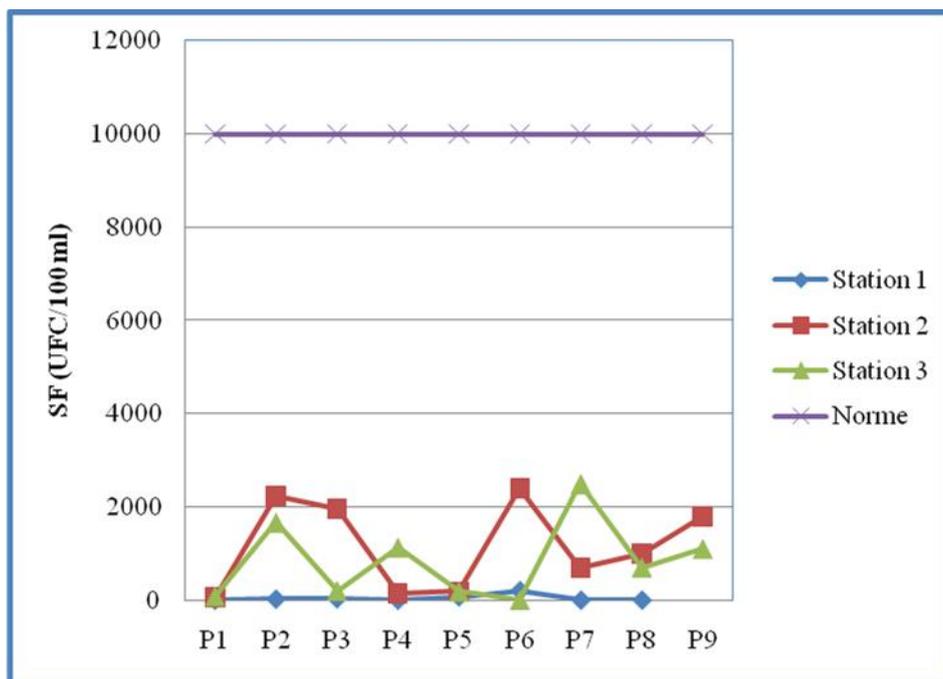
La présence des coliformes fécaux dans l'oued El-Belleh avec des concentrations élevées montre qu'il y a une contamination fécale dans cet oued d'une part par la présence de bétails et d'autre part, par les rejets des eaux usées domestiques des agglomération rivraines.

La présence de ces indicateurs fécaux s'explique par le fait que ces germes ont trouvé les conditions de milieu favorable pour se multiplier (Richesse en matière organique facilement biodégradable, Température, etc.....) (HASLAY *et* LECLERC, 1993).

- **Streptocoques fécaux**

La concentration moyenne en streptocoques fécaux enregistrée dans les différentes sites d'étude (figure 28) est apparemment nulle à faible dans la station 1 avec 40 UFC/100 ml,  $11,67 \times 10^2$  UFC/100 ml dans la station 2 et 840 UFC/100 ml dans la station 3

Le graphe nous montre que la période estivale renferme le nombre le plus élevé où nous avons constaté une valeur maximale de  $2,4 \times 10^3$  UFC/100 ml qui reste cependant inférieure à la norme 10000 UFC/100 ml fixée par la réglementation algérienne.



**Figure 28** : Variation des streptocoques fécaux

Généralement, les streptocoques fécaux sont des témoins d'une contamination fécale ancienne. Leur présence dans l'eau révèle une contamination fécale car les streptocoques sont typiques de déjections animales et humaines (**FARROW, 1984**). Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées (**RODIER et al ., 2009**) .

- ❖ **Évaluation de l'Indice de Contamination Microbiologique**

Le Tableau VII indique les valeurs calculées de l'indice de contamination microbiologique des eaux dans les différents sites de l'oued El-Belleh.

**Tableau VII.** Résultat de l'Indice de la Qualité Microbiologique (IQM)

Stations	Station 1	Station 2	Station 3
IQM	4	3	2,6
Contamination fécale	Faible	Modéré	Forte

D'après nos résultats, on note que les eaux du site 1 et 2 présentent une contamination fécale faible à modéré. Par ailleurs, les eaux échantillonnées à partir du site 03 sont polluées présentant ainsi une contamination fécale forte.

#### ❖ Détermination de l'origine de la contamination fécale

L'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif R: CF/SF. Selon les critères définis par **Borrego et Romero (1982)** :

- la contamination est d'origine animale si le rapport R est inférieur à 0,7,
- elle est d'origine humaine si R 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 et l'origine est dite mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4.

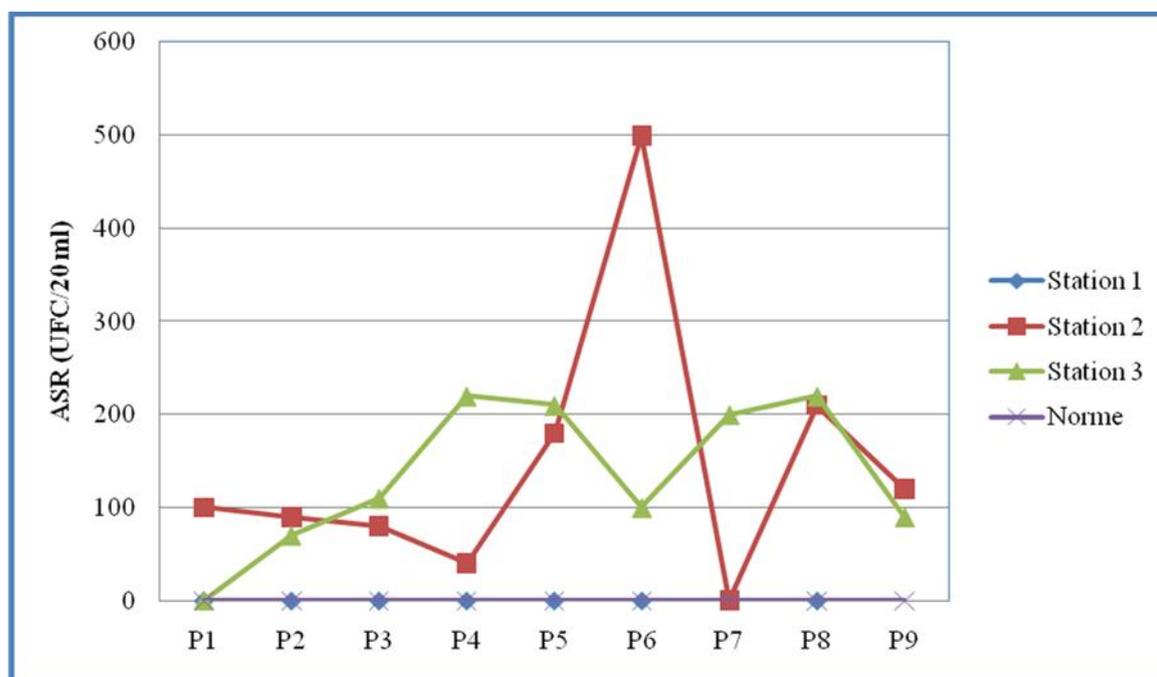
Le rapport (CF/SF) calculé au niveau des trois stations est de 9,3 à la station1, et 6,6 pour la station 2, dans ce cas l'origine de la pollution est strictement humaine ? A l'aval, dans la station 3, il est de 2,9, de ce fait la pollution de l'oued dans cette station est dite mixte à prédominance humaine, provenant des communes limitrophes (Tab VIII).

**Tableau VIII** : Origine de la contamination fécale des eaux d'Oued El-Belleh

Stations	CF/SF	Origine
Station 1	9,3	Strictement humaine
Station 2	6,6	Strictement humaine
Station 3	2,9	Mixte à prédominance humaine

- **Anaérobies Sulfito-Réducteurs**

La concentration moyenne en anaérobies sulfito-réducteurs est nulle dans la station 1, d'où elle est en conformité avec la norme 0/20 ml . 147 UFC/20 ml sont enregistrées dans la station 2 et 135 UFC/20 ml dans la station 3 qui ne sont pas conformes à la norme. La concentration maximale est enregistrée dans la station 2 durant la saison estivale (figure 29)

**Figure 29** : Variation des anaérobies sulfito-réducteurs

Globalement, les valeurs notées durant cette étude sont supérieures à la norme de (JORA, 1992) (00 spores /20 ml) La présence des spores des Anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale (OMS, 1994).

### *Staphylococcus aureus*

La charge bactérienne des *Staphylococcus aureus* est faible au niveau de la station 1 par rapport aux stations 2 et 3 où nous avons détecté cette espèce durant toute la période d'étude (Tab X. Annexe I).

Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs et occasionnellement d'une pollution fécale (CEAEQ, 2012),

### *Pseudomonas aeruginosa*

La détection de *Pseudomonas aeruginosa* est nulle au niveau de la station 1, nous l'avons trouvée au niveau de la station 2 à partir du troisième prélèvement. Elle est moins présente dans la station 3 par rapport à la station 2. (Tab X. Annexe I).

*P. aeruginosa* est considérée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2008) comme une bactérie pathogène d'origine hydrique à impact modéré sur la santé, en raison de son faible pouvoir infectieux relativement à d'autres bactéries pathogènes (*Salmonella*, *Vibrio cholerae*, etc.).

### *Salmonella et Vibrio cholerae*

Durant la période d'étude, aucun prélèvement ne s'est révélé positif ni pour les bactéries du genre *Salmonella* ni pour l'espèce *Vibrio cholerae*. Cette absence est due probablement soit aux conditions du milieu qui sont défavorables pour la survie et la prolifération de ces deux germes, soit qu'ils existent mais sont faibles par rapport aux autres germes existants, ce qui les rend difficilement détectables.

## CONCLUSION

La pollution de l'eau, considérée comme la plus grave avec celle de l'air, a atteint au cours de ces dernières années des seuils alarmants.

Les résultats de cette étude montrent :

- La présence d'une forte charge en matières en suspension qui dépasse parfois largement la norme avec des teneurs qui varient entre 38,5 mg/l (S1), 55,66 mg/l (S2) et 54,97 mg/l (S3).
- Une conductivité électrique assez importante ce qui permet d'évaluer la minéralisation globale et d'estimer la totalité des sels solubles dans l'eau qui s'avère, à ce propos, très élevée chose qui pourra influencer sur la composition minéralogique de l'eau.
- Des valeurs maximales dépassant les normes préconisées par les différentes instances nationales et internationales en matière organique (6,84 mg/l) et en nitrites (2,76 mg/l) au niveau de la station 2 et en ammonium (6,16 mg/l) au niveau de la station 3. Les orthophosphates étaient présents avec des teneurs de 0,68 mg/l, 0,95 mg/l au niveau des stations 1 et 2 respectivement. La demande biochimique en oxygène présentait des moyennes de 15,11 mg/l à la station 2 et 12,84 mg/l à la Station 3 et des teneurs en magnésium de 76,85 mg/l (S1), 82,22 mg/l (S2), et 95,78 mg/l (S3) ont été enregistrées. Pour les autres paramètres comme les chlorures, les sulfates, le calcium, les nitrates et les paramètres indésirables (Fer et Aluminium) étaient en conformité et ne présentaient aucun risque.

L'indice de la pollution organique (IPO) nous indique la présence d'une faible à forte pollution organique.

La qualité bactériologique des eaux de l'oued El-Belleh présente une contamination fécale faible à forte selon l'indice de contamination fécale (IQM). La charge des bactéries fécales est élevée dans les sites 1 et 2 par rapport au site 1. Les moyennes des anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) sont de 147 UFC/20 ml, enregistrées dans la station 2 et de 135 UFC/20 ml dans la station 3 dépassant largement la norme. Nous signalons également la présence de germes pathogènes comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et l'absence de *Salmonella* et *Vibrio cholerae*.

Pour restaurer, protéger et conserver nos écosystèmes aquatiques en générale et les eaux de l'oued El-Belleh en particulier, il serait souhaitable que certaines démarches soient prises :

- ✓ Elargir l'éventail des recherches en fixant plus de stations (points de prélèvement) et prélever 2 à 3 échantillons par station ce qui permettra de suivre la répartition de la pollution chimique et microbiologique.
- ✓ Compléter l'étude physico-chimique par une caractérisation des métaux lourds.
- ✓ La sensibilisation des riverains limitrophes aux cours d'eaux aux mesures d'hygiène à prendre en vue de préserver la qualité de l'eau de cet oued
- ✓ Sensibiliser les utilisateurs de ces eaux de l'importance de leurs qualité physico- chimiques et microbiologique avant toute utilisation soit pour l'AEP, l'irrigation ou pour l'abreuvement du bétail
- ✓ l'élaboration d'un programme de contrôle et de surveillance pour la prévention des maladies liées aux eaux.
- ✓ Il faut que le ministère de l'environnement et de l'aménagement des territoires se dote d'une police écologique composée de personnel technique hautement qualifié et très bien équipé pour faire appliquer la loi.
- ✓ Assurer une gestion rationnelle de l'entretien des stations d'épuration existantes, à moyen terme, l'installation d'une station d'épuration appropriée aux agglomérations.
- ✓ Le perfectionnement des techniques microbiologiques ouvrira d'autres horizons.
- ✓ Réglementer l'emploi des engrais fertilisants.

Il est nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement.

## Références bibliographiques

- **ABDOULAYE. D. N, KHADIJETTOU MINT. M. S. OULD KANKOU.M. 2013.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 71-83
- **ABBOUDI. A, TABTAOUI. H, EL HAMICHI. F. 2014.** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de GUIGOU. MAROC.11P.
- **AFNOR (Association Française des Normes). 1999.** La qualité de l'eau. Tome 1. Terminologie, échantillonnage, contrôle qualité, 393 P.
- **ANGELI. N. 1980.** Interaction entre la qualité des eaux et les éléments de son plancton. PESSON. 146 p.
- **ANRH. 2015**
- **BELGHITI. M. L, CHAHLAOUI. A, BENGOUMI. D, EL MOUSTAINE. R. 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, pp 21-36.
- **BENGOUMI M. et al. (2004).** - Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1, Maroc, pp 5-25.
- **BERCHE. P, GAILLARD. J. L, SIMONET. M. 1991.** Bactériologie : Les bactéries des infections humaines. Médecine- Sciences Flammarion, 3eme édition, France, pp.77-601.
- **BERNE. F, CORDONNIER. J.1991.** Traitement des eaux. Edition Technip. 295P
- **BONTOUX. 1979.** Cycle et bilan de l'azote en rivière. Comptes-rendus des troisièmes journées scientifiques et techniques : l'eau, la recherche et l'environnement, limoges, (10-12 Oct.) pp 185-203.
- **BORREGO. A.F, P. ROMERO. 1982.** Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. VIe journée étude. Pollutions, Cannes, France, pp. 561-569.
- **BOUDJADJA.A, MESSAHEL. M, PAUC. H. 2003.** Ressources hydriques en Algérie du Nord. Revue des sciences de l'eau. Pp. 285-304.
- **BREMOND. R, VUICHARD. R. 1973.** Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, Paris, 179 P.

- **CAMILLE. D. 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Tec et Doc 156 P.
- **CEAEQ Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du QUÉBEC. 2012.** Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : Méthode par filtration sur membrane. MA. 700 – STA 1.0, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 19 p.
- **CHAPMAN. D, KIMSTACH. V. 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon.
- **CHERBI CHABANE SOFIANE .2009.** Etude de la qualité physico-chimique d'une eau produite par mélange d'une eau souterraine et une eau de surface traité. 93p.
- **CLARPIN.C. 2008.** Microbiologie Hygiène, Bases microbiologiques de la diététique. Edition TEC et DOC. 429 P.
- **DELARRAS. C. 2007.** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Edition TEC et DOC. 476 P.
- **DELARRAS. C. 2010.** Surveillance sanitaires et microbiologiques des eaux. Edition TEC et DOC. 545 P.
- **DELARRAS. C. 2014.** Pratique en microbiologie de laboratoire. Edition TEC et DOC. 772 P.
- **DERWICH. E, BEZIANE. Z, BENAABIDATE. L, BELGHYTI. D. 2008** « Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc », Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 07, pp. 59-77.
- **EMMANUEL. J. 1996.** Agence de l'eau Saine-Normandie, direction des bocages normands 1, rue de la pompe Saint-Clair.
- **FARROW. J.A.E. 1984.** Taxonomic studies of *S. bovis* and *S. equines*. Systematic and Applied Microbiology, pp : 467-482.
- **FAO. 1994.** Gestion durable des ressources naturelles - Kit pédagogique - Volume III: Données de référence.
- **FLANDROIS. J-P. 1997.** Bactériologie médicale. Presses universitaires de Lyon. 319 P.
- **FRANK. J, KEMMER. N. 1992.** Manuel de l'eau. Édition : Lavoisier. P 3 .102.105.

- **GAUJOUS. D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire. 2<sup>ème</sup> édition TEC et DOC. 520 P.
- **GENIN. B, CHAUVIN. C, MENARD. F. 2003.**Cours d'eau et indices biologiques. Edition Educagri. 225 P.
- **GERMAIN. L, COLAS. L, ROUQUET. J. 1976.**Traitement des eaux .Edition technique et documentation
- **GHAZALI. D, ZAID. A. 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès –Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp 25-36.
- **GOURIER-FRERY . C, FRERY. N, BERR. C, CORDIER. S, GARNIER. R, ISNARD. H, RAVault. C, RENAUDEAU. C.** Aluminium. Quels risques pour la santé ? Institut de Veille Sanitaire, France. 271 P
- **GUASMI. I, DJABRI. L, HANI. A, LAMOUREUX. C. 2006.** Pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 05, pp.113-119
- **HAMED. M, GUETTACHE. A, BOUAMER. P .2012 .**Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar .Univ « Sciences et Technologies »,69p. Juin 2012.
- **HARDALO. C, EDBERG. SC. 1997.** *Pseudomonas aeruginosa* : Assessment of risk from drinking water. Critical Reviews in Microbiology, pp 47-75
- **HÉBERT. S, LÉGARÉ. S. 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- **IBGE. 2005.** L'eau à Bruxelles.Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. 16 P.
- **JESTIN. E. 2004.** La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE. 34 P.
- **JORA. 1994.** Journal Officiel de la République Algérienne ; 30P.
- **JORA. 2011.** Journal Officiel de la République Algérienne ; N°18. 35P.
- **JORA. 2013.** Journal Officiel de la République Algérienne.

- **KLUYTMANS.J, VAN BELKUM.A, VERBRUGH.H. 1997.** Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clinical Microbiology Reviews*. pp 505-520.
- **KEMMER F., 1984.** Manuelle de l'eau. Edition : Lavoisier technique et documentation. P : 95- 96- 112.
- **LALANNE.F. 2012.** Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou, (Région du Plateau Central, Burkina Faso). 71P.
- **LEPELTIER S., 2005.** Un bon état écologique des eaux.
- **LEVEQUE. C. 1996.** Écosystèmes aquatiques. Edition Hachette. 159 P.
- **LEYNAUD. G, VERREL. J. L. 1980.** Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions, 1-28. In PESSON P., la pollution des eaux continentales; incidence sur les biocénoses aquatique. Gautier- Villard. Paris, 345p.
- **MAKHOUKH. M, SBAA .M, BERRAHOU. A, VAN. CLOOSTER. M. 2011.** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya(Maroc oriental). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, pp. 149-169.
- **MEBARKI. A. 1982.** Le bassin du Kebir Rhumel, Ressources en eaux et aménagement en Algérie. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Nancy II. 303 P.
- **MEBARKI. A. 2005.** Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau, aménagement de l'environnement. Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement de territoire, Département de l'aménagement de territoire. 360 P.
- **MELQUIOT. P. 2004.** Mémento de la réglementation environnementale française et européenne. Librairie Environnement. 152 P.
- **MENS. DEROUANE. 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- **METAHRI. M-S.2012.** Elimination simultanée de la pollution azote et phosphate des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. 172P.
- **MEYBCK. M, FRIEDRICH. G, THOMAS. R, CHAPMAN. D.1996.** Rivers Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.

- **MERCIER J., 2000.** Le grand livre de l'eau. Edition : La reconnaissance du livre. Collecte art et vivre. P 91.
- **MICHARD. G. 2002.** Chimie des eaux naturelles, principes de géochimie des eaux. Edition Publisud. 565 P.
- **MINISTERE DE DEVELOPPEMENT DURABLE, ENVIRONNEMENT ET PARCS. 2012.** Critères de qualité des eaux de surface. Québec, Canada. 230 P.
- **MONOD. T.1989.** Méharées géographie. France loisire. 233P.
- **MONTIEL. A, WELTE. B. 1990.** Le manganèse dans l'eau - Elimination du manganèse dans l'eau par traitement biologique. Revue des sciences de l'eau, vol. 3, n° 4, pp. 469-481.
- **OMS. 1994.** Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1 Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.
- **OMS. 2002.** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Volume 2- critères d'hygiène et documentation à l'appui OMS, Genève, 2ème Edition, 1050 p.
- **OUNOKI. S, ACHOUR. S. 2014.** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, pp. 247-258.
- **PNUD. 2009.** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, Rapport Algérie/ONU.
- **RAMADE. F. 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale. Paris, 822 P.
- **REGGAM. A, BOUCHELACHEM. H, HOUHAMDI.M. 2015.** Qualité Physico Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales. J. Mater. Environ. Sci, ISSN : 2028-2508, pp. 1417-1425
- **REJSEK. F. 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement, 360 P.
- **RODIER. J. 1971.** L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau: eaux naturelles - eaux résiduaires. 4<sup>ème</sup> éditionDunod. 700 P.
- **RODIER. J. 1978.** L'analyse de l'eau «eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer».6<sup>ème</sup> éditionDunod. 1136 P.
- **RODIER. J, BEUFFE. H, BOURNAUD. M, BROUTIN. J-P, GEOFFRAY. CH, KOVACSIK. G, LAPORTE. J, PATTEE. E, PLISSIER. M, RODI. L, VIAL.J.**

**1984.** L'analyse de l'eau «eaux naturelles eaux résiduaires eau de mer». 7<sup>ème</sup> édition Dunod. 1000 P.

- **RODIER.J.1996.**L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer :physico; chimie, bactériologie et biologie, Ed. Dunod,Paris, France, 1383P.
- **RODIER. J, BAZIN. C, BROUTIN. J-P, CHAMBON. P, CHAMPSAUR. H, RODI L. 2005.**L'analyse de l'eau «eaux naturelle, eau résiduaires et l'eau de mer». 8<sup>ème</sup> édition Dunod.1383 P.
- **RODIER J. LEGUBE. B, MERLET. N, BRUNET. R, MIALOCQ. J-C, LEROY.P, HOUSSIN. M, LAVISON. G, BECHEMIN. CH, VINCENT. M, REBOUILLON. P, MOULIN. L, CHOMODÉ. P, DUJARDIN. P, GOSSELIN. S, SEUX. R. 2009.**L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition Dunod. 1579 P.
- **SAMAKE. H. 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77 P.
- **TARDAT-HENRY. M. 1992.** Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, Sainte - Foy (Québec), Canada, 537 P.
- **UNESCO. 2003.**Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau. 36 P.
- **UN-WATER/WWAP. 2006.**L'eau une responsabilité partagée, 2<sup>ème</sup>Rapport mondialdes Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. 52 P.
- **VALIRON. F.1994.** Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement tome 1, eau dans la ville. Edition TEC et DOC- Lavoisier. 435 P.
- **VILAIN. M. 1989.** La production végétale: la maitrise de technique de la production. ED. Lavoisier. Vol 2. Paris- France. voisines.- Cartes et coupes Géologiques, 491P.
- **WHO. 2011.** Guidelines for Drinking-water Quality. Recommandations; Fourth Edition; 518p.

**Tableau XI : Normes algériennes de la qualité des eaux superficielles**

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Normes</b>
<b>Physico-chimiques</b>		
<b>pH</b>	/	<b>6.5-09</b>
<b>Température</b>	°C	<b>25</b>
<b>MES</b>	mg/l	<b>25</b>
<b>DBO5</b>	mg/l	<b>7</b>
<b>Chlorures</b>	mg/l	<b>600</b>
<b>Sulfates</b>	mg/l	<b>400</b>
<b>Conductivité électrique</b>	µS/cm à 20°C	<b>2800</b>
<b>Ammonium</b>	mg/l	<b>04</b>
<b>Nitrate</b>	mg/l	<b>50</b>
<b>Fer</b>	mg/l	<b>1</b>
<b>Microbiologiques</b>		
<b>Coliformes totaux</b>	UFC/100 ml	<b>50000</b>
<b>Coliformes fécaux</b>	UFC/100 ml	<b>20000</b>
<b>Streptocoquers fécaux</b>	UFC/100 ml	<b>10000</b>
<b>ASR</b>	00/20 ml	<b>00*</b>

(JORA, 2011), \*(JORA, 1994)

**Tableau XII** : Normes de qualité des eaux de surface

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Calcium</b>	mg/l	400
<b>Magnésium</b>	mg/l	50
<b>phosphate</b>	mg/l	0,5
<b>Aluminium</b>	mg/l	0,2
<b>Nitrite</b>	mg/l	0,1*
<b>Matière organique</b>	mg/l	5**

(OMS, 2011), (OMS, 2002)\*, (AFNOR, 1991)\*\*

**Tableau XIII : Matériels et milieux utilisés.**

<b>Milieux de culture</b>	<b>Verreries</b>	<b>Appareillages</b>
- Gélose Tergitol TTC	- Anse de platine	-Agitateur magnétique
- Gélose SLANETZ et BRATLY	- Béchers stériles	- Autoclave
- Gélose BEA	- Boîtes de Pétri stériles	- Bain marie
- Gélose viande foie	- Burettes	- Balance analytique
- Gélose Cétrimide	- Dessiccateur	-Bec Bunsen
- Gélose CHAPMAN au mannitol	- Eprouvettes graduées	- Conductimètre
- Gélose incliné King A	- Erlen Meyer	- Etuves (37°C, 44°C)
- Gélose incliné King B	- Filtres 0,45µm	-Glaciaire
- Gélose Hektoen	- Flacons en verre de 250 à	- Oxymètre
- Gélose NAB	500 ml	- pH mètre
- Bouillon EPA	- Fioles jaugées (20 ml, 50	-Plaque chauffante
- Bouillon SFB	ml, 100 ml)	- Pompe à vide
- Plasma de lapin	- Pipettes Pasteur stériles	- Rampe à filtration
	- Portoir	- Réfrigérateur
	- Pipettes	- Spectrophotomètre
	- Pissette	- Thermomètre
	- Poire	- Turbidimètre
	- Spatule en inox	
	- Tubes à essais	

Tableau XIV : Réactifs utilisés pour les analyses physico-chimiques

Azote ammoniacal	Phosphates
<p><b>Réactif I</b></p> <p>Acide dichloroisocyanurique.....2 g.</p> <p>Hydroxyde de sodium (NaOH).....32 g.</p> <p>Eau distillée.....1000 ml.</p> <p><b>Réactif II (coloré)</b></p> <p>Tricitrate de sodium.....130 g.</p> <p>Salicylate de sodium.....130 g.</p> <p>Nitropruciate de sodium.....0,97g.</p> <p>Eau distillée.....1000 ml</p>	<p><b>Réactif mixte</b></p> <p><b>A</b> :Heptamolybdate d'ammonium....13 g</p> <p>Eau distillée.....100 ml.</p> <p><b>B</b> :Tartrate d'antimoine.....0.35 g.</p> <p>Eau distillée.....100 ml.</p> <p><b>C</b> : Acide sulfurique pur.....150 ml</p> <p>Eau distillée.....150 ml.</p> <p><b>A + B + C</b>.....500 ml d'eau distillée</p> <p><b>Acide ascorbique à 10 %</b></p> <p>-Acide ascorbique.....10g.</p> <p>-Eau distillée .....100ml.</p>
Nitrate	Calcium et Magnésium
<p><b>Solution de salicylate de sodium à 0.5 %</b></p> <p>-Salicylate de sodium.....0.5 g</p> <p>-Eau distillée.....100 ml</p> <p><b>Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.</b></p> <p>NaOH.....30 g</p> <p>Eau distillée.....100 ml</p> <p><b>Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré.</b></p> <p><b>Tartrate double de sodium et de potassium.</b></p> <p>Hydroxide de sodium NaOH.....400 g.</p> <p>Tartrate de sodium et de potassium.....60 g</p> <p>Eau distillée.....1000 ml</p> <p><b>Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.</b></p> <p>-Nitrate de potassium anhydre .....0.722 g.</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml -</p> <p>-Chloroforme.....1 ml</p> <p><b>Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.</b></p>	<p><b>Solution d'E.D.T.A N/50 (: (0,02N ou 0,01M)</b></p> <p>- EDTA .....3,725 g.</p> <p>après déshydratation à 80°C pendant 2 h.</p> <p>- H<sub>2</sub>O distillée .....1000 ml.</p> <p><b>Solution d'hydroxyde de sodium ( NaOH ) 2 N :</b></p> <p>- NaOH (pastilles) .....80g.</p> <p>-H<sub>2</sub>O distillée..... 1000 ml.</p> <p><b>Solution d'hydroxyde d'ammonium ( NH<sub>4</sub>OH )</b></p> <p><b>pH = 10,1:</b></p> <p>-Chlorure d'ammonium .....67,5 g.</p> <p>- NH<sub>4</sub>OH (25%).....570 ml</p> <p>- HCl concentré .....PH = 10,1</p> <p>- H<sub>2</sub>O distillée.....1000 ml.</p> <p><b>Indicateurs colorés</b></p> <p>-Noir eriochrome : 0,5 dans 25 ml d'éthanol</p> <p>-Murexide : 0,2 g dans 100 g de NaCl</p>

Nitrite	Chlorure
<p><b>Réactif coloré</b></p> <p>-Amino-4 benzène sulfonamide (NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>).....40 g</p> <p>-Acide orthophosphorique.....100 ml</p> <p>-Eau distillée.....500 ml</p> <p>-Dichlorohydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane (C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>NH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>-2HCl)..2 g</p> <p>Compléter le volume à 1000 ml d'eau distillée.</p>	<p><b>Solution de nitrate d'argent à 0,01 N</b></p> <p>-Nitrate d'argent.....1, 6978 g</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p> <p><b>Indicateur coloré Chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> à 10% :</b></p> <p>-K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>.....10 g</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p>
Fer	Sulfates
<p><b>Tampon Acétate:</b></p> <p>-Acétate d'ammonium .....40g</p> <p>-Acide acétique cristallisable.....50ml</p> <p>-Eau distillée.....100 ml</p> <p><b>Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 % :</b></p> <p>-Chlorhydrate d'hydroxylamine.....10g</p> <p>-Eau distillée.....100ml</p> <p>Cette solution est stable pendant une semaine.</p> <p><b>Solution de Phénanthroline -1,10:</b></p> <p>-Dissoudre 0,42 g de Phénantroline-1,10 monohydraté(C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) dans 100ml d'eau distillée contenant 2 gouttes d'Acide chlorhydrique.</p>	<p><b>Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b></p> <p>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .....1,479 g</p> <p>Eau distillée.....1000 ml</p> <p><b>Solution stabilisante :</b></p> <p>-Acide chlorhydrique.....60ml.</p> <p>-Ethanol .....200 ml.</p> <p>-Chlorure de sodium.....150 g.</p> <p>-Glycérol.....100 ml.</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml.</p> <p><b>Solution de chlorure de baryum :</b></p> <p>-Chlorure de baryum.....150 g.</p> <p>-Acide chlorhydrique.....5 ml.</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml.</p>
Aluminium	Matière organique
<p><b>Thiosulfate de sodium 0,028 N</b></p> <p><b>Acide sulfurique 0,04 N</b></p> <p>-Acide sulfurique.....40 ml</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p> <p><b>Acide ascorbique 10 g/l</b></p> <p>-Acide ascorbique (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>).....1 g</p>	<p><b>Solution de permanganate de potassium à 20 mmol /l:</b></p> <p>- KMnO<sub>4</sub>.....3,1608 g.</p> <p>- H<sub>2</sub>O distillée bouillante .....1000 ml.</p> <p>Porter la solution à 90-95°C pendant 2 heures, refroidir et laisser reposer au moins 2jours.</p>

<p>-Eau distillée.....100 ml</p> <p><b>Solution tampon à pH= 6,2</b></p> <p>-Acétate d'ammonium.....37,2 g</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p> <p>-Acide acétique cristallisable</p> <p><b>Solution mère d'ériochrome cyanine 10g/l</b></p> <p>-Eriochrome cyanine.....10 g</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p> <p><b>Solution fille d'ériochrome cyanine 0,1g/l</b></p> <p>-Solution mère d'ériochrome cyanine.....1 ml</p> <p>-Eau distillée.....1000 ml</p>	<p><b>Solution de <math>KM_nO_4</math> à 2mmol/l:</b></p> <p>- Solution de <math>KM_nO_4</math> à 20mmol/l.....100 ml.</p> <p>- <math>H_2O</math> distillée.....1000 ml.</p> <p>Cette solution doit-être conservée à l'obscurité .Bien qu'elle soit relativement stable, il est conseillé de la renouveler assez souvent et de la vérifier</p> <p><b>Solution d'oxalate de sodium à 0,05 mol/l :</b></p> <p><math>Na_2C_2O_4</math>.....6,7 g.</p> <p>Eau distillée.....1000 ml.</p> <p><b>Solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l :</b></p> <p>Introduire 100ml de la solution d'oxalate de sodium à 0.1N dans une fiole jaugée de 1000ml.Compléter au volume avec de l'eau distillée.</p> <p><b>Solution d'acide sulfurique diluée à environ 2.2 moles/l :</b></p> <p>-Acide sulfurique concentrée.....120 ml</p> <p>-Eau distillée.....500 ml</p> <p>-Ajouter la solution de permanganate de potassium à 0.01N jusqu'à persistance d'une coloration rose pâle.</p> <p>-Compléter à 1000 ml d'eau distillée dans une fiole jaugée.</p>
--	---

**Tableau XV :** Milieux de cultures et réactifs utilisés pour les analyses microbiologiques

<b>Gélose à la Bile – l'Esculine l'Azoture(BEA)</b>	<b>Gélose Tergitol TTC</b>
-Tryptone.....17 g	Peptone.....10g
-Peptone peptique de viande.....3 g	Extrait de viande.....5g
-Extrait autolytique de levure.....5 g	Extrait de levure.....6g
-Bile de bœuf bactériologique.....10 g	Lactose.....20g
-Chlorure de sodium.....5 g	Tergitol 7.....0,01g
-Esculine.....1 g	TTC.....0,025g
-Citrate ferrique ammoniacal.....0,5 g	Bleu de bromothymol.....0,05g
-Azide de sodium.....0,15g	Agar.....13g
-Agar agar bactériologique.....13 g	
<b>Bouillon au sélénite (SFB)</b>	<b>Gélose viande foie (VF)</b>
Peptone.....5g	Base viande foie.....30g
Lactose.....4g	Glucose.....2g
Phosphate disodique.....10g	Amidon.....2g
Sélénite acide de sodium.....4g	Agar.....11g Eau

Eau distillée.....1000 ml pH : 7,2. Chauffage au maximum à 60°C pendant 10 min	distillée.....1000ml pH 7,2
<b>Milieu de King A</b>	<b>Milieu de King B</b>
-Peptone tryptique de gélatine.....20g -Glycérol.....10g -Sulfate de potassium anhydre.....10g -Chlorure de magnésium anhydre.....1,4g -Agar.....15g -Eau distillée.....1000ml pH: 7,2 autoclavage 20 min à 121°C	Polypeptone.....20g -Glycérol.....10g -Phosphate bipotassique anhydre....1,5g -Sulfate de magnésium.....1,5g -Agar.....15g -Eau distillée.....1000ml pH: 7,2 autoclavage 20 min à 121°C
<b>Gélose Hecktoen</b>	<b>Gélose Cétrimide</b>
-Protéose peptone.....2g -Extrait de levure.....3g -Chlorure de sodium.....5g -Thiosulfate de sodium.....5g -Sels biliaires.....9g -Citrate de fer ammoniacal.....1,5g -Salicine.....2g Lactose.....12g -Saccharose.....12g -Fuchsine acide.....0,1g -Bleu de bromothymol.....0,065g -Agar.....14g -Eau distillée.....1000ml pH = 7.2	-Peptone de gélatine.....16g -Peptone de caséine.....10g -Cétrimide (bromure de tétradonium)...0,2g -Acide nalidixique.....15 mg -Chlorure de magnésium.....1,4g -Sulfate de potassium.....10g -Agar.....10g -Eau distillée.....1000ml pH: 7,1 autoclavage 20 min à 121°C
<b>Gélose Chapman</b>	<b>Eau peptonée alcaline (EPA)</b>
-Peptone bactériologique.....10g -Extrait de viande de bœuf.....1g -Chlorure de sodium.....75g -Mannitol.....10g -Rouge de phénol.....0.025g -Agar.....15g -Eau distillée.....1000ml pH = 7.4	-Peptone tryptique.....30g -NaCl.....30g -Eau distillée.....1000ml pH = 8.6
<b>Gélose SLANETZ et BRATLEY</b>	<b>Milieu GNAB</b>
-Tryptose.....20g -Extrait autolytique de levure.....5g	-Peptone de viande.....10g -Extrait de viande.....3g -Chlorure de sodium.....5g

Glucose.....2g -Phosphatedipotassique.....4g -Azide de sodium.....0,4 g -Chlorure de 2,3,5 triphényltétrazolium.....0,1 g -Agar agar bactériologique.....10g  pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.	-Bile de bœuf desséchée.....2g -Agar.....18g -ph : 8,6+/-0.2
<b>Réactif de Kovacs</b>	<b>Réactif de la recherche du tryptophane désaminase (TDA)</b>
-P-diméthylaminobenzaldéhyde.....7 g -Alcool amylique.....75 ml -Acide chlorhydrique concentré.....20 ml	-Perchlorure de fer.....3,4 g -Eau distillée stérile.....100 ml
<b>Réactifs de Voges-Proskauer (VP)</b>	<b>Eau physiologique</b>
<b>VP I :</b> -Hydroxyde de potassium.....40 g -Eau distillée.....100 ml <b>VP II :</b> - naphtho.....16 g -Ethanol.....100 ml	-Chlorure de sodium.....8,5g -Eau distillée.....1000ml Autoclaver à 120°C pendant 15 min
<b>Sulfite de sodium 10%</b>	<b>Alun de fer à 5%</b>
-Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , 7H <sub>2</sub> O (Hyperhydraté).....10g -Eau distillée.....100ml	-Citrate ammoniacal (alun de fer)..... 5g -Eau distillée.....100ml



**Figure 30:** Appareils utilisés lors des analyses (photos originales, 2015)

**Chapitre I**  
**MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

**Chapitre II**  
**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

# **INTRODUCTION**

# **PARIE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **PARTIE EXPÉRIMENTALE**

# **CONCLUSION**

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

# **ANNEXES**