

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES

Faculté Des Sciences  
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie Microbienne

Thème

**Étude physico-chimique et microbiologique  
de l'eau de surface « Barrage Keddara »**

Présenté par : Mlle GAALOUL Amina

Mlle HAMANI Razika

Mlle MAKHOUKH Lynda

Devant le jury:

Mme SADAOUI.	Maitre de conférences/B (U.M.B.B)	Présidente
Mme KHEMILI-TALBI S.	Maitre de conférences/A (U.M.B.B)	Examinatrice
Mme AKMOUSSI-TOUMI S.	Maitre de conférences/B (U.M.B.B)	Promotrice
Mme SAYAH A.	Maitre Assistante/A (U.M.B.B)	Co-Promotrice

*Année Universitaire 2019 – 2020*

## Résumé

Notre travail de recherche consiste tout d'abord à étudier l'évaluation de la qualité des eaux brutes et traitées du barrage de KEDDARA par réalisation des analyses physico-chimiques et microbiologiques des deux échantillons. Au cours de cette étude plusieurs paramètres caractérisant l'eau potable ont été mesurés à savoir : pH, conductivité, turbidité, oxygène dissous...ect. D'après les résultats obtenus, les eaux brutes du barrage de KEDDARA montrent une bonne aptitude pour la production d'eau potable. Les teneurs des paramètres étudiés des eaux traitées pour la potabilité sont toujours inférieurs aux valeurs maximales admissibles et conformes aux normes Algériennes.

**Mots clés :** Eau brute, eau traitée, Barrage KEDDARA, paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

## Abstract

Our research work consists first of all in studying the assessment of the quality of raw and treated water from the KEDDARA dam by performing physico-chemical and microbiological analyzes of the two samples. During this study, several parameters characterizing drinking water were measured, namely: pH, conductivity, turbidity, dissolved oxygen,...etc. According to the results obtained, the raw water from the KEDDARA dam shows a good suitability for the production of drinking water. The contents of the studied parameters of treated water for drinking water are always lower than the maximum admissible values and in conformity with Algerian standards.

**Keywords:** Raw water, treated water, KEDDARA dam, physio-chemical and microbiological parameters.

## المخلص

يتكون عملنا البحثي أولاً وقبل كل شيء من دراسة تقييم جودة المياه الخام والمعالجة من سد كدارا من خلال إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للعينتين. خلال هذه الدراسة تم قياس العديد من العوامل المميزة لمياه الشرب ، وهي : الرقم الهيدروجيني ، والتوصيل ، والعكارة ، والأكسجين المذاب ، إلخ. ووفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها ، فإن المياه الخام من سد كدارا تظهر ملاءمة جيدة لإنتاج مياه الشرب. دائماً ما تكون محتويات المعلمات المدروسة للمياه المعالجة لمياه الشرب أقل من القيم القصوى المسموح بها ووفقاً للمعايير الجزائرية.

الكلمات المفتاحية : المياه الخام ، المياه المعالجة ، سد كدرة ، المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية.

# *Remerciements*

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé le courage, la volonté, la patience et les moyens pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Madame AKMOUSSI-TOUMI.S d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème et pour tout l'effort qu'elle a fait pour mener à bien ce travail. Mme SAYAH.A d'avoir accepté de Co-encadrer ce Travail.

Nous tenons également à remercier Madame SADAOUI d'avoir accepté de présider le jury. Madame KHEMILI-TALBI.S examinatrice de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel de la station de traitement de l'eau de Boudouaou, qui nous ont facilité l'avancement de la partie analyse, tout le personnel de SEAAL sans exception.

Nous remercions tout personne ayant contribué de prêt ou de loin à l'aboutissement de nos efforts.

Merci à nos professeure et formateurs du primaire à l'université.

# *Dédicace*

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

Mon père pour son soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie,  
rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon  
bien être.

A ma mère à qui je dois ma réussite, et qui m'a encouragé à aller de l'avant tu as  
fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin  
dans leur vie et leurs études.

A mes grandes mères et grands-pères pour leur amour, et leur tendresse.

A mes chères sœurs Sarah et Meriem.

A mon cher frère Amine.

A ma chère tante Samia.

A toute ma famille grande et petite.

A tous mes amis, tout particulièrement : Razika et Lynda .

Et enfin je dirais merci à tous ceux qui mon soutenus.

*Amina*

# *Dédicace*

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

Mon père pour son soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A ma mère à qui je dois ma réussite, et qui m'a encouragé à aller de l'avant tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A ma grande mère pour son amour, et sa tendresse.

A ma seule chère sœur Djodjo et ses enfants.

A mes chers frères, leurs femmes et leurs enfants.

A toute ma famille grande et petite.

A tous mes amis, tout particulièrement : Amina , Lynda , Mina et Fella.

Et enfin je dirais merci à tous ceux qui mon soutenus.

***Razika***

# *Dédicace*

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

Mon père pour son soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A ma mère à qui je dois ma réussite, et qui m'a encouragé à aller de l'avant tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A ma seule chère sœur DJouher.

A mon cher frère Mohamed Aziz.

A toute ma famille grande et petite.

A tous mes amis, tout particulièrement : Amina et Razika.

Et enfin je dirais merci à tous ceux qui mon soutenus.

*Lynda*

# Sommaire

<b>Résumé</b>	I
<b>Remerciements</b>	II
<b>Dédicace</b>	III
<b>Sommaire</b>	VI
<b>Liste des abréviations</b>	IX
<b>Liste des figures</b>	X
<b>Liste des tableaux</b>	XI
Introduction	1

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur l'eau	3
I.1.1. Définition de l'eau	3
I.1.2. Constitution de l'eau	3
I.1.3. Importance de l'eau	5
I.1.4. Le cycle de l'eau	5
I.1.5. Répartition de l'eau sur terre	7
I.1.6. Source d'eau	8
I.1.6.1. Les eaux souterraines	8
I.1.6.2. Eau de Surface	8
I.1.7. L'eau en Algérie	10
I.2. La Qualité de L'eau	10
I.2.1. Qualité organoleptique	10
I.2.2. Qualité physicochimique	11
I.2.2.1. Qualité physique	11
I.2.2.2. Qualité chimique	13
I.2.3. Qualité Microbiologique	15
I.3. Pollution des eaux	17
I.3.1. Définition	17
I.3.2. Principaux polluant	17
I.3.3. Les types de pollution	17

I.3.4. Risques liés à la pollution des eaux	18
I.3.5 Les principales maladies d'origine hydrique	19

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

II.1. Présentation de lieu de stage	20
II.2. Description de la région d'étude : Barrage KEDDARA	21
II.3. Échantillonnage	21
II.4. Les méthodes d'analyse	22
II.4.1 Traitement de l'eau brute	22
II.4.2 Étude physicochimique	23
II.4.3 Étude microbiologique	32

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

III.1. Paramètres physicochimiques	36
III.1.1. Température	36
III.1.2. pH	36
III.1.3. La conductivité	38
III.1.4. La turbidité	38
III.1.5. Oxygène dissous	38
III.1.6. MES	39
III.1.7. Résidus secs	39
III.1.8. Dureté totale (TH)	39
III.1.9. TAC	40
III.1.10 .Calcium	40
III.1.11. Magnésium	40
III.1.12. Chlorure	40
III.1.13. Fer	40
III.1.14. Nitrites	41
III.1.15. Nitrate	41
III.1.16. Manganèse	41
III.1.17. Sulfate	41

III.1.18. Salinité	42
III.2 Paramètres Microbiologiques	42
III.2.1. Les coliformes totaux	42
III.2.2. Les coliformes fécaux	42
III.2.3. Streptocoques Fécaux	43
III.2.4. Germes Totaux à 37°C	43
III.2.5. Germes Totaux à 22°C	44
III.2.6. Clostridium Sulfito-réducteurs	44
III.3 Discussion	44
Conclusion et perspectives	47
<b>Références bibliographiques</b>	48
<b>Annexes</b>	53

## **Liste des abréviations**

**°F** : Degré Français

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**EDTA** : Ethylène diamine tétra acétique

**MES** : Matière en Suspension

**°C** : Degré Celsius

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ONA** : Office National de l'Assainissement

**PH** : Potentiel d'Hydrogène

**RS** : Résidu Sec

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

**SPIK** : Système de Production Isser Keddara

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet

**TGEA** : Gelose Tryptone Glucose Extract

**TH** : Titre hydrométrique

**TSA** : gélose tryptone soja

**UFC** : Unités Formant Colonies

**µs/cm** : Micro-siéemens par centimètre

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Structure de la molécule d'eau	3
<b>Figure 1:</b> Cycle générale de l'eau	7
<b>Figure 3:</b> Répartition de l'eau	8
<b>Figure 4:</b> Les bassins versants en Algérie	10
<b>Figure 5:</b> Station de traitement	20
<b>Figure 6:</b> Barrage KEDDARA	21
<b>Figure 7:</b> Sources d'échantillonnages	22
<b>Figure 8:</b> Schéma des étapes de traitement de l'eau brute de la station de Boudouaou	22
<b>Figure 9:</b> Protocole de l'analyse de TH	24
<b>Figure 10:</b> Protocole de l'analyse de chlorure	26
<b>Figure 11:</b> Protocole de l'analyse de $CO_2$	28
<b>Figure 12:</b> Rompe de filtration	33
<b>Figure 13:</b> Recherche et dénombrement des coliformes	34
<b>Figure 14:</b> Colonies des coliformes totaux	34
<b>Figure 15:</b> Colonies des coliformes fécaux	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	9
<b>Tableau 2:</b> Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de Barrage de KEDDARA	37
<b>Tableau 3:</b> Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de barrage de KEDDARA	43
<b>Tableau 4 :</b> Les moyennes des résultats d'analyses physicochimique de l'eau brute et traitée de barrage KEDDARA (2015 et 2020).	45
<b>Tableau 5 :</b> Les moyennes des résultats d'analyses microbiologique de l'eau brute et traitée de barrage KEDDARA (2015 et 2020)	45

**Introduction**

**Générale**

## **Introduction**

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface terrestre, elle recouvre ses  $\frac{3}{4}$  connus sous le nom d'hydrosphère. Elle est aussi le constituant majeur de la matière vivante englobée sous le terme de biosphère.

L'eau est à l'origine de la vie sur terre, et elle est indispensable à la survie des êtres vivants, mais elle peut être un véhicule des maladies fatales et un élément de destruction environnementale si elle est polluée (**TIRE et al., 2017**).

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 et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et de la pollution des écosystèmes aquatiques continentaux (**REGGAM et al., 2015**).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (**AOUISSI et HOUHAMDI, 2017**).

Néanmoins, d'après L'ONU, environ 5 millions de personnes dans le monde meurent encore chaque année de maladies infectieuses ou parasitaires dues à l'eau, au lieu d'être source de vie l'eau peut devenir vecteur de transmission de maladies mortelles (**BENBOUZID et FARES 2017**).

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et l'environnement nous concernent tous, la qualité de l'eau et prioritairement une exigence de santé, c'est pourquoi, il est nécessaire de la traiter et de l'économiser (**TIRE et al., 2017**).

L'objectif de notre étude est d'étudier la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage de KEDDARA de la station d'analyse de l'eau de Boudouaou (**SEEAL**). Malheureusement, face à la crise sanitaire liée à la COVID-19, aucune expérimentation n'a pu être réalisée à cause de l'interdiction d'accès aux laboratoires. Cependant, grâce à la collaboration du personnel du laboratoire SEEAL, nous avons pu avoir une idée bien précise sur le contrôle microbiologique et physico-chimique de l'eau avant et après le traitement.

Ce mémoire est structuré en plusieurs parties :

- ✓ Après une introduction, une partie théorique consacrait aux généralités sur les eaux, ainsi que leurs caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques d'après les normes Algériennes.
- ✓ Une deuxième partie réservée à la présentation du matériel et méthodes mis en œuvre dans ce travail.
- ✓ Une troisième partie, détaille les résultats et discussion obtenus, suivie par une conclusion générale.

**Synthèse**

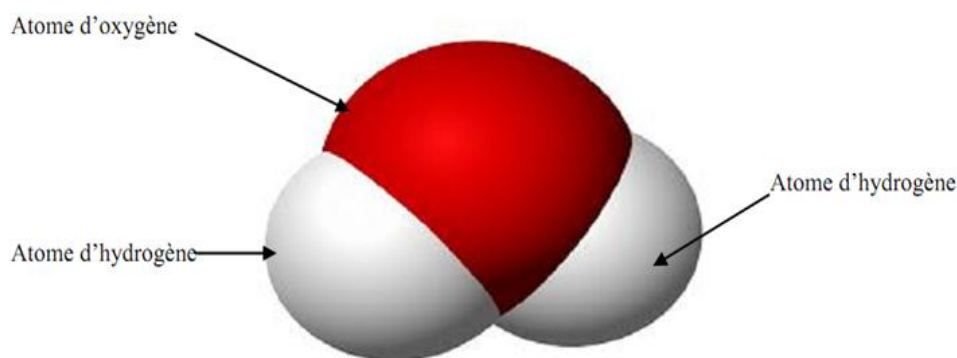
**Bibliographique**

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I.1 Généralités sur l'eau

#### I.1.1 Définition de l'eau

L'eau est un corps incolore, inodore et sans saveur, liquide à la température et à la pression ordinaire et transparente à l'UV, la molécule d'eau est très simple, elle est constituée de deux atome d'hydrogène et d'un atome d'oxygène unis par des liaisons covalents simple et qui transport la molécule et les ions (**figure1**). L'eau est une des rares substances qui possèdent une masse volumique plus petite à l'état solide qu'à l'état liquide, elle joue aussi le rôle d'un solvant polyvalent donc facilement polluable, contribue à dissoudre les matériaux indispensables aux tissus pour y être assimilés. L'eau stabilise la température atmosphérique en absorbant la chaleur de l'aire plus chaude et en libérant sa propre chaleur dans l'air plus froid, cette capacité découle de sa chaleur spécifique relativement élevée (**RODIER, 2004**).



**Figure 1** : Structure de la molécule d'eau (**BERNARD, 2007**).

#### I.1.2 Constitution de l'eau

Les substances présentes dans les eaux naturelles sont soit en solution vraie, soit en solution colloïdale soit en suspension plus ou moins fine.

##### I.1.2.1 Les matières minérales

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont les ions calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnésium (Mg<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), hydrogencarbonate aussi appelé bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), chlorure (Cl<sup>-</sup>) et nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches du bassin versant. Elle peut varier du

milligramme par litre au gramme par litre pour les eaux les plus salées. En moins grande concentration (du microgramme au milligramme par litre), l'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou nutriments, que sont l'azote (contenu dans l'ammoniac, les nitrites et les nitrates), le phosphore (contenu dans les phosphates) et la silice, mais aussi le fer et le manganèse. D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques. L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc.) (**JEAN YVES et YUFENG, 2010**).

### **I.1.2.2 Composés organiques**

Ils sont plus ou moins solubles et sont formés par un mélange complexe des produits animaux et végétaux en décomposition. Les composés organiques sont classés en deux catégories : Les substances non-humiques et les substances humiques.

Les substances non-humiques sont formés par des produits de base tels que les protéines, les acides aminés, les polysaccharides, les sucres simples, les graisses, les hydrocarbures, les pigments, les vitamines, et toxines diverses. Ces substances ne demeurent pas longtemps dans l'eau car elles sont décomposées dès leur apparition dans l'eau par des microorganismes présents mais leur renouvellement est très rapide.

Les substances humiques constituent l'essentiel des matières organiques naturelles. En effet ces substances sont élaborées par les microorganismes tels que les bactéries et les champignons à partir des produits animaux et végétaux. Leur décomposition n'est pas facile, voilà pourquoi elles demeurent longtemps dans les systèmes aquatiques. Ces substances humiques consistent en effet en un mélange de trois substances à savoir les acides humiques, les acides fulviques et l'humine (**JEAN YVES et YUFENG, 2010**).

### **I.1.2.3 Gaz dissous**

En contact avec l'air, l'eau naturelle peut dissoudre les gaz de l'atmosphère. Le transfert de ces gaz à l'interface eau-air est influencé par leur proportion dans l'atmosphère, leur solubilité et la température. La solubilité des gaz dans l'eau diminue lorsque la température augmente

Conformément au principe de LECHATELIER. Ces gaz dissous sont généralement l'oxygène (O<sub>2</sub>), le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), et l'azote (N<sub>2</sub>) (**JEAN YVES et YUFENG, 2010**).

### **I.1.3 Importance de l'eau**

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (**BERNARD, 2007**).

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65%, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons, elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme "avertit" qu'il est en état de déshydratation (**BALDERACCHI, 2009**).

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines (**JEAN-MARIE, 2009**) :

- ✓ L'agriculture : 68 % (pour l'irrigation)
- ✓ La consommation humaine : 24 %
- ✓ L'industrie : 5 %
- ✓ Production d'énergie : 3 %.

### **I.1.4 Le cycle de l'eau**

L'eau circule sur terre sous différentes formes : nuages, pluie, rivières et océans. L'eau opère un circuit fermé qui est le même depuis des milliards d'années.

Elle va passer de la mer à l'atmosphère, de l'atmosphère à la terre puis de la terre à la mer, en suivant un cycle qui se répète indéfiniment. Au sein d'un même bassin, tous les milieux aquatiques (lacs, rivières, mer, nappes souterraines...) sont interdépendants durant ce cycle (**Site internet 1**).

Le cycle global de l'eau obéit à des mécanismes internes et externes complexes qui sont influencés par de nombreuses variables d'ordre physique et chimique. Grâce aux conditions particulières de température et de pression qui règnent sur Terre, l'eau y est présente dans ses trois états physiques (MARSILY,1995) :

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

C'est ainsi que l'on distingue quatre grands réservoirs d'eau :

- ✓ Les mers et océans.
- ✓ Les eaux continentales (superficielles et souterraines).
- ✓ L'atmosphère.
- ✓ La biosphère.

L'eau transite d'un milieu à l'autre selon un cycle interne (cf. schéma ci-dessous) qui est commandé par des mécanismes physiques dont les moteurs essentiels sont :

- ✓ L'évaporation.
- ✓ La condensation.
- ✓ Les précipitations.

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement  $\frac{1}{4}$  pénètre,  $\frac{1}{4}$  ruisselle, quant au  $\frac{1}{4}$  restants, il s'évapore à son tour (VILAGINES, 2003).

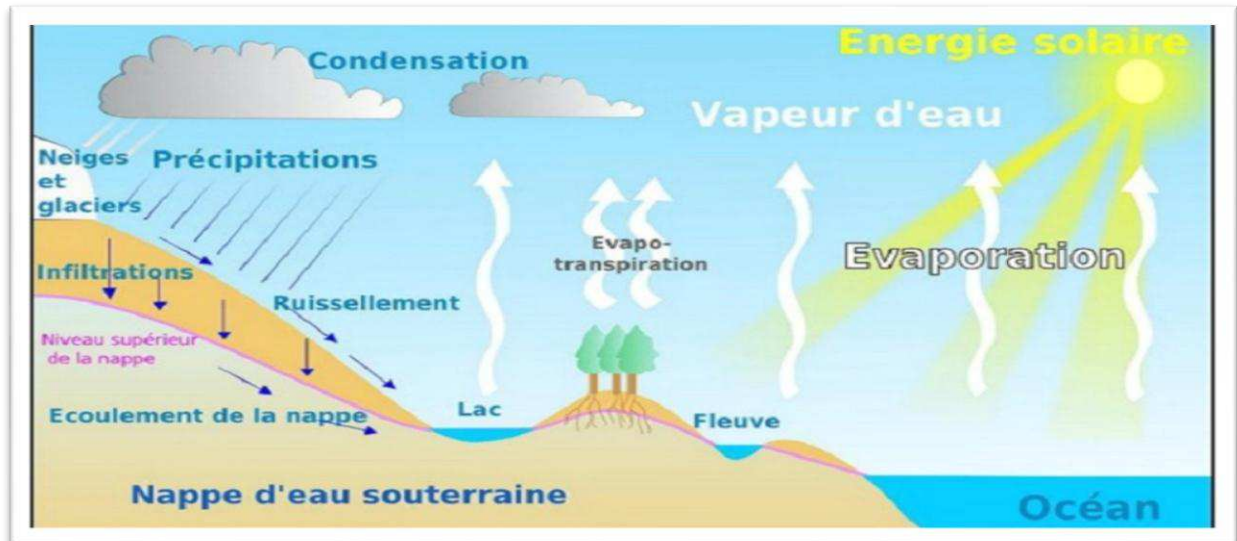


Figure 2 : Cycle générale de l'eau (MIRI, 2010)

On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » (ALAIN MAUREL, 2006) .

### I.1.5 Répartition de l'eau sur terre

L'eau est très présente sur notre planète. Ainsi, vue de l'espace, la Terre apparaît bleue, les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur Terre représente un volume d'environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>, disponible sous forme liquide, solide ou gazeuse.

L'eau douce ne représente que 3% de l'eau sur Terre, et concerne :

- Pour la majeure partie, les glaciers de montagne, et les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %).
- Les eaux douces souterraines (moins de 1 %, toutes les eaux souterraines ne sont pas douces, la majorité est salée)
- Les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03 %) l'atmosphère (0,001%), les êtres vivants (0,0001%).

La moitié de cette eau représente l'eau douce disponible pour l'usage humain c'est à dire seulement 0,3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km<sup>3</sup>. Cette eau est accessible dans différentes ressources naturelles comme par exemple les cours d'eau, les nappes peu profondes, ou encore les lacs (Site internet 2).

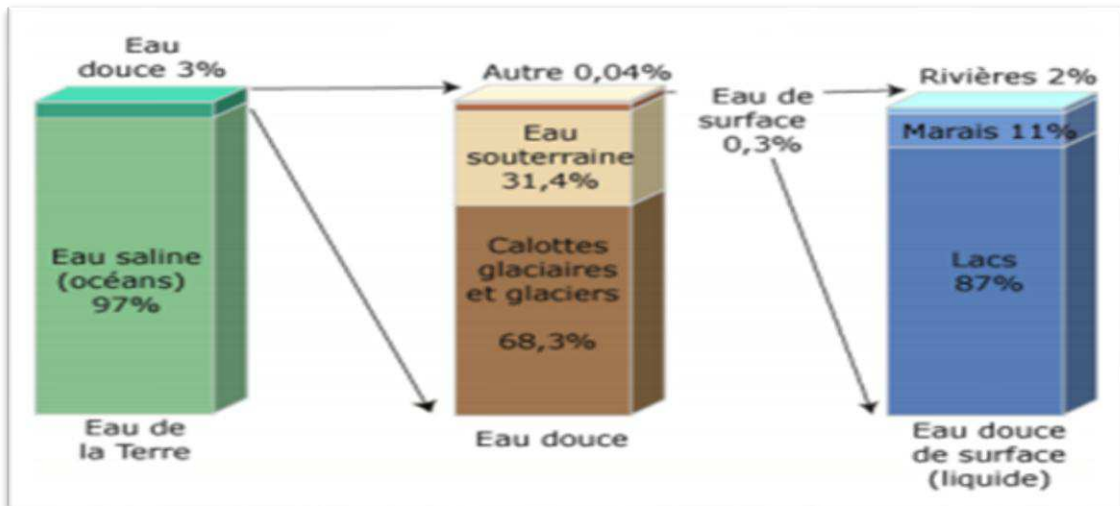


Figure 3 : Répartition de l'eau (AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE, 2016)

## I.1.6 Source d'eau

### I.1.6.1 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent une ressource en eau stratégique pour les activités humaines. Outre qu'elles représentent des volumes souvent importants, elles offrent généralement une eau de meilleure qualité que les eaux de surface. Toutefois, du fait d'un processus de renouvellement très lent, les nappes d'eaux souterraines sont particulièrement vulnérables. Dans certaines régions, les prélèvements excèdent les pluies efficaces, alors que dans d'autres, des pollutions fréquentes et surtout persistantes ont été identifiées (Ariane et IFEN, 2004)

- **Les nappes**

L'aquifère, ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab, 1992). Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol et Renard, 1997).

### I.1.6.2 Eau de Surface

Les eaux de surface proviennent surtout de pluies ; elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux souterraines. Les eaux de surface sont constituées également par les lacs, les retenues d'eau de pluies, les réservoirs de stockage d'eau et les divers procédés de retenues d'eau (citerne de récolte d'eau de pluie par exemple pour les habitants des fermes).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent plus d'infrastructures pour leur transport jusqu'aux agglomérations. Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en polluants toxiques (NEIL *et al.*, 2004) (Tableau 1).

**Tableau 1** : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (MOKDADI et MESSAI, 2015)

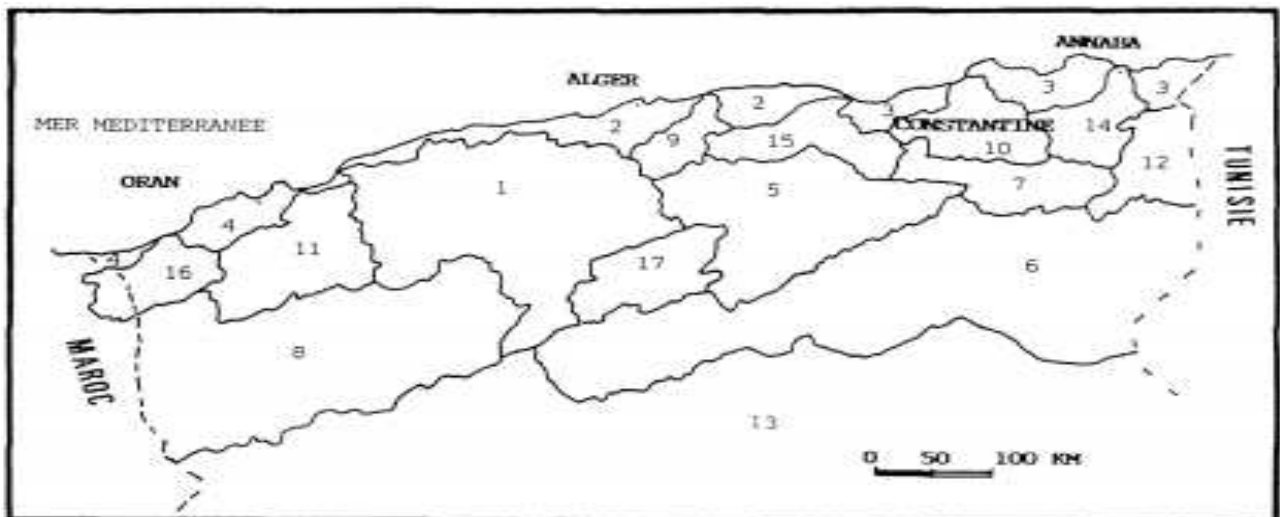
Caractéristique	Eau de Surface	Eau de Souterraines
<b>Température</b>	Variable suivant les saisons	Relativement constante
<b>Turbidité, MES</b>	Variable parfois élevée	Faible ou nul
<b>Couleur</b>	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solutions (acides humiques)
<b>Minéralisé globale</b>	Variable en fonction des terrains, des précipitations	Sensiblement constante en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fe<sup>2+</sup> et Mn<sup>2+</sup></b>	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation	Généralement présente
<b>CO<sub>2</sub> agressif</b>	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>	La plus souvent au voisinage de la saturation	Absent la plupart du temps
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Généralement présente	Souvent présent
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
<b>Nitrate, Nitrite, Silice</b>	Peu abondant en générale	Teneur souvent élevée
<b>Micropolluant minéraux et organique</b>	Présent dans les eaux de pays développés, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
<b>Éléments vivants</b>	Bactérie (dont certaines pathogènes) virus, plancton (animale et végétale)	Ferrobactéries fréquentes

### I.1.7 L'eau en Algérie

L'Algérie compte 17 bassins-versants (**Figure 4**). Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants. L'utilisation de l'eau est liée aux activités économiques. La connaissance des ressources en eau est la condition nécessaire pour une bonne gestion. Les instruments de gestion sont un outil indispensable pour l'organisation des institutions juridiques, économiques et administratives de ladite gestion (**KADI, 1997**).

Estimées en moyenne à 17,2 milliards de m<sup>3</sup>/an dont :

- 12 milliards de m<sup>3</sup> dans les régions Nord du pays
- 5,2 milliards de m<sup>3</sup>/an dans les régions Sahariennes (**BOUCHEDJA, 2012**).



**Figure 4** : Les bassins versants en Algérie, (les chiffres représentent les bassins et leurs noms géographiques) (**NEIL et al., 2004**).

## I.2 La Qualité de L'eau

### I.2.1 Qualité organoleptique

L'eau est un élément essentiel à la vie sur cette planète. Chez les humains, chaque individu consomme environ 1.5 litre d'eau par jour. Il est alors évident que les qualités physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de consommation peuvent affecter la santé et/ou nuire à sa qualité organoleptique. Cette dernière représente un critère important (**BEAUCE, 1992**).

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

### **I.2.1.1 Couleur**

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

### **I.2.1.2 Odeur**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (**RODIER,2005**).

### **I.2.1.3 Goût et saveur**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**RODIER,2005**).

## **I.2.2 Qualité physicochimique**

Ces paramètres, font l'identité de base de l'eau et sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux (**MEKAOUSSI, 2014**).

### **I.2.2.1 Qualité physique :**

#### **a) Température :**

La température de l'eau, est un facteur qui 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 (**W.H.O, 1994**). La température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (**OMS, 1994**). Par contre une

température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (**RODIER, 2005**).

**b) Potentiel hydrogène (pH) :**

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (**MAKHOUKH, 2011**).

**c) Oxygène dissous :**

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau. (**MAKHOUKH, 2011**).

**d) Matières en suspension :**

Les matières en suspension, 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, 1984**). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (**MAKHOUKH, 2011**).

**e) La conductivité électrique :**

La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Il dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. (**KAHOUL et TOUHAMI, 2014**)

**f) Turbidité :**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines ( nappes peu

profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphalométrique de turbidité ou NT (JOEL, 2003).

**g) Résidu Sec (RS) :**

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (KHELILI et LAZALI, 2015).

**I.2.2.2 Qualité chimique :**

**a) Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

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 ( $\text{NH}_4^+$ ) (GAUJOUR, 1995).

Les nitrates sont très solubles dans l'eau, ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent 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 (COULAIS, 2002).

**b) 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 (KAHOUL et TOUHAMI, 2014).

**c) Calcium :**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier

et *al.*, 2009). Les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté (KAHOUL et TOUHAMI, 2014).

**d) Dureté totale (TH) :**

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium. La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j) (HAWA, 2001).

**e) Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Il correspond à la teneur en ions OH,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  pour des pH inférieurs, à 8.3, la teneur en ions OH et  $\text{CO}_3^{2-}$  est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (MENAD et METADJER, 2012).

**f) Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :**

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du  $\text{MgSO}_4$  des terrains gypseux du Trias situés au Sud (SAHRAOUI 2015).

**g) Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (KEMMER, 1984).

**h) Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

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, 2005).

**i) Sodium ( $\text{Na}^+$ ) :**

C'est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé...) .
- Humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**RODIER, 2005**).

#### **j) Potassium K<sup>+</sup> :**

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules. Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (**KEMMER, 1984**).

### **I.2.3 Qualité Microbiologique**

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène.

- Coliformes fécaux
- Coliformes totaux
- Germe totaux
- Streptocoques fécaux
- Clostridium sulfito-réducteurs (**HAMED et al., 2012**).

#### **I.2.3.1 Recherche des germes Totaux à 22°C et 37°C pathogène :**

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra (**HAMED et al., 2012**).

### **I.2.3.2 Recherche des coliformes Totaux :**

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C ( LEYLA et *al.*, 2002)

### **I.2.3.3 Recherche des coliformes Thermo-tolérants :**

Les coliformes thermotolérants (fécaux) renferment toutes les espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae qui sont aérobies ou anaérobies facultatifs, à Gram négatif, asporulés, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5°C sur une gélose m-FC contenant du lactose. L'espèce caractéristique et principale des coliformes thermotolérants est *Escherichia coli*, mais d'autres souches de coliformes, telles *Citrobacter spp*, *Enterobacter spp* et *Klebsiella spp*, peuvent aussi se reproduire dans un milieu lactosé à 44,5°C.

Les coliformes thermotolérants (fécaux) doivent également produire une réaction positive à l'épreuve de l'ONPG (enzyme  $\beta$ -galactosidase) et une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase.

Les coliformes thermotolérants (fécaux) sont des micro-organismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale. (PIERRRE CHEVALIER et *al.*, 2003).

### **I.2.3.4 Recherche des Streptocoques Fécaux (37°C) :**

Il s'agit de Cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (LEYLA et *al.*, 2002).

### **I.2.3.5 Clostridium sulfito-réducteurs**

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (ARMAND, 1996).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positive, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridium

sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (**BOURGEOIS et MESCLE, 1996**).

### **I.3 Pollution des eaux**

#### **I.3.1 Définition**

Le terme « pollution » désigne la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des effets négatifs sont susceptibles de se produire (**FRANÇOIS, 2000**).

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- ✓ Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- ✓ Agricole (engrais, pesticides)
- ✓ Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles (**LAOUAR, 2012**).

#### **I.3.2 Principaux polluant :**

Il y a plusieurs facteurs qui causent la pollution de l'eau :

- Les matières en suspension
- Les polluants organiques
- Les matières fertilisantes
- Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants
- Les sels minéraux
- La pollution microbiologique (**LAOUAR, 2012**).

#### **I.3.3 Les types de pollution**

##### **I.3.3.1 Pollution physique**

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (**BOUZIANI, 2000**).

### **I.3.3.2 Pollution chimique :**

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles (AROUA,1994).

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (AROUA,1994).

### **I.3.3.3 Pollution biologique :**

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire (THOMAS, 1955).

### **I.3.4 Risques liés à la pollution des eaux :**

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre les maladies gastro-intestinales. En effet la pollution fécale peut introduire dans l'eau de boisson des risques:

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé de teinture, des eaux domestiques. Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puisards qui sont en communication directe avec la nappe.
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles. Il peut s'agir des industries polluantes par leurs déchets.
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles. On peut citer : les engrais, les pesticides etc...

Les différents risques de l'eau sont :

- ✓ Le risque direct : le risque d'ingestion ou risque de contact
- ✓ Le risque indirect :
  - Le péril fécal pollue l'eau par les excréments dans les ressources aquatiques, directement lorsque celles-ci sont de surface (rivière, lac, ...) ou par infiltration de la nappe phréatique .

- La mauvaise gestion des eaux souterraines polluées peut causer un multiple nombre de maladie (**DERKI et LEBBIHI, 2018**).

### **I.3.5 Les principales maladies d'origine hydrique**

#### **I.3.5.1 Maladies liées à la consommation de l'eau**

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**RODIER, 1999**).

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants :

Diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements. Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels) (**FRANÇOIS, 2008**).

#### **1. Fièvre Typhoïde :**

- Elle représente actuellement 47% de l'ensemble des MTH déclarées.
- Maladie infectieuse aigue spécifique à l'homme.
- Agent pathogène : salmonelles majeurs (*Salmonella typhi* / *Salmonella paratyphi*) et Entérobactérie gram négatif.
- Munie d'une endotoxine résistante dans le milieu extérieur, particulièrement dans l'eau (**BOUZIANI, 2000**).

#### **2. Choléra :**

- Infection intestinale diarrhéique sévère due aux vibriens cholériques.
- Agent pathogène : *Vibrio cholerae* / Bacille gram négatif (**BOUZIANI, 2000**).

**Matériels**

**Et méthodes**

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

L'objectif de notre travail de fin de cycle est le contrôle microbiologique et physico-chimique de l'eau du barrage de KEDDARA de la station d'analyse de l'eau de Boudouaou (**SEEAL**). Malheureusement, à cause de la crise sanitaire liée à la COVID-19, l'accès au laboratoire était interdit. Face à cette situation, aucune expérimentation n'a pu être réalisée. Toutefois, dans la suite de ce mémoire, nous décrivons les étapes suivies par le personnel du laboratoire SEEAL pour l'analyse du contrôle microbiologique et physico-chimiques de l'eau avant et après traitement.

### **II.1 Présentation de lieu de stage**

- SEAAL : « Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger ».
- Forme juridique : Société Par Actions (**SPA**) au capital de 1.741.000.000DA.
- Siège social : 97 Parc Ben Omar, Kouba, Alger.
- Actionnaires : 70% Algérienne des Eaux (**ADE**) et 30% office National de l'Assainissement (**ONA**).

La station de traitement d'eau de Boudouaou mise en service en 1986, la station de traitement d'eau de Boudouaou est historiquement, la plus importante infrastructure de production des eaux conventionnelles alimentant la Capitale.

Elle fait partie du système **SPIK** (Système de Production Isser Keddara) et est alimentée à partir du barrage de Keddara d'une capacité de 142 Millions m<sup>3</sup>, est alimenté par pompage depuis le barrage de Beni Amrane d'une capacité de 12 Millions m<sup>3</sup>, approvisionné par l'oued Isser d'une capacité de 640 Millions m<sup>3</sup>. (**ABDERRAHMANE,2015**)

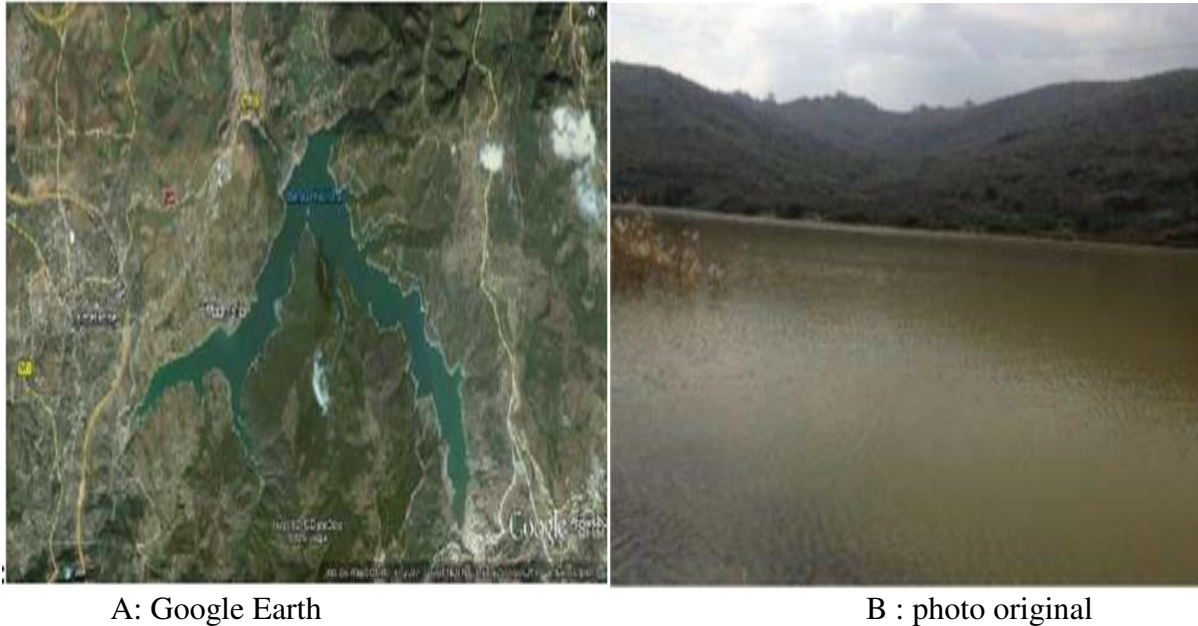


**Figure 5:** Station de traitement Boudouaou (photo original 2020)

## II.2 Description de la région d'étude : Barrage KEDDARA

Le Barrage de KEDDARA est situé sur le territoire de la Wilaya de BOUMERDES, à 8 km au sud de BOUDOUAOU et 35km de l'est d'ALGER (**Figure 6**).

L'oued KEDDARA, au droit du site et après sa confluence avec l'oued EL HAAD, prend le nom d'oued BOUDOUAOU, mais le site est cependant, généralement appelé KEDDARA. (**AGENCE NATIONALE DES BARRAGES, 1987**).



**Figure 6 : Barrage KEDDARA (CHAMBET-HEZERDJA ,2015)**

## II.3 Échantillonnage

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'élément que l'on désire analyser et cette méthode doit être réalisée avec le plus grand soin puisqu'elle doit représenter avec fiabilité l'environnement échantillonné.

Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous (**Figure 7**):

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs.
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique.
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise.
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs.



Figure 7: Sources d'échantillonnages (photo originale de laboratoire SEEAL)

## II.4 Les méthodes d'analyse

### II.4.1 Traitement de l'eau brute

La station de Boudouaou par son processus de traitement approprié élimine tous l'élément indésirable contenu dans l'eau brute et cela se matérialise par l'injection des produits chimiques dans l'eau suivant l'ordre de traitement. Les étapes de traitement sont illustrées dans la **figure 8**.

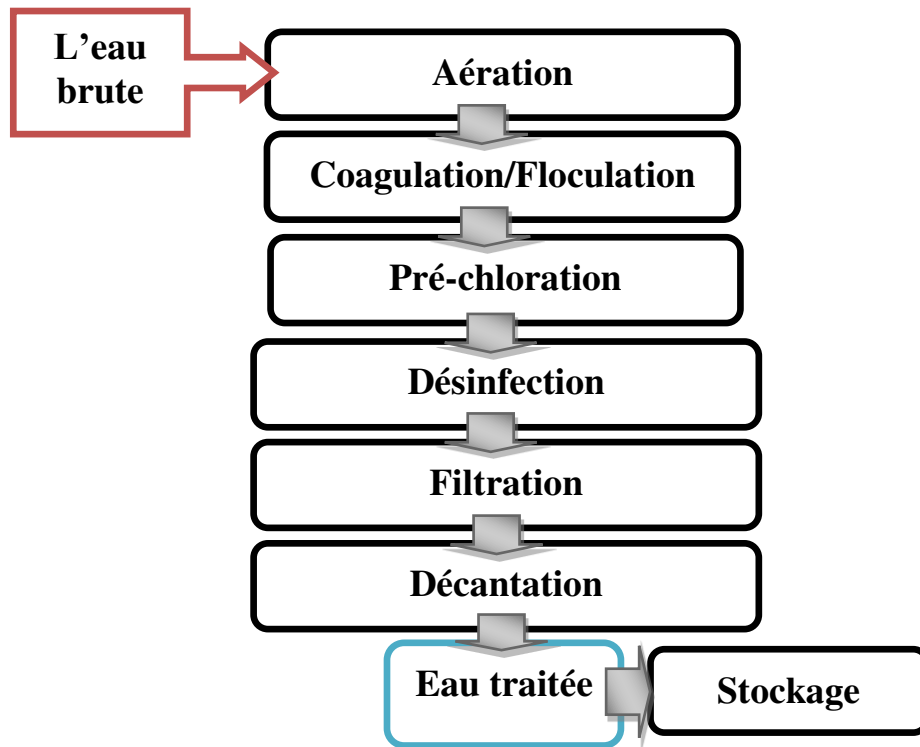


Figure 8: schéma des étapes de traitement de l'eau brute de la station de Boudouaou.

## II.4.2 Étude physicochimique

### II.4.2.1 Mesure de la température et Ph : (NORME ISO 10523)

La température et pH de l'eau sont mesurés par une méthode potentiométrique avec un pH mètre à l'aide d'une électrode au platine combiné à une sonde de température (°C)(Annexe 1)

### II.4.2.2 Mesure de la turbidité (NORME ISO 7027)

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

### II.4.2.3 Mesure de la conductivité (NORME ISO 7888)

Détermination est directe à l'aide d'un instrument approprié, de la conductivité électrique de solution aqueuse. La conductivité électrique découle de la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de :

- la concentration des ions.
- la nature des ions.
- la température de la solution.
- la viscosité de la solution.

La valeur obtenue détermine le type d'eau (Annexe 2).

### II.4.2.4 Mesure de l'Oxygène dissout (NORME ISO 6060)

#### Principe :

La teneur en oxygène dissous des eaux est mesurée à l'aide d'une sonde munie d'une électrode sensible à cette molécule, elle est exprimée en milligramme par litre (mg/l).

### II.4.2.5 Mesure de la matière en suspension (MES)

#### Principe :

- On filtre un volume de 500 ml d'eau par un papier filtre.
- On place le filtre dans l'étuve pour sécher pendant 2h à 180°C.
- Une fois le filtre déjà séché, nous les faisons sortir de l'étuve et on mesure la masse avec une balance.

Pour avoir les MES, nous faisons une opération de soustraction (la masse de filtre après séchage à l'étuve moins la masse de la filtre vide).

**Expression des résultats :**

$$MES(mg/l) = m \times 2$$

m : MES dans 500ml

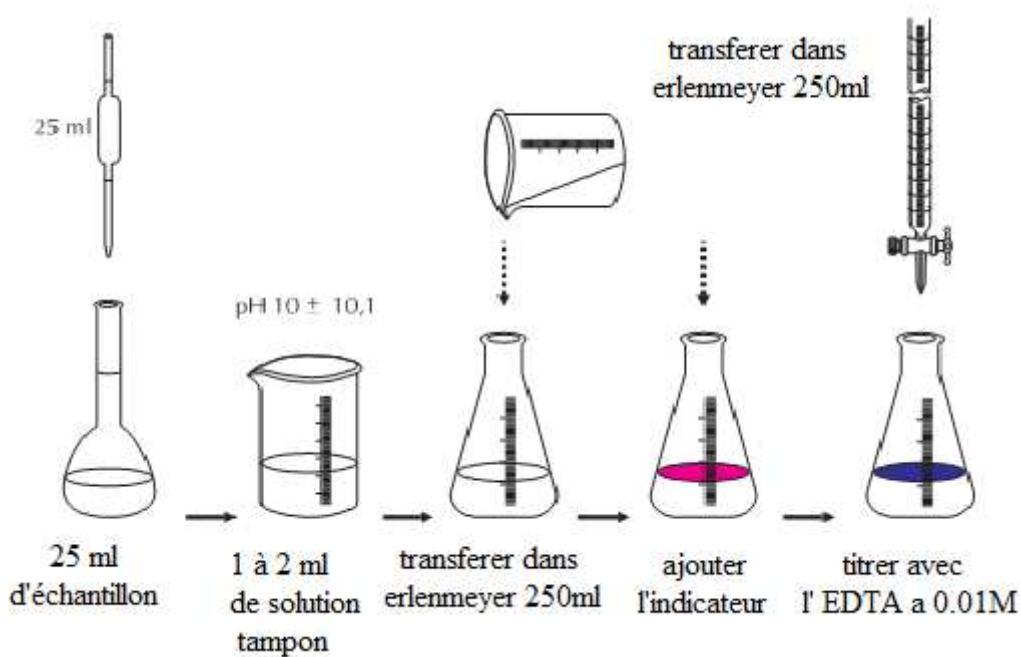
**II.4.2.6 Mesure des résidus secs**

**Principe :**

On place 50 ml de l'eau dans l'étuve à une température de 180°C, après l'évaporation on mesure la quantité des minéraux solides qui sont formés.

**II.4.2.7 Dosage de la dureté totale (titre hydrotimétrique total TH)**

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (**figure 9**).



**Figure 9:** Protocole de l'analyse de TH (FONDATION NATIONALE DE LA SANTE, 2013)

**Mode opératoire :**

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml.
- Ajouter 2ml de solution tampon pH =10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochromeT.
- La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être 10 en maintenant une Agitation.

- Verser la solution EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé ( $V_{EDTA}$ ).

**Expression des résultats :**

L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par degré français F° ( $V \times 2$ ).

**II.4.2.8 Dosage des ions calcium  $Ca^{2+}$  (NORME ISO 6055 NA 752)**

**Principe :**

Les ions calcium sont titrés avec une solution de l'EDTA à un pH entre 12 et 13, l'indicateur murexide ( $CH_8N_6O_6$ ) forme un complexe rose avec le calcium.

Lors de titrage, l'EDTA réagit avec les ions ( $Ca^{2+}$ ), l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet. Le mode opératoire et les réactifs utilisés sont illustrés dans l'Annexe 3.

**II.4.2.9 Détermination des ions magnésium  $Mg^{2+}$  (NORME ISO 6055 NA 752)**

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en  $CaCO_3$ mg/l .

$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}] \times 4.8$$

**II.4.2.10 Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)**

**Principe :**

Détermination des concentrations en ions bicarbonate ( $HCO_3^-$ ), carbonate ( $CO_3^-$ ) et l'hydroxyde ( $OH^-$ ) par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH 4.5 qui sert à calculer le TAC.

**Mode opératoire :**

- 100ml d'eau à analyser et mesurer le pH, si le pH est supérieur à 4,5.
- On verse doucement de l'acide chlorhydrique 0,1N jusqu'à obtenir un ph de 4,5, on note le volume  $V_1$  d'acide versé pour amener le pH 4,5.
- 02 à 03 gouttes de méthylorange.
- Titrer par l'acide sulfurique sous agitation jusqu'au virage rouge orange.

**Expression des résultats :**

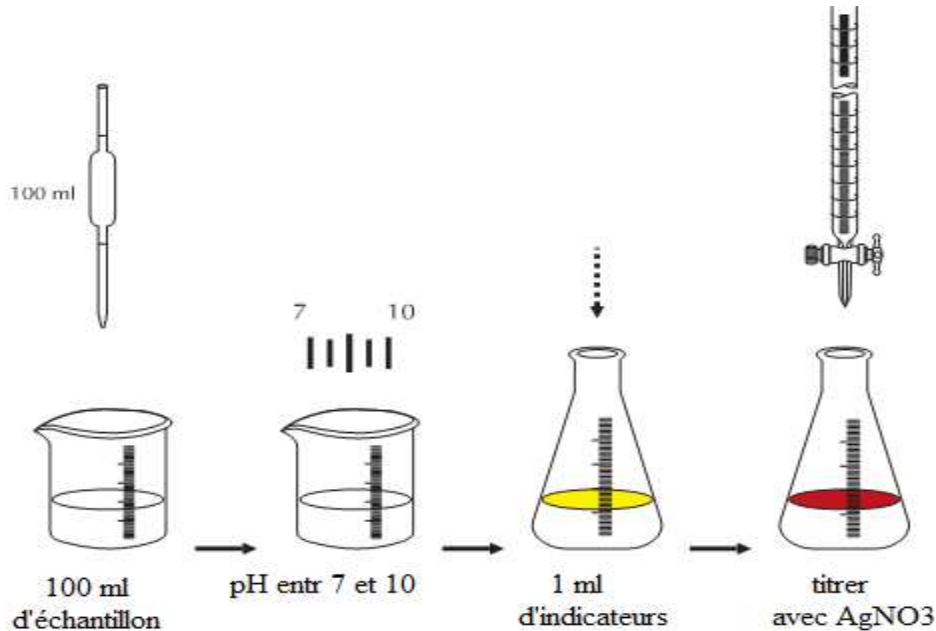
$$TAC = V_1 \times 4$$

$V_1$  : Volumede l'acide chlorhydrique lu

**II.4.2.11 Dosage d'ion chlorure  $Cl^-$  (NORME ISO NF 9297)**

**Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**figure 10**).



**Figure 10 : Protocole de l'analyse de chlorure (FONDATION NATIONALE DE LA SANTE,2013)**

**Mode opératoire :**

- Placer 100 ml d'échantillon dans le flacon erlenmeyer à col large.
- Ajuster le pH entre 7 et 10, en cas de besoin avec  $NaOH$  ou  $H_2SO_4$
- Ajouter 1 ml de la solution indicatrice de  $K_2CrO_4$ .
- Titrer la solution avec du nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution apparition d'une teinte rouge qui est le point de fin de titrage.
- Effectuer un essai en blanc de la même façon que pour l'échantillon.

**Expression des résultats :**

$$Cl^-(mg/l) = (V_s - V_B)C \times \frac{F}{100}$$

$V_s$  : volume en ml de solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon

$V_B$  : volume en ml de solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de blanc

$C$  : la concentration réelle exprimée en mol /l de solution de nitrate d'argent

F :35453(masse molaire du  $Cl$   $\times$  1000)

#### **II.4.2.12 Dosage du Bicarbonates $HCO^{3-}$**

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique.

#### **Méthode de détermination**

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

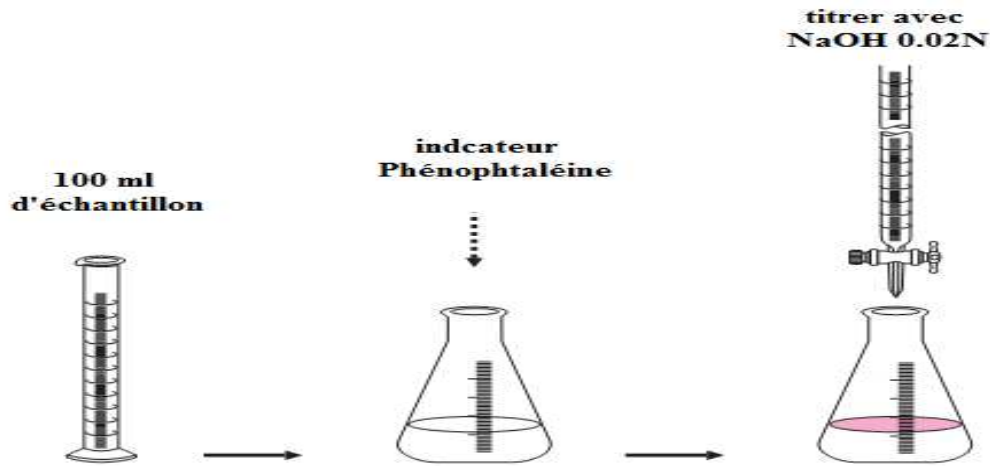
$$[HCO^{3-}] = TAC(^{\circ}F) \times 12.2$$

TAC: Alcalinité totale 1  $^{\circ}F = 10$  mg/l.

#### **II.4.2.13 Dosage de $CO_2$**

##### **Mode opératoire :**

- Introduire 10ml de la solution de d'hydroxyde de sodium N/40 dans une fiole jaugée de 200ml
- Ajouté 6 à 8 gouttes phénophtaléine.
- Compléter au trait de jauge avec l'eau à analyser sans agitation ni barbotage d'air
- Fermer la fiole avec un bouchon en caoutchouc bien propre. La solution devient rose après homogénéisation.
- Poser la fiole sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la décoloration)
- Titrer en utilisant une burette remplie avec la solution acide chlorhydrique jusqu'à la disparition de la couleur rose
- Noté le volume (A) de l'acide chlorhydrique consommé.
- Faire un essai à blanc avec hydroxyde de sodium N/40 en opérant dans les mêmes conditions que pour le dosage et noter le volume de l'acide chlorhydrique (**figure 11**).



**Figure 11:** Protocole de l'analyse de  $CO_2$  (FONDATION NATIONALE DE SANTE ,2013)

#### Expression des résultats :

La quantité de  $CO_2$  libre obtenue dans l'eau en milliéquivalents par litre est donnée par l'expression :

$$C_{CO_2} = 200 \times \left( \frac{B - A}{V} \right)$$

$C_{CO_2}$  : est la concentration de L'anhydre carbonique en milliéquivalent par litre

V : est le volume en millilitres de la prise d'essais

A : est le nombre de millilitre d'acide N/10 utilisé pour le dosage

B : est le nombre de millilitre d'acide N/10 utilisé pour l'essai à blanc

#### II.4.2.14 Dosage des sulfates $SO_4^{2-}$ (NORME ISO 22743)

La présence du sulfate dans les eaux est liée à la nature des terrains traversés.

##### Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à  $\lambda = 420$  nm. (Annexe 4)

##### Expression des résultats

$SO_4^{2-}$  (mg/l) = La valeur lue sur le spectrophotomètre.

#### **II.4.2.15 Dosage de Fer**

La présence du fer dans l'eau est :

- Soit d'origine naturelle : le fer est abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures.
- Soit due à la corrosion de canalisations de distribution en fonte ou en acier.

#### **Mode opératoire**

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrique 10%
- Ajouter 5ml de peroxydisulfate de potassium
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à douce ébullition durant environ 40 min
- Laisser refroidir et ajouter 1ml de chlorhydrate hydroxylamine et mélanger
- Ajouter 2ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH de 4.5
- Ajouter 2ml de la solution phénanthroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité
- Enfin passer au spectrophotomètre au 510 nm. (**Annexe 4**)

#### **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

#### **II.4.2.16 Manganèse $Mn^{2+}$**

##### **Principe :**

Le manganèse est oxydé en permanganate l'aide de périodate de potassium en milieu acide, le permanganate ainsi formé est dosé spectrophotométriquement à  $\lambda=525nm$  (**Annexe 4**).

##### **Mode opératoire**

- Prendre 100ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 5ml d'acide nitrique.
- Puis 5ml de solution de nitrate de mercure
- Ajouter 0.5ml de nitrate d'argent
- Chauffer pendant 5 min
- Ajouter 1ml d'acide phosphorique 85%
- Puis 10 ml de persulfate d'ammonium

- Réchauffer pendant 10min
- Enfin passer au spectrophotomètre au 525 nm

**Expression des résultats :**

Le résultat est exprimé en mg/l de  $Mn^{2+}$  .

**II.4.2.17 Dosage des Nitrites  $NO_2^-$  (NORME ISO 22743)**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH=1,9) avec le réactif amino\_4 benzènesulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel di-azoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane.

**Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre 20mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $NO_2^-$ .
- Effectuer la lecture Spectrophotométrique à 540 nm. (**Annexe 4**)

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

**II.4.2.18 Dosage des Nitrates  $NO_3^-$  (NORME ISO 13395)**

Afin de déterminer les nitrates dans les eaux, on utilise la méthode de l'acide sulfocalicylique. L'acide sulfocalicylique réagit sur les nitrates en donnant un dérivé : acide nitrosulfosalicylique de couleur jaune.

**Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Évaporer à sec à l'étuve 105°C. (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de  $H_2NO_4$  concentré et laisser reposer 10 mn et ajouter 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

**II.4.2.19 Dosage de phosphates  $PO_4^{3-}$  (NORME ISO 6878)**

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires.

**Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml de la solution molybdate acide et attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des  $PO_4^{3-}$ .

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement par spectrophotomètre en mg/l à une longueur d'onde de 880 nm (**Annexe 4**).

**II.4.2.20 Demande en chlore : (METHODE INTERNE SEAAL)**

Pour déterminer la dose optimale de chlore à injecter pour désinfecter efficacement une eau particulière, il faut donc étudier sa demande de chlore par des essais en laboratoire où l'on ajoute des quantités croissantes, connues de chlore à une dizaine d'échantillons et où l'on détermine le chlore Résiduel au bout d'un temps de contact choisi. Le chlore libre et le chlore totale sont alors mesurés dans chaque échantillon et le chlore combiné est calculé par différence. Le **mode opératoire** est donné en **Annexe 5**.

**II.4.2.21 Détermination de salinité :**

La salinité traduit le caractère salin de l'eau, elle varie considérablement d'une saison à une autre et d'une région à une autre. Elle est mesurée et exprimée à partir de la chlorinité (**RODIER,2009**)

**Expression des résultats :**

$$S\% = 0.30 + 1.8050 Cl\%$$

### **II.4.3 Étude microbiologique**

Le deuxième volet du suivi de la qualité d'une eau destinée à la consommation humaine est la recherche de la charge bactérienne qui s'y est développée. Les analyses microbiologiques ont pour but de détecter et évaluer la présence dans les eaux potables de microbes pathogènes dangereux pour l'homme.

Notre travail est basé sur la recherche des germes suivants :

- Les germes totaux
- Les coliformes totaux
- Les coliformes fécaux
- Les streptocoques fécaux
- Clostridium sulfite-réducteurs

#### ***II.4.3.1 Recherche des germes totaux (NORME ISO 6222 NA 763)***

Selon les normes internationales, les micro-organismes se définissent comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites.

#### **Mode opératoire :**

A partir de l'eau à analyser, porter 2 fois 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées. Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 15 ml de gélose TGEA et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.

#### **Incubation et lecture :**

Retourner les boîtes et incuber à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h. la lecture se fait après chaque 24h.

On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon.

#### **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml)

#### ***II.4.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes***

On utilise la méthode de filtration sur membrane pour la recherche et le dénombrement des bactéries.

**Définition :**

La filtration sur membrane est une technique de numération adaptée pour énumérer des bactéries présentes à des concentrations très faibles dans l'eau. Pour pouvoir dénombrer ces bactéries, il est alors nécessaire d'analyser des volumes d'eau importants (**figure 12**).



**Figure 12:** Rompe de filtration (**photo original de laboratoire SEEAL**)

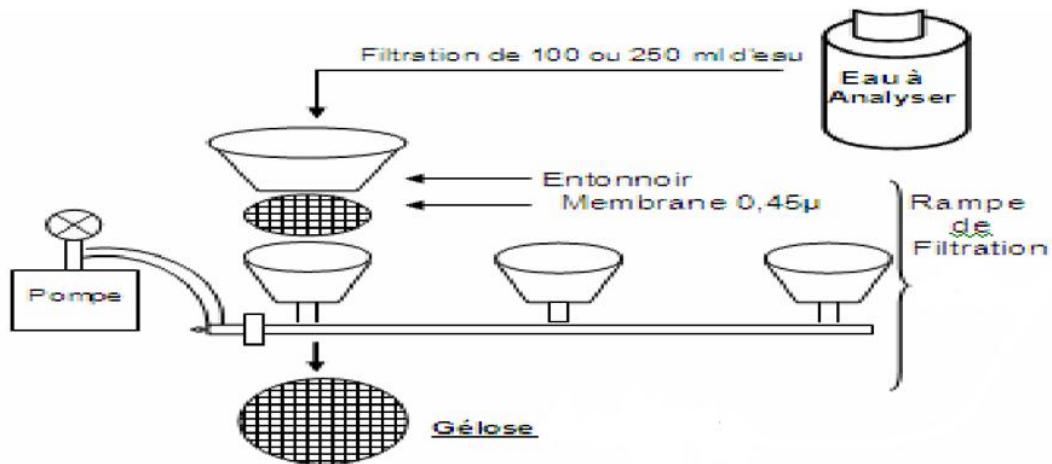
**Principe :**

Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries (0,45  $\mu\text{m}$  de diamètre). Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un milieu de culture approprié où les bactéries puisent les éléments nécessaires à sa croissance et se développent.

Après incubation, les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Selon le milieu de culture où est déposé le filtre, on met en évidence la présence de différents types de microorganismes.

**Mode opératoire**

- Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45  $\mu\text{m}$  (**figure 13**).
- Pose de cette membrane sur un milieu sélectif : la gélose lactosée au tergitol et au T.T.C.
- Incubation à  $36 \pm 2$  °C pendant  $22 \pm 2$  h.



**Figure 13:** Recherche et dénombrement des coliformes (Google image)

Après incubation, 5 à 10 colonies caractéristiques jaunes lactose positive (présentant une coloration jaune sous la membrane) seront prélevées pour confirmation (**figure 14**).



**Figure 14:** Colonies des coliformes totaux (photo original de laboratoire SEEAL)

#### Test de confirmation :

- Pour les bactéries coliformes, la confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme oxydase:

Repiquage sur gélose TSA, incubation à  $36 \pm 2$  °C pendant  $22 \pm 2$  h, puis test à l'oxydase.

Utilisé réactif PDA, imprégnés sur des disques oxydases. Ces disques est placé sur une lame et une colonie y est déposée sur le disque

- Pour les E. coli, la confirmation est basée sur la production d'indole et sa mise en évidence :

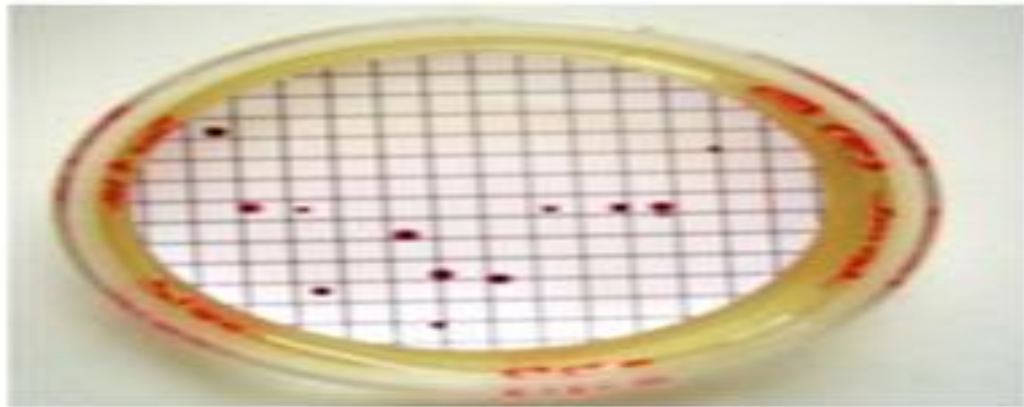
Repiquage sur bouillon au tryptophane, incubation à  $44 \pm 0,5$  °C pendant  $22 \pm 2$  h, mise en évidence de la production d'indole en ajoutant quelques gouttes du réactif de Kovac.

### II.4.3.3 Recherche des *Streptocoques fécaux* (NORME ISO 7899-2 NA 766)

#### Mode opératoire

- Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45  $\mu\text{m}$ .
- Pose de cette membrane sur un milieu sélectif : la gélose Slantz et Bartley.
- Incubation à  $36 \pm 2$  °C pendant 24 h à 48h.

Après incubation, 5 à 10 colonies caractéristiques rouge (présentant une coloration rouge sous la membrane) seront prélevées pour confirmation (**figure 15**).



**Figure 15:** Colonies des coliformes fécaux (photo original de laboratoire SEEAL)

### II.4.3.4 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfatoréductrices (NORME ISO NF T90-417)

L'objet de ce mode opératoire est de décrire une méthode de recherche et de dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par méthode de filtration sur membrane.

#### Mode opératoire :

- Destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à  $75 \pm 5$ °C (bain-marie) pendant 15 min.
- Rétenion des spores de bactéries sur le filtre de porosité 0,22  $\mu\text{m}$ .
- Incubation de la membrane sur milieu gélose Viande-Foie, additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer pendant  $22 \pm 2$ h et  $44 \pm 4$ h à 37°C.

#### Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/100ml)

**Résultats**

**Et Discussion**

### **III. Résultats&Discussion**

L'étude physico-chimique et microbiologique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité. Au cours de ce chapitre, nous présentons et discutons les principaux résultats obtenus, par le personnel de la station d'analyse de l'eau de Boudouaou (**SEEAL**) lors de la réalisation des contrôles microbiologiques et physico-chimiques de l'eau du barrage de KEDDARA avant et après traitement, et leurs comparaisons avec les normes Algériennes.

#### **III.1 Paramètres physicochimiques**

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux sont illustrés dans le tableau 2.

On comparant les résultats portés sur le tableau ci-dessous, on constate une nette évolution des paramètres de la qualité de l'eau traitée par rapport à ceux de l'eau brute. Cette évolution est due aux traitements effectués, elle est vérifiée en comparant chaque paramètre analysé entre les deux eaux et aux normes algériennes (**Annexe 6**).

##### **III.1.1 Température**

Les températures enregistrées sont comprises entre 16.4°C et 19.5°C pour l'eau brute et entre 17.5°C et 19.6°C pour l'eau traitée, la moyenne de ces valeurs est inférieure à 20°C (17,4°C et 18,5°C respectivement). Ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par le journal algérien qui est de 25°C, ceci pourrait signifier comparativement aux normes algériennes, que les eaux analysées ne sont pas excellentes mais plutôt bonnes.

##### **III.1.2 pH**

D'après les résultats du tableau 2, on remarque une légère baisse du pH de l'eau traitée (7.58 - 7.76) par rapport à l'eau brute (7.54 - 7.66). Cette variation peut être expliquée par l'utilisation de différentes doses de coagulant acide sulfurique lors du traitement, réduit ainsi le pH. Le pH de tous nos échantillon brute et traité sont dans les normes (6.5 - 9).

**Tableau 2 :** Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de Barrage KEDDARA.

Les paramètres	Eau brute			Eau traitée			Les normes Algérienne
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	
Température (°C)	16.4	19.5	17.4	17.5	19.6	18.5	25
pH	7.54	7.66	7.6	7.2	7.41	7.30	≥ 6.5 et ≤ 9.5
Conductivité (µs/cm)	1236	1270	1257	1258	1287	1275.79	2800
Turbidité(NT)	1.35	2.63	2.1	0.26	0.68	0.39	5
Oxygène dissout (mg/l)	1.2	1.5	1.4	12.8	13.1	12.93	5
MES (mg/l)	1.5	2.3	2	0	0	0	25
Résidu sec (mg/l)	943	950	947	958	960	959	1500
TH (°F)	44	44	44	45	45	45	200
TAC (°F)	18.6	18.6	19	19.3	19.3	19.3	
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	104	104	104	110	110	110	200
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	43.2	43.2	43	42	42	42	50
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	153	153	153	156	156	156	500
HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	226	226	226	230	230	230	
CO <sub>2</sub> (mg/l)	3.68	3.68	4	3	3	3	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	310	310	310	322	322	322	400
Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	0.026	0.075	0.05	0	0	0	0.3
Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	0.031	0.19	0.132	0	0	0	0.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.051	0.078	0.059	0	0	0	0.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2.4	2.4	2	3.4	3.4	3.4	50
Po <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	5
Salinité (%)	27.92	27.92	27.92	28.46	28.46	28.46	1.5
Demande en Chlore	1.9	2	1.93				

### **III.1.3 La conductivité**

Les résultats montrent une absence de différence significative entre la conductivité de l'eau brute (1257 $\mu$ s/cm) et celle de l'eau traitée (1275.79  $\mu$ s/cm). Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne qui est de 2800 $\mu$ s/cm. On déduit alors que l'eau brute ne contient pas de charge polluante très élevée, ainsi qu'une faible utilisation de produits chimiques lors du processus de traitement.

Selon **RODIER (2009)**, la conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation et la classification des eaux comme suivante :

- conductivité égale à 0.05 $\mu$ s/cm: eau déminéralisée ;
- conductivité de 10 à 80  $\mu$ s/cm: eau de pluie ;
- conductivité de 80 à 100  $\mu$ s/cm : eau peu minéralisée ;
- conductivité de 300 à 500  $\mu$ s/cm: eau moyennement minéralisée ;
- conductivité de 1000 à 3000  $\mu$ s/cm : eau saline ;
- conductivité supérieure à 3000  $\mu$ s/cm : eau de mer.

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée du barrage, sont comprises entre 1258 et 1287  $\mu$ s/cm, ce qui nous permet de dire que ces eaux sont des eaux salines.

### **III.1.4 La turbidité**

Le tableau 2 montre que les valeurs de turbidité pour l'eau brute sont comprises entre 1.35 et 2.63 NTU dues à la présence de MES, les valeurs pour l'eau traitée sont de 0.26 et 0.68 NTU, ce qui montre une nette évolution due au traitement appliqué. Selon le journal algérien n° 18 23 de 2011, la norme fixée pour la turbidité est de 5 NTU, la turbidité de l'eau du barrage répond donc à la norme recommandée.

### **III.1.5 Oxygène dissous**

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (**RODIER, 2009**), il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. La teneur moyenne dans l'eau traitée de la station est entre 12.8 et 13.1mg/l et la teneur en oxygène dissous pour l'eau brute est entre 1.2 et 1.5mg/l. Ces valeurs sont supérieures à la

valeur limite fixée par le journal algérien à 5 mg/l d' O<sub>2</sub> . Mais selon **BEAUDRY**, l'augmentation de l'oxygène dans l'eau ne pose pas un effet direct sur la santé mais, entraîne une altération organoleptique.

### **III.1.6 MES :**

La teneur en matière en suspension dans l'eau brute est comprise entre 1.5 et 10.3 mg/l cependant leur teneur dans l'eau traitée est nul et donc inférieure à la norme algérienne qui est de 25mg/l. Les teneurs élevées de MES peuvent avoir une incidence sur le développement de la vie aquatique en créant des déséquilibres entre les différentes espèces.

### **III.1.7 Résidus secs**

Le taux des résidus secs, donne des valeurs qui varient entre 943 et 950 mg/l pour l'eau brute et entre 958 et 960mg/l pour l'eau traitée, ces résultats traduisent que l'eau brute et l'eau traitée ont une minéralisation peu élevée par rapport à la norme fixée par le journal algérien de 2011 qui est de 1500mg/l.

### **III.1.8 Dureté totale (TH)**

La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de CaCO<sub>3</sub>. En général, l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium :

- inférieure à 75 mg/l est considérée comme de l'eau douce;
- entre 75 et 150 mg/l, d'eau à dureté moyenne ;
- entre 150 et 300 mg/l, d'eau dure;
- a plus de 300 mg/l, d'eau à dureté élevée (**CFPTEP, 2015**)

Les normes locales (journal algérien 2011) exigent une concentration maximale admissible de 200mg/l. Le tableau 2 montre que la dureté totale de l'eau brute est de 44°F (440 mg/l) et de 45°F (450 mg/l) pour l'eau traitée, ces valeurs indiquent que l'eau de barrage de KEDDARA est de dureté très élevées.

### **III.1.9 TAC**

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduit l'alcalinité d'une eau. D'après les analyses le Titre Alcalimétrique Complet de l'eau traitée est de 19,3, les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre.

### **III.1.10 Calcium $Ca^{2+}$**

Les teneurs en calcium de l'eau brute sont de 104 mg/l et de 110 mg/l pour l'eau traitée, les valeurs sont inférieures à la concentration maximale admissible soit 200mg/l (Normes algériennes, 2011) pour l'eau potable.

### **III.1.11 Magnésium $Mg^{2+}$**

Le tableau montre que la valeur de Magnésium dans l'eau brute est de 43 mg/l et de 42 mg/l pour l'eau traitée. Les valeurs de magnésium dans l'eau de barrage de KEDDARA sont nettement inférieures à la limite admissible du magnésium soit 150 mg/L (journal algérien 2011).

### **III.1.12 Chlorure $Cl^-$**

La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (**BELGHITI et al., 2013**). Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation. Sur la base des résultats des analyses effectuées pour l'eau du barrage, la teneur en chlorure est de l'ordre de 153 mg/l pour l'eau brute et de 156 mg/l pour l'eau traitée. Les résultats, montrent une légère augmentation du taux de chlorure de l'eau traitée par rapport à l'eau brute ce qui peut être dû à la chloration. De ce fait, la qualité de l'eau de Barrage de KADDARA est excellente.

### **III.1.13 Fer**

Les teneurs en fer total de l'eau de barrage varient de 0.026 à 0.075 mg/l pour l'eau brute. Une élimination totale du taux du fer dans l'eau traitée, est expliquée par son oxydation lors

de la chloration. La concentration en fer de l'eau de KADDARA est inférieure à la norme recommandée qui est de 0.3mg/l selon le journal algérien de 2011.

#### **III.1.14 Nitrites**

Les valeurs de nitrites comprises entre 0.051 et 0.078 mg/l pour l'eau brute et nulle pour l'eau traitée ce qui reflète l'efficacité du traitement. Les résultats de notre analyse révèlent des teneurs très faibles en nitrites et ne dépassent pas la norme 0.2 mg/l fixait par le journal algérien.

#### **III.1.15 Nitrate**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l. D'après le journal algérien, il est recommandé pour les nitrates, une valeur de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation. L'analyse des nitrates est de 2 mg/l pour l'eau brute et 3.4 mg/l pour l'eau traitée, ce qui classe l'eau du barrage de KADDARA dans les normes.

#### **III.1.16 Manganèse**

Les résultats montrent des teneurs en manganèse qui varient de 0.031 à 0.19mg/l pour l'eau brute, et de 0 mg/l pour l'eau traitée. Cependant, le traitement appliqué a eu un effet sur la teneur en manganèse, diminution qui peut être expliquée par l'oxydation du manganèse lors de la chloration. Le journal algérien de 2011, fixe la concentration maximale admissible à 0.5mg/l, ce qui classe l'eau du Barrage de KADDARA dans les normes recommandées.

#### **III.1.17 Sulfate $SO_4^-$**

Dans l'eau brute, il a été enregistré une valeur de 310mg/l alors que dans l'eau traitée une valeur de 322 mg/l. La réglementation algérienne recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible, donc ces valeurs restent incluses dans les normes.

### **III.1.18 Salinité**

Les mesures de la salinité de l'eau brute montrée une valeur de 0.327 % , et de 0.328 % pour l'eau traitée qui sont inférieures à celle exigée par la norme algérienne 1,5% d'où le caractère de la salinité de cette eau est vérifié. Ce comportement de salinité est étroitement lié aux apports en eau douce, et à la faible évaporation de l'eau qui augmente la concentration de sel au milieu.

## **III.2 Paramètres Microbiologiques**

Les analyses microbiologiques des eaux permettent ainsi d'apprécier le risque dû à des microorganismes pathogènes, susceptible d'être trouvés dans les eaux de consommation, et de ce fait, de provoquer des maladies, ainsi que de contrôler l'efficacité des traitements de désinfection.

Les résultats des analyses microbiologiques sont présentés dans le tableau 3.

### **III.2.1 Les coliformes totaux**

Les coliformes totaux ne sont pas tous d'origine fécale. Ils ne sont pas indicateurs d'une pollution fécale. Leur recherche est cependant utile pour contrôler la qualité d'une eau après traitement.

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus indiquent la présence des coliformes totaux (120 µfc/100ml) dans l'eau brute, et leur absence dans l'eau traitée, ce qui confirme l'efficacité de traitement. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

### **III.2.2 Les coliformes fécaux**

Les Coliformes fécaux sont les plus importants des paramètres microbiologiques pris en compte dans le contrôle de la qualité des eaux, et leurs présences sont suffisantes pour confirmer une contamination fécale. Les résultats montrent une augmentation des coliformes thermotolérants dans l'eau brute avec une moyenne de 7 ufc/ml et d'une valeur nulle pour l'eau traitée ce qui est conforme aux normes algériennes.

**Tableau 3** : Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de Barrage de KEDDARA.

Les paramètres	Eau brute			Eau traitée			Normes Algérienne
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	
<b>Coliformes totaux</b> µfc/100ml	10	280	120	0	0	0	0
<b>Coliformes fécaux</b> µfc/100ml	1	20	7	0	0	0	0
<b>Streptocoques fécaux</b> µfc/100ml	0	0	0	0	0	0	0
<b>Germe totaux 22C°</b> µfc/100ml	40	130	93	0	0	0	0
<b>Germe totaux 37C°</b> µfc/100ml	60	100	80	0	0	0	0
<b>Sulfito-reducteurs</b> µfc/100ml	8	8	8	0	0	0	0

### III.2.3 Streptocoques Fécaux

Les Streptocoques Fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Néanmoins considérés comme indicateurs d'une contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes fécaux (ancienne). D'après les résultats du tableau 3 les valeurs des streptocoques fécaux sont dans les normes.

### III.2.4 Germes Totaux à 37°C

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le nombre des germes totaux à 37°C pour l'eau brute avec une moyenne de 80 ufc/100ml. Ce qui permet de conclure, que le barrage de KEDDARA est pollué avec les rejets directs ; soit par des déchets industriels, soit par des eaux usées domestiques. Le traitement effectué aux eaux de barrage, permet d'obtenir des eaux exemptes de germes recherchés, ceci s'explique par l'action directe du chlore sur les microorganismes. Ce qui montre que les eaux traitées sont conformes aux normes Algériennes de potabilité.

### **III.2.5 Germes Totaux à 22°C**

Ce dénombrement a pour objectif d'apprécier quantitativement la charge microbienne existant dans l'eau. Les résultats montrent que les germes totaux à 22 °C de l'eau brute aient de moyenne 93 ufc/100ml indiquant une contamination de l'eau brute de barrage de KEDDARA, or une absence totale de ces germes dans l'eau traitée.

### **III.2.6 Clostridium Sulfito-réducteurs**

Sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Les valeurs de Clostridium Sulfito-réducteurs sont de 8 $\mu$ FC/100ml pour l'eau brute et une absence totale de ces germes pour l'eau traitée, ceci peut être expliqué par l'efficacité du traitement appliqué. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

Du point de vue microbiologique les résultats obtenus montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution, telle que les Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux, les Clostridium sulfito-réducteurs et les germes totaux dans l'eau traitée, ce qui reste dans les normes algériennes. (**Annexe 7**)

On conclut que les eaux traitées par la station de Boudouaou présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques et bactériologiques conformes aux normes algériennes de potabilité donc acceptables pour l'alimentation humaine (**Annexe 6 et 7**).

### **III.3 Discussion**

Nous comparons nos résultats d'analyses microbiologiques de l'eau de Barrage KEDDARA réaliser en 2020 avec d'autre résultats obtenus en 2015 par **SI ABDERRAHMANE (2015)**, par la même station (SEEAL).

**Tableau 4** : Les moyennes des résultats d'analyses physicochimique de l'eau brute et traitée de barrage KEDDARA (2015 et 2020).

Paramètres physicochimiques	Eau brute		Eau traitée		Les normes Algériennes
	2015	2020	2015	2020	
Température (°C)	13.57	17.4	13.9	18.5	25
pH	7.8	7.6	7.4	7.30	≥ 6.5 et ≤ 9.5
Conductivité (µs /cm)	1261	1257	1274.61	1275.79	2800
Turbidité(NT)	2.42	2.1	0.3	0.39	5
Oxygène dissout (mg /l)	1.41	1.4	12	12.93	5
MES (mg /l)	3	2	0	0	25
Résidu sec (mg /l)	964	947	968	959	1500
TH (°F)	40	44	47	45	200
TAC (°F)	18.2	19	19	19.3	
Ca <sup>2+</sup> (mg /l)	100	104	108	110	200
Fe <sup>2+</sup> (mg /l)	0.07	0.05	0	0	0.3
Mn <sup>2+</sup> (mg /l)	0.153	0.132	0	0	0.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg /l)	0.06	0.059	0	0	0.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg /l)	3	2	3.1	3.4	50
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg /l)	0	0	0	0	5

**Tableau 5** : Les moyennes des résultats d'analyses microbiologique de l'eau brute et traitée de barrage KEDDARA (2015 et 2020).

Paramètres microbiologique	Eau brute		Eau traitée		Les normes algériennes
	2015	2020	2015	2020	
Coliformes totaux	106.75	120	Abs	Abs	0 ufc /100ml
Coliformes fécaux	6	7	Abs	Abs	0 ufc /100ml
Germes totaux	129.5	93	Abs	Abs	0 ufc /1ml

Les tableaux ci-dessus représentent les résultats d'analyses microbiologiques de l'eau brute et traitée de barrage KEDDARA extraits de mémoire de fin d'étude, réalisés par **SI ABDERRAHMANE (2015)** et nos résultats (2020).

En comparant les résultats, on constate une nette évolution des paramètres de la qualité de l'eau traité par rapport à ceux de l'eau brute. Cette évolution est due aux traitements effectués, elle est vérifiée en comparant chaque paramètre analysé entre les deux eaux.

Les résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de Barrage KEDDARA obtenues par **SI ABDERRAHMANE (2015)**, sont similaires avec nos résultats obtenus en 2020, cela est dû à l'utilisation de la même méthode de traitement de l'eau au niveau des stations de traitement Boudouaou depuis 2015.

Les résultats d'analyses microbiologiques obtenues par **SI ABDERRAHMANE (2015)** et nos résultats montrent une grande similitude dans la charge microbienne de l'eau de barrage KEDDARA.

Après le traitement effectué aux eaux de barrage, on a obtenu des eaux avec absence de tous les germes recherchés, ceci s'explique par l'action directe du chlore sur les microorganismes lors du traitement des eaux brutes. Ce qui montre que les eaux traitées par la station de Boudouaou sont conformes aux normes Algériennes de potabilité.

**Conclusion générale**

**Et perspectives**

## **Conclusion**

L'eau est un élément essentiel pour la vie quotidienne des êtres vivants d'une manière générale et pour l'être humain d'une manière spécifique.

L'objectif principal de ce travail est consacré à réaliser des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau brute et traitée de Barrage de KEDDARA de la commune de BOUDOUAOU Wilaya de BOUMERDES.

Les résultats enregistrés après la réalisation des différentes expérimentations exigées par les différents protocoles appliqués ont permis d'établir les affirmations suivantes :

- La température moyenne est de 18,5°C.
- Une conductivité de 1275.79  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ce qui nous permet de classer l'eau de barrage de KEDDARA comme une source d'eau saline
- Un pH compris entre 7.58 et 7.76, de ce fait les eaux du barrage sont des eaux alcalines.
- La moyenne de la dureté totale de barrage KEDDARA est de 450mg/l, donc de dureté très élevées.
- Absence totale des paramètres de pollution « Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).
- Absence totale du Fer (Fe) et de Manganèse (Mn).
- Absence totale de tous les germes microbiens.

À travers ces résultats, il est constaté que la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes algériennes. Donc l'eau de Barrage de KEDDARA est de qualité physico-chimique acceptable.

L'analyse microbiologique a révélé que le taux des germes totaux, coliformes totaux et fécaux ainsi que des streptocoques fécaux sont conformes aux normes algériennes, donc l'eau est de bonne qualité bactériologique.

Les eaux de Barrage KEDDARA traitées par la station du BOUDOUAOU présentent des valeurs des paramètres physico-chimiques et microbiologiques conformes aux normes algériennes de potabilité donc acceptables pour l'alimentation humaine.

**Références**

**Bibliographiques**

**A**

**AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE, 2016** : Le, U.S. Geological Survey.

**AGENCE NATIONALE DES BARRAGES, 1987** : Monographie barrage KEDDARA.

**ALAIN MAUREL, 2006** : « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres

**AOUISSI. A&HOUHAMD. M, 2014** « Contribution a l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de BELKHEIR et BOUMAHRA Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien) ». Université 8 Mai 1945 Guelma (Algérie), p12.

**ARIANE B ET IFEN, 2004** : L'état des eaux souterraines en France Etudes et travaux n°43.

**ARMAND. L, 1996** :Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.

**AROUA. A, 1994** : L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, 73-85p.

**B**

**BALDERACCHI, 2009** : « L'eau dans l'organisme », Centre national de la recherche scientifique (CNRS) <sup>2</sup>.

**BEAUCE, 1992** : Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-BROUGHTON (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement Rapport scientifique No. 367 Présenté à l'Association de Chasse et de Pêche des Cantons de BROUGHTON Inc. et à la Municipalité d'East-BROUGHTON station.

**BELGHITI M.L.1, CHAHLAOUI A.1, BENGOUNI D.2, EL MOUSTAINE R.1 ; 2013** : étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de MEKNES (MAROC).

**BENBOUZID. H&FARES. KH, 2017** : « Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de (ABDELMELEKRAMDANE) ».Mémoire de master II en biologie, Université Abdelhamid IBNBADIS-Mostaganem., p 3.

**BERNARD C, 2007** : « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », édition BIBLIOBAZAAR.

**BOUCHEDJA ABDELLAH, 2012** : (LA POLITIQUE NATIONALE DE L'EAU EN ALGÉRIE 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie – (Directeur Général ABHCSM Euro-RIOB).

**BOURGEOIS C.M, MESCLE J.F, 1996** : Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .P : 5- 6.

**BOUZIAN.M, 2002**, les pathologies infectieuses : aspects épidémiologiques et prophylactiques, édition Dar El Gharb.

**BOUZIANI.M,2000** : L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN KHALDOUN ORAN. 247p.

## C

Cedeboc, p 135-192.

**CHAMBET-HEZERDJA.F,2015** :étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux du lac de barrage KEDDARA (W. BOUMERDES) avant et après traitement par la station de BOUDOUAOU.

**COULAIS J. M, (2002)** : Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. Des ateliers.

Critères d'hygiène. 2ème édition. Vol 2.Genève.

## D

**DERKI.H et LEBBIHI.R, 2018** : Etude de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-OUED mémoire de fin d'étude en Biochimie appliqué Université ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'el-Oued.

## F

**FONDATION NATIONALE DE LA SANTE, 2013** : Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau 4ème édition Brasilia

**FRANÇOIS ANCTIL, 2008** : L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck. P:134.

**FRANÇOIS R, 2000** : « Dictionnaire encyclopédique de la pollution », Edition internationale Paris.

## G

**GAUJOUR D, 1995** : La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2eme édition Lavoisier. P : 49.

## H

**HAMED. M, GUETTACHE. A, BOUAMER. L,2012** : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage DJORF-TORBA Bechar. Université de Bechar.

**HAWA .S,2001**: Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la Ville de Bamako. Université de BAMAKO.

## J

**JEAN YVES UWAMUNGU et YUFENG JIANG, 2010** : Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière RWASAVE Mémoire de fin d'étude.

**JEAN-MARIE, 2009** :Halsdorf au Forum mondial de l'eau à Istanbul.

**JOEL. G ,2003** : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris.

## **K**

**KADIA, 1997** : La gestion de l'eau en Algérie, Hydrological Sciences Journal, 42:2, 191-197, DOI: 10.1080/02626669709492019.

**KAHOUL&TOUHAMI, 2014** : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la Ville d'Annaba (Algérie). Université BADJI MOKHTAR. Annaba BP12 Algérie.

**KEMMER. F, 1984.** Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation. P: 95- 96-112.

**KETTAB A, 1992** : « Traitement des eaux : Les eaux potables », Edition : Office des Publications Universitaires. Alger.

**KHELILI .R, et LAZALI .D, 2015:** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage HARRAZA (Wilaya de AINDEFLEA).

## **L**

**LAOUAR. M, 2012** : « Etude du comportement des polluants dans les eaux souterraines (cas des eaux potables) de la région de Ouargla sud est algérien »mémoire master Génie de l'environnement Université KASDI MERBAH OUARGLA.

**LEPELTIER S, 2005** : Un bon état écologique des eaux.

**LEYLA. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F, 2002** : Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris.

## **M**

**MAKHOUKH .M, 2011** : Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.

**MARSILY, 1995** : L'eau sur la Terre, L'eau : un cycle continu.

**MEKAOUSSI. N, 2014** : « Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de HAMMAMDEBAGH (est algérien) ». Mémoire de Magister en Hydraulique, Université HADJLAKHDAR –BATNA, p5.

**MENAD. K et METADJER ,2012** : Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de KHEMIS Miliana .Université KHEMIS Miliana.

**MOKDADI. H, et MESSAI AHMED. N, 2015:** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-oued (Cas du Lac AYATA, Chott MAROUAM, Lac SIF EL-MENADI et Chott HALLOUFA.

## **N**

**NEIL A. CAMPBELL & JANE B. REECE, 2004.** Adaptation française : Richard Mathieu « Biologie » 2<sup>ème</sup> édition.

**NORME ISO 6222 NA 763.** Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables. Méthode par comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture gélosé.

**NORME ISO 6222 NA 763.** Recherche et dénombrement des microorganismes anaérobies *Clostridium Sulfito-réducteurs*. Méthode par filtration sur membrane.

**NORME ISO 7899-2 NA 766.** Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux. Méthode par comptage des colonies par filtration sur membrane.

**NORME ISO 9308-1.** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux. Méthode par comptage des colonies par filtration sur membrane.

## **O**

**OMS (Organisation mondiale de santé), 1994 :** Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2<sup>ème</sup> édition. Volume 1. Genève:18.

## **P**

**PIERRE CHEVALIER, PH. D.2003 :** en collaboration avec les membres du Groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), des directions de santé publique du Québec (DSP) et du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2<sup>ème</sup> édition.

## **R**

**REGGAM 1, BOUCHELEGHEM 2. H, HOUHAMDI 1. M, 2015:**Qualité Physico-chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis). Université 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie.

**RODIER .J ,2005 :** (l'Analyse d'eau). 5<sup>ème</sup> édition.

**RODIER J, 2004.** « Analyses de l'eau », Dunod 8<sup>ème</sup> édition, Paris, France.

**RODIER. J, 1999** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7eme édition: Dunod, Paris.

**RODIER. J, 2005** : L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

## S

**SAHRAOUI. N ,2015**: Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.

**Site 3** :[http://www.eau-poitou-charentes.org/IMG/pdf/cycle\\_naturel\\_eau.pdf](http://www.eau-poitou-charentes.org/IMG/pdf/cycle_naturel_eau.pdf) (documents de L'O .R.E aout 2016) .

**Site1** :<https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/cycle-de-leau/>

**Site2 :CE2 MIRI, 2010**: « Le cycle de l'eau »(2010), sur site CE2 MIRI école de MATAIREA. Consulté le 12mars. 2019. <http://ce2miri.unblog.fr/2010/11/04/quelques-nouvelles/>

## T

**THOMAS. O,1955** : Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier

**TIR E 1, DECHE. M 2, BOUNOUIRA. Y 1, CHEDAD. A ,2017** : qualite physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources de la commune de TISSEMSILT « cas de AIN LOURA et AIN SFA » 1 Université Tlemcen. 2 Université Tiaret. Algérie.

## V

**VILAGINES. R, 2003** : Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2emeEdition : Tec et Doc. Lavoisier. P: 3- 187.

## W

**W.H.O. (World HealthOrganization), 1994** : Directive de qualité de l'eau de boisson.

# **Annexes**

**Annexe 1 : Mesure de la température et PH (pH mètre):**



**Annexe 2 : Mesure de la conductivité**

Type d'eau d'après la valeur de la conductivité :

- Eau douce = Moins de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Eau minérale = Entre de 200 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Eau salée = Plus de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

**Annexe 3 : Dosage des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$**

**Réactifs :**

Solution d'EDTA 0.01 mol/l.

Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N.

Indicateur coloré de murexide ( $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$ ).

Solution étalon de référence de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) 100 mg/l.

**Mode opératoire :**

- Prendre 50 ml de l'échantillon dans une fiole de 100 ml.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- Ajouter une pincée du murexide puis mélanger.
- Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

## Annexe 4 : Méthodes d'analyse Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Tous les dosages sont effectués au niveau d'un spectrophotomètre



### Mode opératoire

- Appuyer sur programme HACH : Sélectionner le programme qui correspond à chaque élément mesuré.
- Transférer 10 ml d'eau distillée dans une cuve (blanc).
- Transférer 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve (l'échantillon préparé).
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve de l'échantillon préparé.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, en suite OK, une période de réaction va commencer.
- Lorsque la minuterie ralentie, essuyer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve.
- Appuyer sur zéro, l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- Lire le résultat directement sur l'écran en mg/L.

**Remarque :** la préparation du blanc et de l'échantillon varie d'un dosage à un autre.

## Annexe 5 : Détermination de demande en chlore

### Mode opératoire :

- Préparer une série de l'eau à analyser dans des bouteilles en verre teinté de 1 L
- Injecter des concentrations graduées de chlore dans chacune

- Laisser en contacte 2H à l'obscurité
- Par un spectrophotomètre on mesure la concentration de chlore résiduelle.

**Annexe 6 : Paramètres avec valeurs limites (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)**

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	mg/l	5	

	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Phénols	µg/l	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1

**Annexe7: Paramètres microbiologiques (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)**

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices y compris les spore	nb/20ml	0