

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2019

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV      Filière : Sciences Ecologiques  
Spécialité : Biodiversité et Environnement

Présenté par :

CHIBANE Katia & DJENNAD Lynda

*Thème*

*Caractérisation physico-chimique et dosage de quelques métaux lourds de certaines sources d'eau de la région de M'Chedallah wilaya de Bouira*

Soutenu le : 06/ 07 / 2019

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
Mr. Lekbal Farouk	MAA	Université de Bouira	Président
Mr. LAMINE Salim	MCB	Université de Bouira	Examineur
Mr. TAFER Mourad	MAA	Université de Bouira	Promoteur

*Année Universitaire : 2018/2019*

## ***Remerciements***

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous à donner la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur **M. TAFER**, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nous exprimons nos respectueux remerciements à Monsieur **A. SAIKI** responsable de laboratoire de l'ADE de nous avoir accueillis dans son laboratoire ainsi qu'à Madame **N. LALEGUE**, pour la réalisation des analyses d'eaux et à toute l'équipe de laboratoire.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **K. LEKBAL** et **S. LAMINE** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à remercier vivement nos parents, nos frères et sœurs pour leur amour qui est le meilleur des encouragements.

Enfin, nous réservons un vif remerciement à tous nos amis et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## *Dédicace*

***Je*** dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers Parents* sans leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements je ne serais jamais arrivée à réussir dans mes études. Je sais bien quel que soit les remerciements que je leurs adresse c'est peu, que Dieu les protège et leur donne la santé et une longue vie.

*Ma chère sœur* Lyna.

*Mon cher frère* Rafik.

*Mes grands Parents* que Dieu les bénisse.

*Ma famille* (tantes et oncles, cousins et cousines).

Une spéciale dédicace à *une personne* qui compte beaucoup pour moi.

*Mes adorables amis.*

*Katia*



## *Dédicace*

*Je* dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers Parents* sans leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements je ne serais jamais arrivée à réussir dans mes études. Je sais bien quel que soit les remerciements que je leurs adresse c'est peu, que Dieu les protège et leur donne la santé et une longue vie.

*Mes chers frères* Juba, Mazigh, Mamah.

*Mes grands Parents* que Dieu les bénisse.

*Ma famille* (tantes et oncles, cousins et cousines).

Une spéciale dédicace à *la famille Haichour*.

*Mes adorables amis.*

**Lynda**



## Résumé

Ce travail de fin de cycle porte sur l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (conductivité, turbidité, salinité, potentiel hydrogène, température, taux de salinité, TAC, dureté total) et sur le dosage des cinq métaux lourds (fer, manganèse, cuivre, zinc, sélénium) dans les eaux de quatre sources « Aziza », « Ighzar Mézave », « Akhrive Oumalou » de la commune Aghebalou, et « Insar Avarkan » situé à la commune de Saharidj daïra de M'Chedallah représentent des ressources importantes vu leur apport à subvenir la demande en eau de consommation des habitants sachant que l'eau du réseau d'alimentation en eau potable fait souvent défaut.

La mesure des paramètres physico-chimiques a été effectuée par appareillages électroniques à l'aide d'un multi-paramètre, le dosage des métaux lourds fut réalisé par spectrophotométrie. Les résultats des analyses de ces derniers montrent que ces sources répondent aux différentes normes algériennes. On conclue que l'eau des sources concernées est de bonne qualité, aussi elle répond aux conditions de potabilité. On définitive, la qualité de l'eau de ces quatre sources ciblées est considérée bonne, saine et propre à la consommation humaine.

**Mots clés :** Analyses physico-chimiques, Eau, Métaux lourds, Dosage.

## **Abstract**

This end-of-cycle work deals with the analysis of some physico-chemical parameters (conductivity, turbidity, salinity, hydrogen potential, temperature, salinity, TAC, total hardness) and on the quantification of the five heavy metals (iron, manganese, copper, zinc, selenium) in the waters of four sources « Aziza », « Ighzar Mézave », « Akhrive Oumalou » of Aghebalou commune, and « Insar Avarkan » located in the commune of Saharidj daïra M'Chedallah represent important resources. Given their contribution to meeting the demand for drinking water for residents, knowing that water from the AEP network is often lacking.

The measurement of the physico-chemical parameters was carried out by electronic equipment using a multi-parameter, the determination of heavy metals was performed by atomic absorption spectrophotometry. The results of the analyzes of the latter show that these sources meet the different Algerian standards. It is concluded that the water from the sources concerned is of good quality, so it spreads to the conditions of potability. Ultimately, the water quality of these four targeted sources is considered good, safe and fit for human consumption.

**Keywords :** Analyzes physico-chimiques, Water, Heavy metals.

## ملخص

يركز هذا العمل في نهاية الدورة على تحليل بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية (الموصلية ، التعكر ، الملوحة ، إمكانات الهيدروجين ، درجة الحرارة ، الملوح ، الصلابة الكلية) وتحديد المعادن الثقيلة الخمسة (الحديد ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، السيلينيوم) في مياه أربعة مصادر "عزيزة" ، "أغزر مزاييف" و "أخري أومالو" من بلدية أغبالو والينابيع السوداء الواقعة في بلدية سحاريح دائرة مشد الله موارد مهمة بالنظر إلى مساهمتها في تلبية الطلب على مياه الشرب للسكان مع العلم أن المياه من شبكة إمدادات مياه الشرب غالبًا ما تكون غير متوفرة.

تم إجراء المعلمات الفيزيائية والكيميائية بواسطة المعدات الإلكترونية باستخدام معلمات متعددة، وتم إجراء تقدير المعادن الثقيلة بواسطة القياس الطيفي للامتصاص الذري. تظهر نتائج تحليلات الأخيرة أن هذه المصادر تلبية المعايير الجزائرية المختلفة. وخلص إلى أن المياه من المصادر المعنية ذات نوعية جيدة، لذلك ينتشر لظروف القابلية للشرب. في نهاية المطاف، تعتبر نوعية المياه لهذه المصادر الأربعة المستهدفة جيدة وأمنة ومناسبة للاستهلاك البشري.

**الكلمات الرئيسية:** التحليلات الفيزيائية والكيميائية، ماء، المعادن الثقيلة، جرة.

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : La molécule de l'eau.....	3
<b>Figure 2</b> : cycle générale de l'eau.....	5
<b>Figure 3</b> : Les différentes nappes d'eau souterraine.....	10
<b>Figure 4</b> : Classification périodique des éléments.....	16
<b>Figure 5</b> : Carte de Situation Géographique de la Daïra de M'Chedallah.....	26
<b>Figure 6</b> : DIAGRAMME CLIMATIQUE M'CHEDALLAH.....	27
<b>Figure 7</b> : Contrôle de qualité d'une eau de consommation.....	29
<b>Figure 8</b> : Organigramme du laboratoire.....	30
<b>Figure 9</b> : pH mètre de mesure.....	33
<b>Figure 10</b> : Turbidimètre.....	34
<b>Figure 11</b> : Conductivimètre.....	35
<b>Figure 12</b> : Spectrophotomètre UV-Visible.....	43
<b>Figure 13</b> : Spectromètre d'absorption atomique avec flamme (SAAF).....	46
<b>Figure 14</b> : Spectromètre d'absorption atomique (SAA).....	49
<b>Figure 15</b> : Valeurs du pH de l'eau des différents échantillons.....	53
<b>Figure 16</b> : Variation de Température (C°).....	53
<b>Figure 17</b> : Variation de Turbidité (NTU) .....	54
<b>Figure 18</b> : Variation du Conductivité (µS/cm).....	55
<b>Figure 19</b> : Variation de Salinité .....	55

<b>Figure 20:</b> Teneurs en Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) dans l'eau de sources.....	56
<b>Figure 21:</b> Teneurs en Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ) dans l'eau des sources.....	57
<b>Figure 22:</b> Teneurs en chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) dans l'eau des sources.....	57
<b>Figure 23:</b> Titre alcalimétrique complet(TAC).....	58
<b>Figure 24:</b> Dureté total (TH) des différents échantillons.....	58
<b>Figure 25:</b> Variation de teneur en Fer (Fe).....	59

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.....	6
<b>Tableau 2</b> : classification des eaux selon la température.....	12
<b>Tableau 3</b> : Les normes de potabilité d'une eau de consommation.....	15
<b>Tableau 4</b> : Classification des principaux ETM selon leur affinité pour des ligands oxygénés (classe A), des ligands azotés ou soufrés (classe B) et pour les deux types de ligands (classe intermédiaires) .....	17
<b>Tableau 5</b> : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels.....	18
<b>Tableau 6</b> : Effets des métaux sur la santé humaine.....	20
<b>Tableau 7</b> : Propriétés physico-chimiques du fer.....	21
<b>Tableau 8</b> : Propriétés physico-chimiques du zinc.....	22
<b>Tableau 9</b> : Propriétés physico-chimiques du plomb.....	22
<b>Tableau 10</b> : propriétés physico-chimiques du Manganèse.....	23
<b>Tableau 11</b> : Propriétés physico-chimiques de Cadmium.....	23
<b>Tableau 12</b> : Propriétés physico-chimiques du cuivre.....	24
<b>Tableau 13</b> Prélèvements des échantillons.....	24
<b>Tableau 14</b> : Les résultats des analyses physico-chimiques des 4 Sources.....	51
<b>Tableau 15</b> : Les résultats des analyses par spectrophotomètre UV –visible.....	59
<b>Tableau 16</b> : Les résultats des analyses par spectrométrie d'absorption atomique .....	60

## *Liste des abréviations*

**ADE** : Algérienne des eaux.

**AEP** : Alimentation en eau potable

**°C** : degré Celsius.

**EDTA**: Sel dissodique d'acide Ethylène -Diamine-Tétra-Acétique.

**ETM**: Eléments traces métalliques.

**H<sub>2</sub>S** : Sulfure d'hydrogène.

**MET**: Matière en suspension.

**Mn** : Manganèse.

**N** : Normalité.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrites.

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique.

**OMS** : Organisation mondiale de santé.

**ONU** : Organisation des nations unis.

**PET**: Polytéréphtalate d'éthylène.

**PH** : Potentiel hydrogène.

**PO<sub>4</sub><sup>-2</sup>** : phosphate.

**SAA** : spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

**TA** : Titre Alcamétrique.

**TAC** : Titre Alcamétrique Complet.

**TDS** : Total des solides dissous.

**TH** : Dureté Totale.

**$\mu\text{S/cm}$**  : Micro Siemens par Centimètre

## *Sommaire*

<b>Introduction Générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les eaux</b>	
I.1 L'eau .....	3
I.1.1 Définition de l'eau .....	3
I.1.2 Importance de l'eau.....	3
I.1.3 Le cycle de l'eau.....	4
I.1.4 Les eaux d'approvisionnements .....	5
I.1.4. 1 Les eaux de pluie .....	5
I.1.4.2 Les eaux de surface .....	5
I.1.4.3 Les eaux souterraines.....	6
I.2 Les sources .....	7
I.2.1 Définition.....	7
I.2.2 Différents types de sources .....	7
I.2.2.1 Sources d'affleurement.....	7
I.2.2.2 Sources de déversement.....	7
I.2.2.3 Sources d'émergence.....	7
I.2.3 La contamination des sources d'eau .....	7
I.2.4 Traitement de l'eau de source .....	8
I.3 Les nappes .....	8
I.3.1 Définition .....	8
I.3.2 Différents types de nappes .....	8
I.3.2.1 Nappes profondes.....	8

I.3.2.2. Nappes phréatiques.....	8
I.3.2.3 Nappes alluviales.....	10
I.3.2.4 Nappes karstiques.....	10
I.4 Les Paramètres de potabilité de l'eau .....	10
I.4.1 Les paramètres organoleptiques .....	10
I.4.2 Les paramètres physico- chimiques .....	11
<b>Chapitre II : Les métaux lourds</b>	
II.1 Définition .....	16
II.2 Classification des métaux lourds .....	17
II.2.1 Métaux essentiels.....	17
II.2.2 Métaux toxiques .....	17
II.3 Sources des métaux lourds .....	18
II.3.1 Source naturelle.....	18
II.3.2 Source anthropique .....	18
II.4 La toxicité des métaux lourds .....	19
II.5 Les effets des métaux lourds .....	19
II.6 Caractéristiques principales des métaux lourds .....	20
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
III.1 Objectif .....	25
III.2 Description de la zone d'étude .....	25
III.2.1 Géographie.....	25
III.2.2 Climat.....	26
III.3 présentation de l'Algérienne des eaux (ADE).....	27

III.4 Echantillonnage et mode de prélèvement.....	30
III.5 Méthodes d'analyses organoleptiques.....	32
III.6 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	32
III.7 Dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique (SAA).....	45
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1 Résultats des analyses physico-chimiques .....	51
IV.2 Interprétation et discussion .....	51
IV.2.1 Paramètres organoleptiques.....	51
IV.2.2 Paramètres de pollution .....	52
IV.2.3 Paramètres physico-chimiques .....	53
IV.3 Résultats des dosages des métaux lourds .....	59
IV.3.1 Paramètres spectrophotométriques UV-visible .....	59
IV.3.2 Paramètres de spectrométrie d'absorption atomique .....	60
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>61</b>

# **Introduction Générale**

## Introduction Générale

Il est admis que l'apparition de la vie sur terre est liée à la présence d'une importante molécule, c'est la substance la plus répandue à la surface du globe, il s'agit de la molécule de l'eau. L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. On la trouve sous multiples formes : pluies, mers, Océans, lacs, nappes, souterraines.

L'eau est un élément de la nature qui illustre au mieux les liens étroits qui existe entre l'homme et son environnement, cette liaison est particulièrement étroite pour les besoins en eau de l'homme puisque il consomme des quantités énormes d'eau et en polluent la totalité.

L'eau est un bien des plus précieux pour notre planète et donc pour nous. Peut-être avons-nous oublié qu'ouvrir le robinet et pouvoir bénéficier d'une eau potable a demandé beaucoup d'efforts de production et de distribution pour qu'elle soit accessible au plus grand nombre d'entre nous.

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 & HOUHAMDI, 2014).

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 & FARES, 2017).

Les métaux lourds se trouvent dans tous les compartiments de l'environnement (eau, air, sol, sédiment...) et ils sont d'origine naturelle ou anthropique. Malgré leur importance comme matière première, les métaux représentent, malheureusement une grave menace pour l'environnement et les êtres vivant à cause de leur toxicité, bioaccumulation et biomagnification. Leurs nuisances ont été révélées pour la première fois par la catastrophe de Minamata au Japon (1956), une très grave intoxication au mercure, à travers la chaîne alimentaire, provoqua des milliers de victimes. C'est dû à une pollution industrielle marine. Ce choc mit à l'index les métaux lourds et fut à l'origine d'une prise de conscience aux problèmes de l'environnement.

L'objectif de ce travail consiste à faire des analyses de différents paramètres physico-chimiques de l'eau de quatre sources « AZIZA, Ighzer Mézave, Akhrive Oumalou, Source Noire » de la région de M'Chedallah, utilisée essentiellement à usage d'alimentation en eau potable. Comme on s'intéressera, sur un second volet, à déterminer l'existence d'une éventuelle contamination de ces sources par les métaux lourds pouvant émaner de différentes origines possibles.

Notre travail comporte deux parties et quatre chapitres :

-La première partie est consacrée à la recherche bibliographique, cette partie comporte deux chapitres :

- Nous présenterons au cours du premier chapitre des généralités sur les eaux.
- Le deuxième chapitre, fait l'objet d'une présentation des caractéristiques des métaux lourds.

-La deuxième partie comporte aussi deux chapitres le troisième chapitre présente les différentes méthodes d'analyses utilisées et le matériel exploité. Parmi ces méthodes, on cite essentiellement :

- Méthodes électrochimique : consiste à mesurer le pH, la conductivité, la température.
- méthodes titrimétriques : consiste à mesurer le TH, TAC, dosage des chlorures, dosage du calcium et dosage du magnésium.
- Méthodes spectrométrique : consiste à doser le Fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le sélénium.

Le dernier chapitre est consacré aux les résultats et leurs interprétations, et on termine par une conclusion qui résume l'essentiel de ce travail.

# Chapitre I :

# Généralités

# sur les eaux

## I.1 L'eau

### I.1.1 Définition de l'eau

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. L'eau est gazeuse au-dessus de 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène.

L'eau, élément indispensable à la vie, est une part essentielle du patrimoine mondial, mais aussi essentielle aux activités humaines (Agricultures, industrielles, domestiques...). (CHELLI & DJOUHRI, 2013)

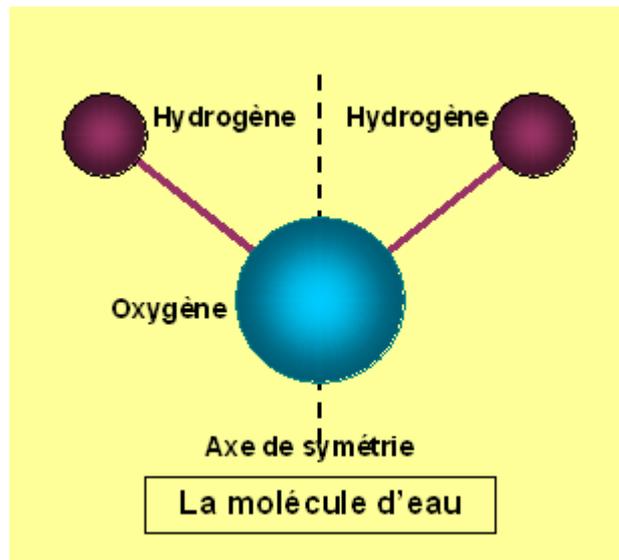


Fig. 1 : La molécule de l'eau (CHELLI & DJOUHRI, 2013)

### I.1.2 Importance de l'eau

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)

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

L'eau est partout présente autour de nous et constitue un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau.

L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa quantité globale est restée inchangée depuis le temps (Zouag & Belhadj, 2017). Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est concentrée dans les nuages puis dans les précipitations. Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule une toute petite partie de cette eau est en mouvement. La grande majorité est stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère. (ADJELANE & BOUREBAA, 2018).

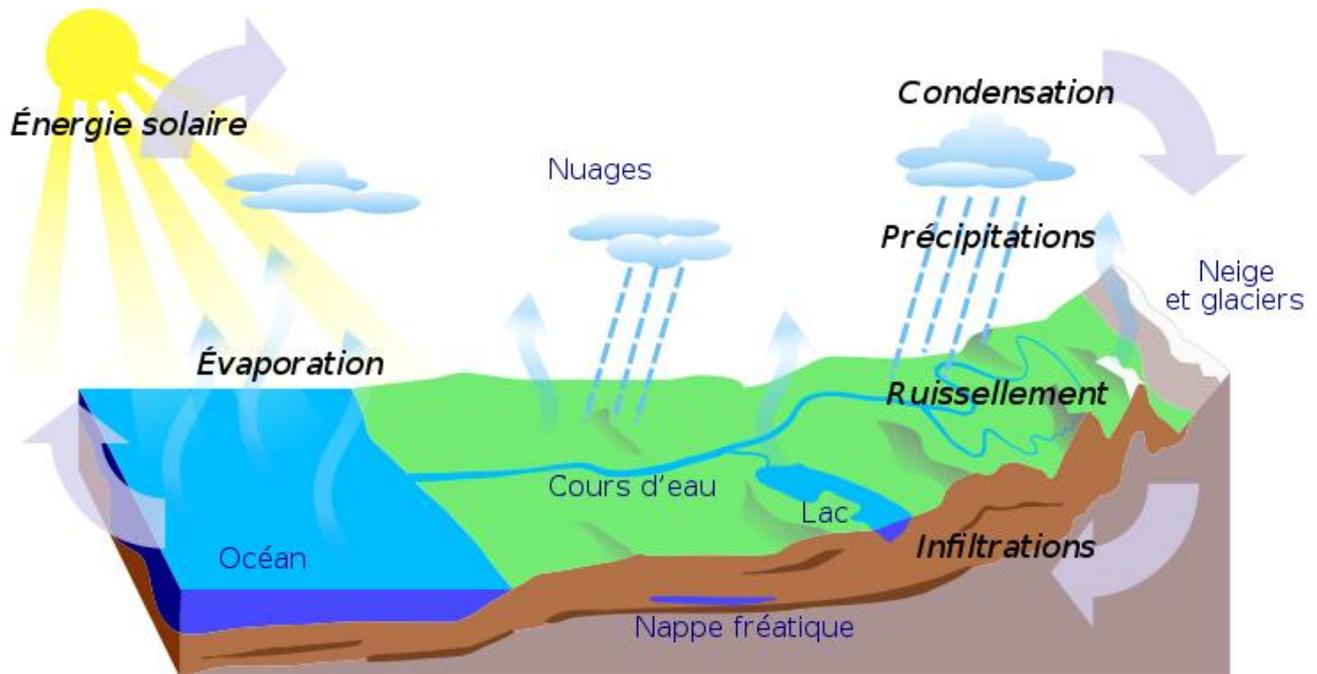


Fig. 2 : cycle générale de l'eau (CE2 MIRI, 2010).

### I.1.4 Les eaux d'approvisionnement

A partir du cycle de l'eau nous pouvons dégager trois sources d'approvisionnement en eau :

#### I.1.4.1 Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium.

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums (DIALLO, 2010).

#### I.1.4.2 Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (DEGREMONT, 2005).

Les eaux de surface sont composées d'eaux de mer, de fleuve, de rivière, de marigot, ces eaux couvrent la terre. La terre « planète bleue » en raison de la présence d'eau, 97,5% de

celle-ci sont constituées d'eau, dont 98,5% des eaux salées et 2,5% seulement en eau douce (DIALLO, 2010).

### I.1.4.3 Les eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (CARDOT, 1999).

**Tab. 1 :** Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Bourrier et Selmi, 2011).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau 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 grand 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 développées, 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 certains pathogènes) virus, plancton (animale et végétale)	Ferrobactéries fréquentes

## **I.2 Les sources**

### **I.2.1 Définition**

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (GOMELLA & *al.*, 1974).

### **I.2.2 Les différents types de sources**

Les principaux types de sources sont les suivant :

#### **I.2.2.1 Sources d'affleurement**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie (VILAGINES, 2000).

#### **I.2.2.2 Sources de déversement**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau).

Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (BONNIN, 1982).

#### **I.2.2.3 Sources d'émergence**

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (GOMELLA & GUERREE, 1980).

### **I.2.3 La contamination des sources d'eau**

Ces différentes sources d'approvisionnement en eau peuvent être polluées par des eaux usées de nature industrielle ou domestique, par des pesticides ou par des boues de vidange, sans que l'utilisateur ne le sache.

Ces sources doivent donc être protégées contre toutes sortes de contamination, qu'elles soient d'origine microbienne, parasitaire, physique ou chimique (DJORFI & DERBAL, 2015).

## **I.2.4 Traitement de l'eau de source**

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer et le manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (OMS, 2006).

## **I.3 Les nappes**

### **I.3.1 Définition**

Le mot « aquifère » ou encore « nappe » désigne simplement une couche de sol contenant de l'eau. C'est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau.

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 (SARI, 2014).

### **I.3.2 Les différents types de nappes**

Les nappes d'eau souterraines peuvent se présenter en quatre types, qui sont :

#### **I.3.2.1 Nappes profondes**

Se reposent sur une couche imperméable plus profonde, elles peuvent être :

##### **A. Nappes libres :**

Elles sont directement alimentées par infiltration des eaux de ruissellement, donc elle très sensible à la pollution de surface. (MOKEDDEM & OUDDANE, 2005).

##### **B. Nappes captives :**

Elles sont séparées de la surface du sol par une couche imperméable. Elles ne sont pas alimentées directement par le sol. Par conséquent elles ne sont pas sensibles aux pollutions de surface (RODIER, 1996).

#### **I.3.2.2. Nappes phréatiques**

Les nappes phréatiques sont celles qui se reposent sur la première couche imperméable, non loin de niveau du sol. Elles revêtent une énorme importance pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves en eau potable dans la plupart des régions du monde (AYAD, 2017).

### **I.3.2.3 Nappes alluviales**

Elles sont contenues dans les grands épandages de sables, graviers et galets des fleuves et des rivières. La nappe alluviale est le lieu privilégié des échanges avec les cours d'eau et les zones humides. (RODIER, 1996).

### **I.3.2.4 Nappes karstiques**

Les nappes karstiques se rencontrent dans les formations calcaires. Les eaux en dissolvant le calcaire à la faveur des fissures préexistantes constituent des vides dans lesquels peuvent s'écouler les eaux. Ces vides peuvent atteindre de grandes dimensions (gouffres, cavernes). Dans ces conduits les eaux peuvent cheminer rapidement et constituer des cours d'eau souterrains (AYAD, 2017).

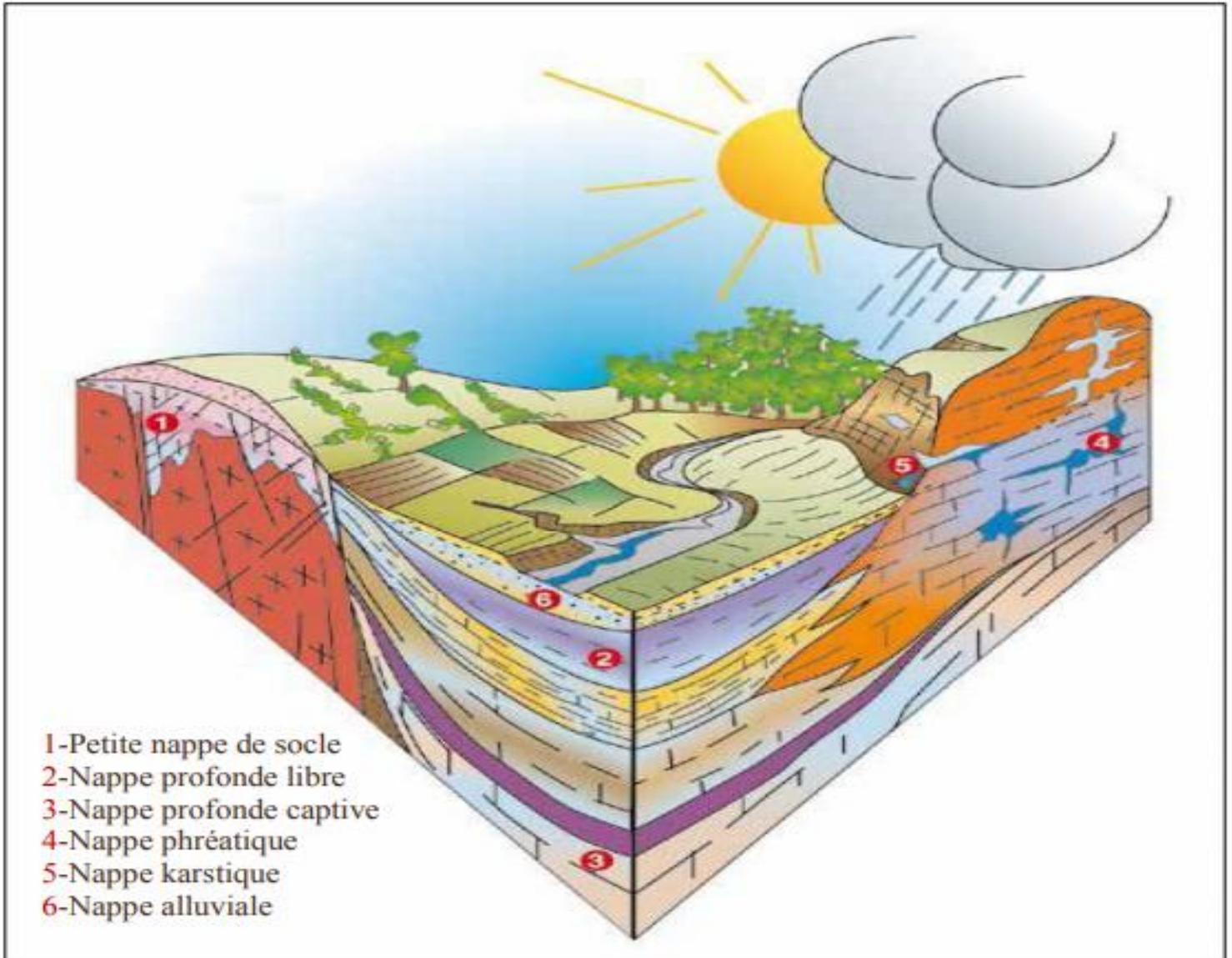


Fig.3 : Les différentes nappes d'eau souterraine (AEAG, 2012).

## I.4 Les paramètres de potabilité de l'eau

### I.4.1 Les paramètres organoleptiques

#### I.4.1.1 La couleur

La couleur de l'eau provient de matière organique, des métaux lourds comme le fer et manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés. Il est important de la mesurer, étant donnée qu'une couleur élevée est esthétiquement indésirable (FNS, 2013).

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/l de platine cobalt.

#### **I.4.1.2 L'odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaire. Le sens olfactif peut seul, les déceler (RODIER, 2009).

#### **I.4.1.3 Le goût et la saveur**

Le goût est l'ensemble de sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche tandis la saveur est l'ensemble de sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (RODIER, 2009).

### **I.4 .2 Les paramètres physico-chimiques**

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 comme :

- La conductivité électrique, qui permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau,
- Le titre alcalimétrique, qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau
- Le potentiel d'hydrogène (pH) qui représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau contrôlant la plupart des réactions chimiques (MEKAOUSSI, 2014).

#### **I.4.2.1 Température**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la solubilité des gaz dans l'eau entre autre l'oxygène, la conductivité électrique et le pH, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, elle est aussi très utile pour les études limnologiques (Rodier, 1984).

Elle est mesurée à l'échelle centigrade, appelée encore Celsius, reposant sur deux valeurs 0 et 100 qui correspondent à l'équilibre eau-glace et à l'équilibre eau-vapeur. (HAMEL, 2013)

Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit :

**Tab. 2 :** classification des eaux selon la température (HAMEL, 2013).

Température (°C)	Type d'eau
$T < 30$	Minérale, source
$20 < T < 30$	Mésothermale
$30 < T < 50$	Thermale
$T < 50$	Hyperthermale

#### I.4.2.2 Potentiel d'hydrogène

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (HAMED & al. 2012).

#### I.4.2.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  et distantes l'une de l'autre de 1 cm (BARKAT, 2016).

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium ( $Ca^{+2}$ ), le magnésium ( $Mg^{+2}$ ), le sodium ( $Na^+$ ), le potassium ( $K^+$ ), le bicarbonate ( $HCO^{3-}$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $Cl^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (HAMED & al., 2012).

#### I.4.2.4 Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières

organiques et minérales de faible dimension, ainsi que le plancton et d'autres micro-organismes de l'eau.

La quantité des matières en suspension varie notamment selon les saisons, le régime d'écoulement des eaux, la sédimentation et l'érosion. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse (Mouaz & Bentchich, 2017).

#### **I.4.2.5 Turbidité**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle est causée par des matières en suspension (MES) composées d'argile, de limon, de particules organiques, de plancton et de divers autres organismes microscopiques, elle est utilisée pour les eaux souterraines, les eaux usées, les eaux de surface et l'eau potable (CEAEQ, 2016).

#### **I.4.2.6 Salinité**

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. (HADEF & HASNI, 2017).

#### **I.4.2.7 Dureté totale (TH)**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium (MOUSSA NOMAO IBRAHIMOU, 2017).

#### **I.4.2.8 Résidus Secs (RS)**

Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau (CHELLI & DJOUHRI, 2013).

#### **I.4.2.9 Magnésium**

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre. A partir d'une concentration de 100mg/L, le magnésium donne un

gout désagréable à l'eau (Rodier, 2009). La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (NOUAYTI & *al.*, 2015).

#### **I.4.2.10 Calcium**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. C'est aussi un composant majeur de la dureté de l'eau. Les eaux de bonne qualité renferment de 200 à 250 mg en CaCO<sub>3</sub>/L (MOUAZ & BENTCHICH, 2017).

#### **I.4.2.11 Chlorure**

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. (ABDOULAYE & *al.*, 2013).

**Tab. 3** : Les normes de potabilité d'une eau de consommation (J.O.R.A.D.P. N° 51, 2011).

Unité	Concentration	Caractéristiques
<b>Caractéristiques organoleptiques</b>		
Mg/l de platine	<b>Au maximum 25</b>	Couleur
	<b>Au maximum 4</b>	Odeur (seuil de perception à 25°C)
	<b>Au maximum 4</b>	Saveur (seuil de perception à 25°C)
Unité Jackson	<b>Au maximum 2</b>	Turbidité
<b>Caractéristiques physico-chimiques</b>		
Unité PH	<b>6.5 à 8.5</b>	pH
Us/cm	<b>Au maximum 2.800</b>	Conductivité (à 20°C)
Mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>100 à 500</b>	Dureté
Mg/l	<b>200 à 500</b>	Chlorures
Mg/l	<b>200 à 400</b>	Sulfates
Mg/l	<b>75 à 200</b>	Calcium
Mg/l	<b>150</b>	Magnésium
Mg/l	<b>200</b>	Sodium
Mg/l	<b>20</b>	Potassium
Mg/l	<b>0,2</b>	Aluminium
Mg/l en oxygène	<b>Au maximum 3</b>	Oxydabilité aux permanganates de potassium
Mg/l	<b>1,5 à 2</b>	Résidus secs après dessiccation à 180°C

# Chapitre II :

## Les métaux lourds

## II.1 Définition

Un métal est un élément chimique, ayant un éclat métallique ; C'est un bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g/ cm<sup>3</sup> (HAMMI, 2010). Le terme de métaux lourds est souvent employé pour désigner les métaux et métalloïdes associés à une contamination et ayant un potentiel toxique et écotoxique.

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations (AMRANE, 2018).

<b>Bloc S</b>												<b>Bloc p</b>					
H		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> <b>Métaux lourds de densité &gt; 5</b> </div>															He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	<b>Bloc d</b>										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	<b>Bloc f</b>														
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Transuraniens		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr		

**Fig. 4 :** Classification périodique des éléments (BENSAHA, 2010).

Nieboer et Richardson, ont proposé une nouvelle classification des éléments, basée sur des propriétés de complexation. Ils distinguent trois classes d'éléments :

- **Classe A :** regroupe des éléments qui ont une affinité pour des ligands contenant des atomes d'oxygène.
- **Classe B :** regroupe des éléments qui ont une affinité pour des ligands contenant des atomes d'azote et du soufre
- **Classe C (intermédiaire) :** regroupe des éléments ayant une affinité à la fois pour l'oxygène, l'azote et le soufre (BENSAHA, 2010).

**Tab. 4 :** Classification des principaux ETM selon leur affinité pour des ligands oxygénés (classe A), des ligands azotés ou soufrés (classe B) et pour les deux types de ligands (classe intermédiaires) d'après (NIEBOER & RICHARDSON, 1980).

<b>Classe A</b>	<b>Intermédiaire</b>	<b>Classe B</b>
Calcium	Zinc	Cadmium
Magnésium	Plomb	Cuivre
Manganèse	Fer	Mercure
Potassium	Chrome	Argent
Strontium	Cobalt	
Sodium	Nickel	
	Arsenic	
	Vanadium	

## II.2 Classification des métaux lourds

### II.2.1 Métaux essentiels

Sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouve en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du fer (Fe). (HAMMADACHE & al., 2016).

### II.2.2 Métaux toxiques (non- essentiels)

Ils ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd). (HAMMADACHE & al., 2016).

Le terme « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement.

**Tab. 5 :** Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels (HOPKIN, 1989).

Eléments essentiels majeurs	Oligo-éléments essentiels	Eléments "essentiels" en ultra trace	Eléments non-essentiels
Calcium, Phosphore, Potassium, Soufre Magnésium, Chlore, Sodium.	Fer, Iode, Cuivre, Manganèse, zinc, Cobalt, Molybdène, Sélénium, Chrome, Nickel, Vanadium, Silicone, Arsenic.	Lithium, Fluor, Aluminum, Étain, Plomb, Zinc.	Cadmium, Mercure.

## II.3 Source des métaux lourds

### II.3.1 Source naturelle

Les métaux lourds sont présents de façon naturelle, ils sont libérés lors des précipitations géochimiques des roches et de l'eau de source, l'activité volcanique et bactérienne, l'altération des continents et les incendies de forêts (BENARIBA & *al.*, 2016).

### II.3.2 Source anthropique

La source majeure de contamination est d'origine anthropique. Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation du flux de métaux, sont la pollution atmosphérique, la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (OTMANI, 2018).

Les sources anthropogènes sont les suivantes :

- Activités pétrochimiques.
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment).
- exploitation minière.
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcation).
- Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents).

- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles.
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides (BENARIBA & *al.*, 2016).

#### **II.4 La toxicité des métaux lourds**

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

- Leur non-dégradabilité.
- leur toxicité à faible concentration.
- Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des Chaines trophiques (BENSAHA, 2010).

La toxicité de certains métaux non essentiels est reconnue, même à très faible concentrations (Pb, Cd, Hg,...), alors que les métaux essentiels peuvent également devenir dangereux à de fortes concentrations (Zn, Cu, Fe, Mn,...). La combinaison qui se manifeste entre les éléments non essentiels et ceux qui sont essentiels s'introduit par des interactions possédant une forte incidence sur la toxicité des métaux (SOUMAORO, 2015).

#### **II.5 Les effets des métaux lourds**

La toxicité des métaux lourds est renforcée par la bioaccumulation et la biomagnification, donc les métaux peuvent provoquer des risques sur la santé humaine et l'environnement même à de petites quantités. Le tableau suivant représente les effets de quelques métaux lourds sur les êtres humains.

**Tab. 6 :** Effets des métaux sur la santé humaine (KRIBI, 2005).

<b>Métal</b>	<b>Effet aigues</b>	<b>Effet chronique</b>
<b>Nichel</b>	dermatoses, différentes allergies.	Cancérogènes, tératogènes et mutagènes, troubles digestifs, céphalées et asthénie.
<b>Cobalt</b>	dépressions, anorexie, nausée, Vomissement, diarrhée, symptômes neurotoxiques : maux de tête, dépression du système nerveux – périphérique et changement des réflexes.	la perte partielle ou complète du sens de L'odorat, les troubles digestifs du type gastroentérites, la dilatation du cœur, les thrombopénies, l'augmentation d'érythrocytes dans le sang et les maladies de la glande thyroïdienne.
<b>Cuivre</b>	Brûlure épigastrique, nausée, vomissement, diarrhée. une induction d'anémie hémolytique, allergie par contact avec la peau.	La maladie de Wilson (accumulation de cuivre dans le foie, le cerveau et les reins dont résulte une anémie hémolytique et des malformations neurologiques).
<b>Zinc</b>	Crampes d'estomac, diarrhée, vomissement, nausée, fièvre, irritations, anémie.	Endommagement de pancréas, perturber le métabolisme des protéines, artériosclérose, disfonctionnement lent du foie.
<b>Fer</b>	Vomissement, saignement gastro-intestinal, pneumonie, convulsion, coma, jaunisse.	Des troubles du sang, perturbation de métabolisme du glucose, augmentation des maladies cardiaques. pneumoconioses.
<b>Chrome</b>	Nausée, diarrhée, endommagement du foie et des reins, hémorragie interne, dermatites et des problèmes de respiration.	Cancérogènes et mutagènes modifiant les bases d'ADN, des dermatites de contact, ulcère de la peau, irritations septiques, congestion pulmonaire, perforer les tympanes et la néphrite.

## II.6 Caractéristiques principales des métaux lourds

### II.6.1 Le Fer

Le fer du latin « *ferrum* », est un élément métallique blanc argenté, de symbole Fe. C'est un élément sa transition de numéro atomique 26. A l'état libre le fer métallique se trouve dans

les météorites, en général allié au Nickel. Le métal est largement présent dans certains composés chimiques.

Le fer se trouve généralement à l'état divalent dans les eaux qui ne se trouvent pas en contact avec l'air par contre dans les eaux superficielles exposées à l'air, le fer est à l'état ferrique (BELABED, 2010).

**Tab. 7 :** Propriétés physico-chimiques du fer

<b>Fer</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	55,845g/mol
Masse volumique	7,874g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	1538°
Température d'ébullition	2862°
Symbole chimique	Fe
Numéro atomique	26

## II.6.2 Le Zinc

Le zinc est un élément chimique métallique bleuâtre, de symbole Zn et de numéro atomique 30. C'est un élément de transition (BENSAHA, 2010). Il n'existe pas à l'état métallique dans la nature, il n'est présent qu'à l'état divalent (ZnII) (AIT ZIANE & BOUYAHIA, 2013).

Le zinc est, dans la nature, habituellement associé à d'autres métaux tels que le cuivre et le plomb. Parmi ces composés, citons :

- L'oxyde de zinc : ZnO (blanc de zinc ou blanc de neige),
- Le chlorure : ZnCl<sub>2</sub>,
- Le sulfure : ZnS (blende),
- Le sulfate : ZnSO<sub>4</sub>. (KRIBI, 2005).

**Tab. 8 :** Propriétés physico-chimiques du plomb (MIQUEL, 2001)

<b>Zinc</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	65,4g/mol
Masse volumique	7,11g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	420°
Température d'ébullition	920°
Symbole chimique	Zn
Numéro atomique	30

### II.6.3 Le Plomb

C'est un métal gris bleuâtre, brillant, mou et ductile. Constitue des gisements primaires dans les roches éruptives et métamorphiques, il ne se trouve pas à l'état natif, il existe sous forme de sulfate et peut être associé à d'autres éléments telle que le Zinc, l'arsenic, le cuivre et l'argent (AIT ZIANE & BOUYAHIA, 2013).

**Tab. 9 :** Propriétés physico-chimiques du plomb (MIQUEL, 2001)

<b>Plomb</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	207.2g/mol
Masse volumique	11.35g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	327°
Température d'ébullition	1740°
Symbole chimique	Pb
Minerais d'origine	Galène

### II.6.4 Le Manganèse

Le manganèse est un élément chimique métallique, blanc argenté, de symbole Mn et de numéro atomique 25. Il existe à l'état soluble dans les eaux. C'est un oligo-élément indispensable, on le trouve dans tous les tissus. On le trouve dans la nature sous forme d'oxyde, de sulfure, oxyde de carbonate et de silicate. Son origine dans l'eau provient essentiellement de la dissolution des roches, et d'éventuels rejets industriels.

Le manganèse provenant des sources anthropiques, pénètre facilement dans les eaux de surfaces, les eaux souterraines et les eaux d'égouts (SOUMAORO, 2015).

**Tab. 10** : propriétés physico-chimiques du Manganèse (MIQUEL, 2001)

<b>Manganèse</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	54,938g/mol
Masse volumique	7,43g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	1247°
Température d'ébullition	1962°
Symbole chimique	Mn
Numéro atomique	30

### II.6.5 Le Cadmium

Le cadmium est un métal relativement rare, mais il est utilisé pour plusieurs buts. Dans sa forme pure c'est un métal blanc argenté avec une couleur bleuâtre. Le cadmium est également très malléable.

Le Cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (CASAS, 2005).

**Tab. 11** : Propriétés physico-chimiques de Cadmium (MIQUEL, 2001)

<b>Cadmium</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	112
Masse volumique	8.6g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	320,9°
Température d'ébullition	365°
Symbole chimique	Cd
Minerais d'origine	Scories du zinc

### II.6.6 Le Cuivre

C'est un élément chimique métallique de couleur rouge-brun, de symbole Cu et NA29. Il est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments). Il existe à l'état natif et extrait d'une grande variété de minerais (BELABED, 2010). Il peut être présent dans l'eau à partir du contact avec des minéraux porteurs de cuivre ou de déchets minéraux provenant de la production de cuivre. Il peut se concentrer dans les eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1mg/l et ses principales sources anthropiques sont les industries, les traitements agricoles et la corrosion des tuyauteries (RODIER & *al.*, 2005).

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et sa conductibilité électrique et thermique (BELABED, 2010).

**Tab. 12 :** Propriétés physico-chimiques du cuivre

<b>Cuivre</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	63,546g/mol
Masse volumique	8,96g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	1085°
Température d'ébullition	5865°
Symbole chimique	Cu
Numéro atomique	29

### II.6.7 Le Sélénium

**Tab. 13 :** Propriétés physico-chimiques du Sélénium

<b>Sélénium</b>	<b>Propriétés</b>
Masse atomique	78.97g/mol
Masse volumique	4,79g/cm <sup>3</sup>
Température de fusion	221°C
Température d'ébullition	685 °C
Symbole chimique	Se
Numéro atomique	34

# Chapitre III:

## Matériels et méthodes

## Introduction

Dans ce chapitre, nous allons résumer le protocole analytique suivi ainsi que le matériel utilisé durant la partie pratique de ce travail. Tous les essais expérimentaux ont été menés au laboratoire de l'ADE (unité de Bouira).

### III.1 l'objectif

Le présent travail, effectué au laboratoire d'analyse affilié à l'Algérienne Des Eaux «ADE» de la wilaya de Bouira, a pour objectif d'analyser les différents paramètres physico-chimiques de l'eau de quatre sources de la région de M'Chedallah, utilisée essentiellement à usage d'alimentation en eau potable. Comme on s'intéressera, sur un second volet, à déterminer l'existence d'une éventuelle contamination de ces sources par les métaux lourds pouvant émaner de différentes origines possibles. A travers les résultats de ces analyses, on statuera, en premier lieu, sur la conformité de la qualité de l'eau de ces sources et secondairement une comparaison sera établie avec d'autres travaux similaires réalisés dans les régions limitrophes à la zone d'étude.

### III.2 Description de la zone d'étude

#### III.2.1 Géographie

La commune de M'Chedallah est située sur le versant méridional de la chaîne de Djurdjura couvrant une partie de la vallée de Sahel –El-Esnam (qui s'étend de Tazmalet à Lakhdaria). Elle occupe une position stratégique entre la vallée de la Soummam et la plaine de Sahel – El-Esnam d'une part, et entre la chaîne de Djurdjura au Nord et les hauts plateaux au Sud, d'une autre part.

M'Chedallah, est une commune de la wilaya de Bouira et chef-lieu de la Daïra homonyme Elle est située comme suit :

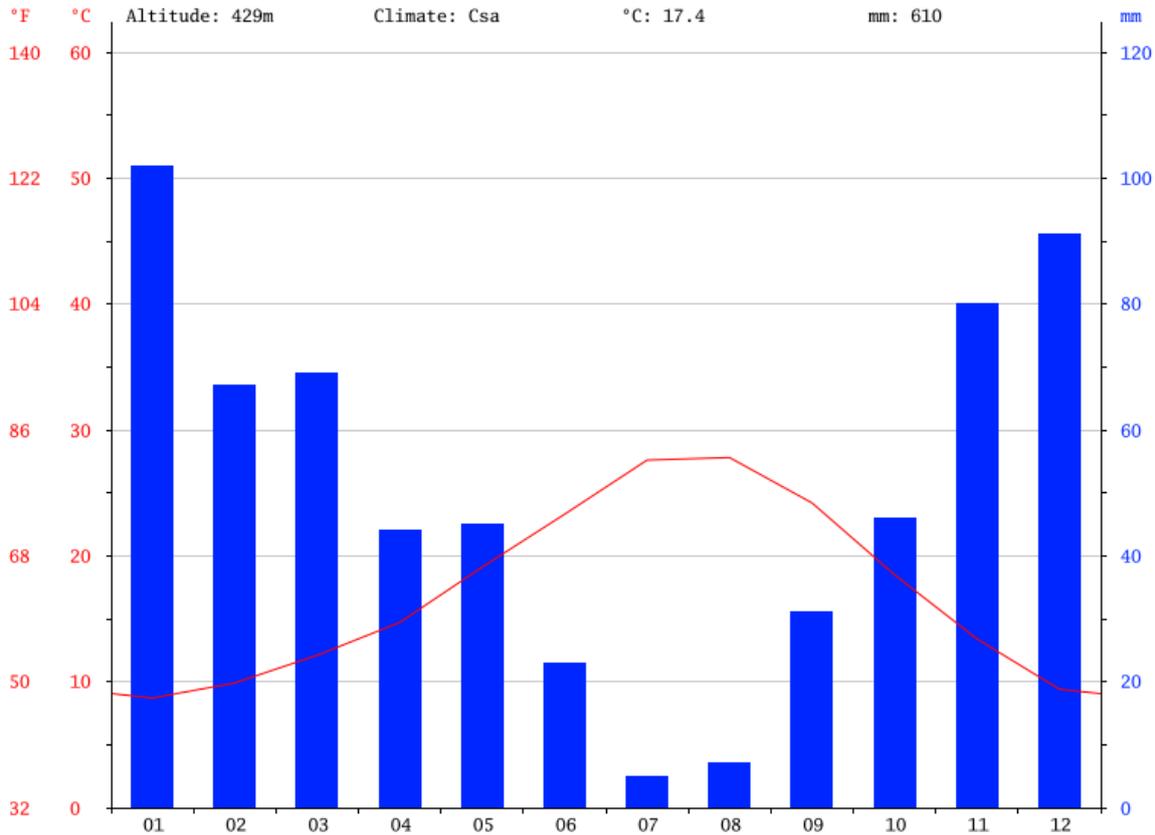
- **Latitude** : 36° 21' 55" Nord.
- **Longitude** : 4° 16' 15" Est.
- **Altitude** : 442 m.



Fig. 5 : Carte de Situation Géographique de la Daïra de M'Chedallah (DRCB, 2019).

### III.2.2 Climat

M'Chedallah bénéficie d'un climat méditerranéen, avec un hiver humide et doux et été sec et chaud. Elle affiche une température annuelle moyenne de 17.4 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 610 mm/an (Climat-DATA.ORG) <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/bouira/m-chedallah-44244/>.



**Fig. 6 :** DIAGRAMME CLIMATIQUE M'CHEDALLAH (Climat-DATA.ORG)

### III.3 Présentation de l'Algérienne Des Eaux (ADE)

L'ADE est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par le décret exécutif n° 01-101 du 27 Muharram 1422 correspondant au 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du Ministère des ressources hydriques.

L'unité de Bouira a été créée en 2003, et officiellement rajoutée à l'Algérienne des Eaux (ADE) en 2007. Elle est ainsi rattachée structurellement à la Région de TIZI-OUZOU lié directement à l'Agence régionale d'Alger. Elle intervient sur tout le territoire de la wilaya par six (6) centres : Bouira centre, Lakhdaria, Sour-El-Ghozlane, Bordj Akhris, Ain Bessam et M'chedallah.

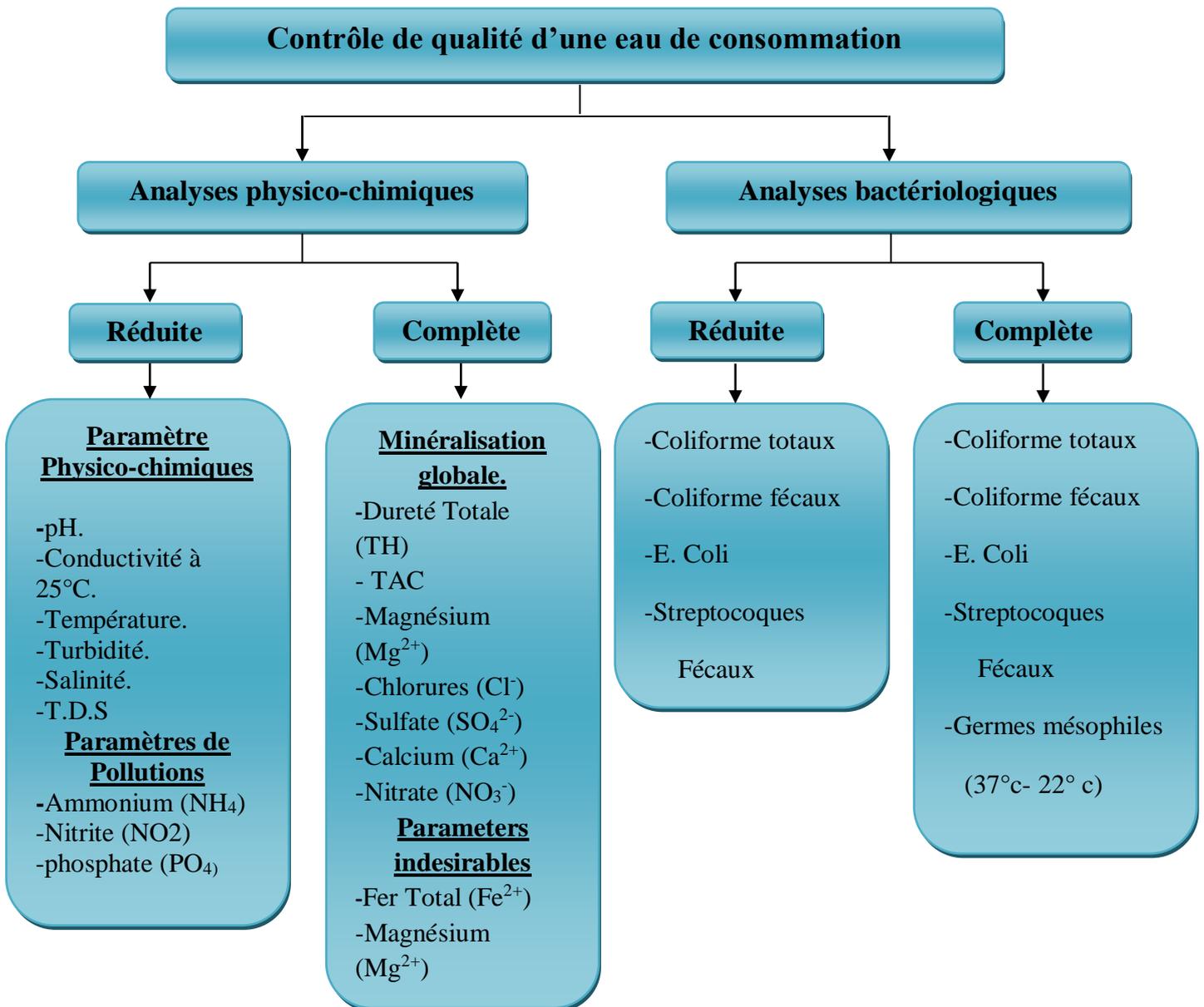
### III.3.1 Mission de l'ADE (unité de Bouira)

L'algérienne des eaux (unité de Bouira) a pour objectifs :

- La normalisation et la surveillance de la qualité de l'eau distribuée.
- La protection des eaux, par des agents assermentés de la police des eaux.
- Le traitement et le contrôle de la qualité de l'eau.
- L'amélioration de l'efficacité des réseaux de transfert et de distribution.
- La lutte contre le gaspillage par l'action d'information, d'éducation, de formation et sensibilisation des usagers (ADE Bouira, 2019).

L'unité de Bouira est dotée d'un laboratoire d'analyses qui contrôle la qualité d'eau distribuée aux abonnés ainsi que les eaux des forages, les réservoirs destinés à l'alimentation des populations en eau potable.

La collecte des échantillons se fait tous les matins pour l'ensemble des centres de l'ADE de Bouira. Une fois les échantillons sont prélevés, ils seront acheminés vers le laboratoire pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques.

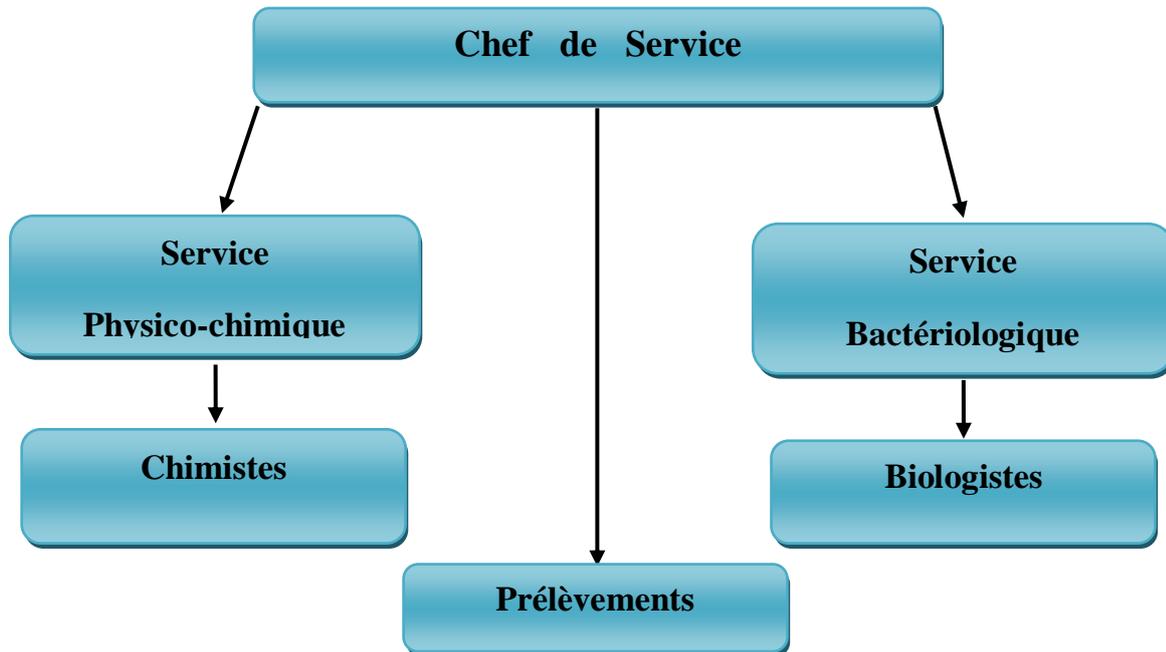


**Fig.7** : Différents procédés de contrôle de qualité d'une eau de consommation (ADE Bouira ,2019).

### III.3.2 Différentes structures de laboratoire ADE

Le laboratoire ADE est composé de :

- Salle des analyses physico-chimiques
- Salle des analyses bactériologiques.
- Salle des stockages (réactif, milieux de cultures).
- Un bureau du chef de laboratoire.



**Fig.8** : Organigramme du laboratoire (ADE Bouira ,2019).

### III.4 Échantillonnage et mode de prélèvement

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui s'en suit. L'échantillon doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau.

L'étude s'est portée sur le choix de quatre sources permanentes avec des débits variables en fonction des saisons et des aléas de la pluviométrie annuelle. Toutes ces sources se localisent au niveau de la daïra de M'Chedallah et constituent des points d'eau très sollicités par les habitants de la région connue pour sa faible adduction en eau potable.

Les quatre sources échantillonnées sont nommées :

- Source EZIZA, village de Takerboust « commune d'Aghbalou »

(X= 36° 25' 13 .1" Nord /Y=4° 20' 27.6" Est).

- Source Ighzer Mézave, village de Takerboust « commune d'Aghbalou »

(X= 36° 26' 01.7" Nord /Y=4° 20' 39.2" Est).

- Source Akhrive Oumalou, village de Takerboust « commune d'Aghbalou »

(X= 36° 25' 51 .7" Nord /Y=4° 20' 24.1" Est).

- L3insar Avarthane, village de Mizarir « commune de Saharidj »

(X= 36° 26' 06.8" Nord /Y=4° 2' 00.7" Est).

Le tableau résume les dates et l'heure de prélèvements et des analyses effectuées.

**Tab. VIII :** Prélèvements des échantillons.

	<b>Source Aziza</b>	<b>Source Ghzer Mézave</b>	<b>Source Akhrive Oumalou</b>	<b>Source Noire</b>
<b>Localisation de la source</b>	village de Takerboust (commune d'Aghebalou)	village de Takerboust (commune d'Aghbalou)	village de Takerboust (commune d'Aghbalou)	village de Mizarir (commune de Saharidj)
<b>Date de prélèvement</b>	07-06-2019 (10h00)	07-06-2019 (10h25min)	10-06-2019 (6h00)	10-05-2019 (11h00)
<b>Date des analyses physico-chimiques</b>	Le jour de prélèvement	Le jour de prélèvement	Le jour de prélèvement	Le jour de prélèvement

Les échantillons sont pris dans des flacons en P.E.T (poly -éthylène) de 1,5litre bien nettoyés. Le protocole à suivre est le suivant :

- Ouvrir le robinet et laisser couler pendant un certain moment.
- Prendre les flacons et rincer avec l'eau à analyser, puis remplir jusqu'au bord.
- Généralement, la durée du transport de l'échantillon depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire ne doit pas dépasser 5 heures.
- L'échantillon doit être conservé dans des glacières à une température variant entre 4à 6c°.

### III.5 Méthodes d'analyses organoleptiques

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

#### III.5.1 La couleur

La couleur des eaux a été estimée par un simple examen visuel des échantillons.

#### III.5.2 L'odeur

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

#### III.5.3 Le goût et la saveur

La saveur est décelée par dégustation.

### III.6 Méthodes d'analyses physico-chimiques

#### III.6.1 Détermination du pH

Le potentiel hydrogène (pH) mesure l'acidité et la basicité d'une solution. La mesure est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode.

- **Mode opératoire**
  - Étalonner l'électrode dans une solution tampon pH=4, pH=7, pH=10.
  - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon à analyser.
  - Introduire l'électrode dans l'eau à analyser.
  - Appuyer sur la touche « READ », attendre le signal sonore afin de lire la valeur indiquée.
- **Expression des résultats**

Les résultats sont obtenus directement à partir de la lecture au pH mètre.



**Fig. 9** : pH mètre de mesure (ADE, Bouira).

### III.6.2 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. Celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, donc dans la détermination du pH et sur la conductivité.

- **Réactifs**

Solution tampon, eau distillée, eau à analyser.

- **Matériels**

Pissette, bécher, appareil de mesure.

- **Mode opératoire**

- Brancher l'appareil, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil.
- Étalonner l'appareil avec la solution tampon et par la suite rincer l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser.
- Remplir le bécher avec l'eau à analyser.
- Émerger l'électrode dans l'échantillon, appuyer sur la touche « READ », attendre le signal sonore, puis noter la valeur de température affichée.

### III.6.3 La turbidité

La turbidité est un indice de la présence des particules en suspension dans l'eau. Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre.

- **Mode opératoire**

- Mettre en marche le turbidimètre.
- Agiter l'échantillon et remplir la cuve.
- Essuyer la cuve avec le papier absorbant afin de ne pas laisser les traces dessus.
- Introduire la cuve dans son emplacement dans l'appareil et fermer le couvercle.
- Noter la première valeur affichée.



**Fig.10** : Turbidimètre (ADE, Bouira).

### III.6.4 La conductivité

La conductivité va déterminer l'ensemble des minéraux présents dans une solution. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre à électrode.

La conductivité est exprimée en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

- **Mode opératoire**

- Étalonner l'appareil avec la solution tampon.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser.
- Émerger l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon, puis le mettre en mode conductivité.
- Appuyer sur la touche « READ » et la valeur s'affiche.



**Fig.11** : Conductivimètre (ADE, Bouira).

### III.6.5 la salinité

La salinité désigne la concentration des sels minéraux dissous dans l'eau.

- **Mode opératoire**

Après avoir noté la conductivité, appuyer sur la touche « SAL » et noter la valeur affichée.

### III.6.6 Total des solides dissous (TDS)

Le TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions.

- **Mode opératoire**

Une fois que la salinité est noté, appuyer sur la touche « TDS » et noter la valeur affichée.

### III.6.7 Les paramètres de pollution

#### III.6.7.1 Dosage des ions Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

- **Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( $\text{pH}=1,9$ ) avec le réactif amino-4benzène sulfanamide ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ( $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ ) qui est mesuré spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda=540\text{nm}$ .

- **Réactifs**

- ✓ Acide orthophosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
- ✓ Solution d'acide phosphorique.
- ✓ Réactif coloré.

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif coloré.
- ✓ Homogénéiser immédiatement en faisant tourbillonner et compléter à 50 ml.  
Le pH doit être de 1,9, laissé reposer 20 min.
- ✓ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 540 nm.

### III.6.7.2 Dosage des ions ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{2-}$ )

- **Principe**

Les ions d'orthophosphate réagissent avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. Il réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}} = 880\text{nm}$ .

- **Réactifs**

- ✓ Solution 1 de molybdate acide.
- ✓ Solution d'acide ascorbique  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  à 100 g/l.
- ✓ Solution d'acide sulfurique à 4,5 mol/l.

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- ✓ Agiter bien la solution.
- ✓ Ajouter 2 ml de la solution de molybdate.
- ✓ Compléter jusqu'à 50 ml avec de l'eau distillée.
- ✓ Laisser reposer pendant 10 à 30 min.
- ✓ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm.

### III.6.7.3 Dosage de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

- **Principe**

L'ammonium réagit avec les ions hypochlorite (qui sont générés par hydrolyse alcaline du sel de sodium de dichloroisocyanurate de sodium) pour former des chloramines qui vont réagir par la suite avec le salicylate de sodium à  $\text{PH}=12,6$  en présence de nitrosopentacyanoferrate pour former un composé bleu. Du citrate de sodium est incorporé aux réactifs pour masquer l'interférence des cations, notamment le calcium et le magnésium.

Le composé bleu est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda = 655\text{nm}$ .

- **Réactifs** (le détail voir annexe 7)
  - ✓ Eau exempte d'ammonium.
  - ✓ Réactif coloré.
  - ✓ Solution de dichloroisocyanurate de sodium.
- **Mode opératoire**
  - ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
  - ✓ Ajouter 4 ml du réactif coloré.
  - ✓ Homogénéiser bien la solution.
  - ✓ Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de Na.
  - ✓ Compléter jusqu'à 50ml avec de l'eau distillée.
  - ✓ Laisser reposer pendant au moins 60min.
  - ✓ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 655nm.

### III.6.8 Paramètres volumétriques

#### III.6.8.1 Dosage du calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )

- **Principe**

Les ions calcium sont titrés avec une solution de l'EDTA à un pH entre 12 et 13, l'indicateur HSN forme un complexe rouge avec le calcium. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde.

L'EDTA réagit avec les ions  $\text{Ca}^{+2}$  libres puis avec les ions  $\text{Ca}^{+2}$  combinés avec le HSN qui vire de la couleur rouge au bleu clair ou violet.

- **Réactifs** (voir annexe 1)
  - ✓ 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) 0.01 mol/l.
- **Mode opératoire**
  - ✓ Prendre 50ml de l'échantillon dans une fiole de 100ml.
  - ✓ Ajouter 2ml de NaOH à 2N.
  - ✓ Ajouter 0,2h du murexide puis mélanger.

✓ Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

- **Expression des résultats**

$$Ca^{+2} = 8 \times V \times F \text{ en (mg/l)}$$

V : le volume de titrage.

F : facteur de correction du titre de l'EDTA.

### III.6.8.2 Dosage de Magnésium ( $Mg^{+2}$ )

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile de calculer la dureté magnésienne par différence.

$$TH = TCa^{+2} + TMg^{+2} \quad \Rightarrow \quad TMg^{+2} = TH - TCa^{+2}$$

TH : Dureté Totale.

TCa<sup>+2</sup> : Dureté Calcique.

TMg<sup>+2</sup> : Dureté Magnésienne.

### III.6.8.3 dosage des chlorures

- **principe**

Les ions chlorures réagissent avec les ions d'argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement addition d'un petit excès d'ion argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour indication du virage.

- **Réactifs (voir annexe 4)**

✓ Nitrate d'argent (0,02mole/l).

✓ Solution d'indicateur de chromate de potassium  $K_2CrO_4$  à 10%

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml de  $K_2CrO_4$  (coloration jaunâtre).
- ✓ Titrer avec  $AgNO_3$  à 0,01 N jusqu'à l'apparition d'une coloration brun-rougeâtre.
- ✓ Essai au blanc : 100 ml de l'eau distillée à la place de l'échantillon (la valeur ne doit pas dépasser 0,2ml d' $AgNO_3$ ).

- **Expression des résultats**

$$Mg/l Cl = (V_{AgNO_3} - V_{blanc}) \times 7.1 \times F.$$

$V_{AgNO_3}$  : volume d' $AgNO_3$  à 0.02mol/l nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$V_{blanc}$  : volume d' $AgNO_3$  à 0.02mol/l nécessaire pour le dosage de blanc.

F : facteur de correction du titre  $AgNO_3$ .

### III.6.8.4 La détermination de la dureté totale (T.H)

- **Principe**

La dureté totale détermine la concentration du calcium et du magnésium dissous. Les ions  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$  sont titrés par complexométrie avec une solution de l'EDTA à un pH=10. L'EDTA réagit avec les ions  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$  libres puis au point d'équivalence, les ions  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$  combinés avec l'indicateur et la couleur vire du violet au bleu.

- **Réactifs (voir annexe 2)**

- ✓ Solution de l'EDTA 0.01mol/l.
- ✓ Solution tampon pH=10.1.
- ✓ Indicateur coloré.

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 50ml d'échantillon dans une fiole de 100ml.
- ✓ Ajouter 4ml de la solution tampon.
- ✓ Ajouter 3gouttes de noir eriochrome (dont la solution doit se colorer en rouge foncé violé).
- ✓ Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage bleu.

- ✓ La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

- **Expression des résultats**

$$\text{Mg} / \text{l} (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) = 20 \times V_{\text{TH}} \times F$$

$$\text{Mg} / \text{l} \text{Mg}^{+2} = (V_2 - V_1) \times 4,8 \times F$$

**F** : facteur de correction du titre de l'EDTA.

### III.6.8.5 Détermination de T.A. et T.A.C.

- **Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, hydroxydes et carbonates.

Le titre alcalimétrique TA mesure la teneur en alcalis libres et carbonates alcalins caustiques.

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$ ).

- **Réactifs** (voir annexe 3)

- ✓ Solution d'acide chlorhydrique a 1N.
- ✓ Solution acide chlorhydrique HCl 0.02N.
- ✓ Solution d'alcoolique de phénolphtaléine.
- ✓ Solution de méthylorange à 0.5%.

#### A. Détermination de TA

- ✓ Prendre 100ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1à2 gouttes de solution phénolphtaléine, une coloration rose doit se développer si non le TA est nul (cas des eaux naturelles dont pH <8,3).
- ✓ Titrer avec la solution HCL à 0,02N, une coloration rose doit se développer.

**B. Détermination de TAC**

- ✓ Prendre 100ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 2gouttes de solution méthylorange.
- ✓ Titrer avec la solution HCL 0.02N jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

**• Expression des résultats****TAC :**

$$\text{Még/l}_{\text{TAC}} = V' - 0,5/5.$$

$$\text{Mg/l}_{\text{CaCO}_3} = (V' - 0,5) * 10.$$

**III.6.9 Paramètres spectrophotométriques****III.6.9.1 Principe de la spectrophotométrie UV-visible**

Le spectrophotomètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance d'une solution, pour différentes longueurs d'ondes. Pour cela, il fait passer un rayon d'une longueur d'onde choisie à travers une cuve contenant la solution à étudier. Les molécules de la solution absorbent plus ou moins le rayon lumineux, on définit alors l'absorbance pour cette longueur d'onde.



Fig. 12 : Spectrophotomètre UV-Visible (ADE, Bouira).

### III.6.9.2 Dosage du Manganèse

- **principe**

La méthode par spectrophotomètre d'absorption moléculaire au périodate nécessite la destruction des chlorures et des matières organiques.

Le manganèse est oxydé en permanganate l'aide de périodate de potassium en milieu acide .le permanganate ainsi formé est dosé spectrophotométriquement à  $\lambda=525\text{nm}$ .

- **Réactifs** (voir annexe 5)

- ✓ Utiliser de l'eau de qualité exempte de matières organiques.
- ✓ Périodate de potassium cristallisé  $\text{KIO}_4$  pour l'oxydation (0.3g pour chaque prise d'essai).
- ✓ Permanganate de potassium cristallisé  $\text{KMnO}_4$  0,287g.
- ✓ Hydrogénosulfite de sodium cristallisé  $\text{NaHSO}_3$  0,4g.
- ✓ Acide nitrique pur ( $\text{HNO}_3$  52,5%,  $d=1,33$ ).
- ✓ Acide phosphorique sirupeux (85%,  $d=1,71$ ).
- ✓ Acide sulfurique pur (96%,  $d=1,84$ ).
- ✓ Acide sulfurique dilué 1/20(1ml de96% dans 19ml d'eau distillé).

- **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 100ml d'eau à analyser, diluer si nécessaire.
- ✓ Ajouter 10ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>dilué.
- ✓ Ajouter quelques billes de verre et porter à ébullition. Concentrer jusqu'au fumées blanches.
- ✓ Eliminer la coloration éventuelle par addition de quelque goutte d'acide nitrique.
- ✓ Refroidir les béchers puis ajouter successivement :
  - 25a30ml d'eau distillée.
  - 10ml d'acide nitrique.
  - 5ml d'acide phosphorique.
- ✓ Chauffer sur une plaque jusqu'à douce ébullition tout en ajoutant peu à peu 0,3g de périodate de potassium.
- ✓ Porter à douce ébullition pendant 15mn pour faire apparaître la coloration.
- ✓ Refroidir et compléter a 100ml.
- ✓ Effectuer les lectures au spectrophotomètre.

- **Expression des résultats**

Le résultat est exprimé en mg/l de Mn<sup>+2</sup>.

### III.6.9.3 dosage du fer

- **Principe**

Pour le dosage du fer total et du fer dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe<sup>3+</sup> en Fe<sup>2+</sup>.

En présence du fer non dissous, des oxydes de fer ou des complexes du fer, un prétraitement est nécessaire pour mettre ces composés en solution.

L'addition d'une solution de dphénanthroline-1,10 donne un complexe rouge-orange qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda_{\max}=510\text{nm}$ .

- **Réactifs (voir annexe 6)**

- ✓ Acide sulfurique pur (1,84 g/ml).
- ✓ Acide sulfurique (4,5 mg/l).
- ✓ Acide chlorhydrique HCl.
- ✓ Solution acétate tampon.

- ✓ Solution chlorhydrate d'hydroxylamine.
- ✓ Solution de phénantroline-1,10.
- ✓ Solution mère du fer a 0,1g/l.
  
- **Mode opératoire**
  - ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser acidifié.
  - ✓ Ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique.
  - ✓ Mélanger bien et ajouté 2 ml de la solution acétate tampon.
  - ✓ Ajouter 2 ml de la solution phénantroline-1,10.
- **Expression des résultats**

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

### III.7 Dosage des métaux lourds par Spectrométrie d'absorption atomique

#### III.7.1 Principe de spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique.

En spectrométrie d'absorption atomique (SAA), on utilise un générateur de photons dont la fréquence correspond à l'élément à doser. Une population d'atome, générée par un atomiseur à partir de l'échantillon, est éclairée par un rayonnement lumineux de longueur d'onde donnée. Les atomes absorbent cette énergie incidente pour passer du niveau fondamental au niveau énergétique excité et le nombre de photons absorbés dans le rayonnement incident peut être relié à la concentration par la relation  $A=KC$

$A$ =Absorbance,  $K$ =Coefficient spécifique à chaque élément,  $C$ =Concentration de l'élément considéré dans la solution à analyser.

Cette relation permet la quantification de l'élément en procédant préalablement à un étalonnage avec des solutions de concentrations connues.



- ✓ Spectromètre d'absorption atomique muni d'un générateur d'hydrure et d'une source de rayonnement convenant au métal à doser (lampe EDL) d'un dispositif de correction du bruit de fond.

- **Réactifs**

- ✓ Gaz argon.
- ✓ Eau ultra-pure.
- ✓ Acide chlorhydrique.
- ✓ Borohydrure de sodium.
- ✓ Acide phosphorique.
- ✓ Solution mère étalon de sélénium.

- **Mode opératoire**

- **Réduction du Sélénium**

Introduire dans un ballon à col rodé 50ml d'échantillon et 25ml d'acide chlorhydrique à 50% adapter le réfrigérant et effectuer la réduction du sélénium sous reflux, en chauffant à 70°C pendant 10min environ.

- **Détermination du sélénium**

Introduire 20ml de la solution réduite dans le générateur d'hydrure, ajouter 1ml d'acide phosphorique, 1ml d'acide chlorhydrique. Laisser stabiliser 40sec sous courant d'argon puis agiter 20sec, maintenir l'agitation et introduire une pastille de borohydrure de sodium. Mettre le générateur en communication avec le spectromètre d'absorption atomique. Travailler en correction de bruit de fond, intégrer pendant 45sec. Effectuer les lectures à la longueur d'onde 196,03nm.

### III.7.3 Dosage du cuivre

#### Méthode par spectromètre d'absorption atomique avec flamme (SAAF)

- **Principe**

Le cuivre est dosé par Spectromètre d'absorption atomique à l'aide d'une flamme air acétylène oxydante en utilisant une lampe à cathode creuse au cuivre, à la longueur d'onde de 324,7 nm, sur la boisson spiritueuse dés alcoolisée, selon la méthode dite des "ajouts dosés".

- **Réactifs**

- ✓ Eau déminéralisée ultra pure
- ✓ Solution mère à 1000 mg/l de Cuivre
- ✓ Solution à 10 mg/l de Cuivre.

- **Mode opératoire**

- **L'évaporation de l'alcool**

- ✓ Introduire à la pipette 50 ml de boisson spiritueuse dans un bécher de 250 ml.
- ✓ Évaporer l'alcool au bain-marie jusqu'à environ 10 ml.
- ✓ Laisser refroidir puis transvaser le concentrât dans une fiole de 50 ml.
- ✓ Rincer le bécher et compléter avec l'eau déminéralisée.

- **Ajout de 0,2mg/l de cuivre**

- ✓ Placer 5 ml de l'échantillon à doser dans un pilulier.
- ✓ ajouter à la micropipette 100 µl de la solution à 10 mg/l de Cuivre.

- **Ajout 0,4mg/l de cuivre**

- ✓ Placer 5 ml de l'échantillon à doser dans un pilulier.
- ✓ ajouter à la micropipette 200µl de la solution à 10 mg/l de Cuivre.



**Fig.14** : Spectromètre d'absorption atomique avec flamme (SAAF). (ADE, Alger)

### **III.7.4 Dosage du zinc**

#### **Méthode par spectromètre d'absorption atomique avec flamme (SAAF)**

- **Principe**

Le zinc est dosé directement par spectrométrie d'absorption atomique à flamme.

- **Réactifs**

- ✓ Eau déminéralisée pure pour analyse.
- ✓ Acide nitrique pur.
- ✓ Solution mère de zinc à 1000 mg/l.
- ✓ Solution de zinc à 10 mg/l.
- ✓ Gamme d'étalonnage.

- **Mode opératoire**

- ✓ La lecture des absorbances est faite pendant 10 secondes et les mesures sont faites en double.
- ✓ Les concentrations en zinc des échantillons sont obtenues à partir des valeurs des absorbances.
- ✓ Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 213,86nm.

# Chapitre IV:

Résultats et

discussions

## IV.1 Résultats des analyses physico-chimiques

Ces résultats ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de quatre sources (Source EZIZA, Ighzar Mézave, Akhrive Oumalou, L3insar Avarkane) de la commune de M'Chedallah wilaya de Bouira.

**Tab. 14 :** Les résultats des analyses physico-chimiques des 4Sources.

Paramètres	EZIZA	Ighzar Mézave	Akhrive Oumalou	L3insar Avarkane	Normes algériennes	Unités
pH	7,71	7,43	7,84	7,65	6,5-8,5	-
Température	16,4	15,1	17,6	23,9	25	°C
Turbidité	1,41	1,49	1,64	0,39	5	NTU
Conductivité	388	333	580	499	2800	µs/cm
Salinité	0,2	0,2	0,3	0,3	-	g/l
TDS	162,1	159,7	291	332	500	Mg /l
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00	00	00	00	0,1	Mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	00	00	00	00	0,5	Mg/l
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	00	00	00	00	0,5	Mg/l
TAC	75	67	299	280	500	Mg/lCaCo3
Ca <sup>+2</sup>	45.6	39.2	68	62,4	200	Mg/l
Mg <sup>+2</sup>	11,04	11,04	25,44	20,9	150	Mg/lCaCo3
Cl <sup>-</sup>	7,81	10,65	14,2	18,46	500	Mg/l
TH	160	144	276	215	500	Mg/lCaCo3

## IV.2 Interprétation et discussion

### IV.2.1 Paramètres organoleptiques

#### IV.2.1.1 La Couleur

Lors des prélèvements, nous avons constaté que les eaux de 4 sources sont incolores, ceci indique probablement l'absence des ions métalliques fer ferreux (Fe<sup>+2</sup>) et fer ferrique (Fe<sup>+3</sup>) ; qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau.

#### **IV.2.1.2 L'odeur**

L'eau des 4 sources étudiées est inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de la matière organique.

#### **IV.2.1.3 Le goût et la saveur**

Lors des prélèvements, les eaux de quatre sources étaient sans goût.

### **IV.2.2 Paramètres de pollution**

#### **IV.2.2.1 Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0,1mg/l, les valeurs enregistrées pour les 4 sources est 00mg/l, l'absence totale des nitrites donc les eaux ne sont pas polluées.

#### **IV.2.2.2 Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)**

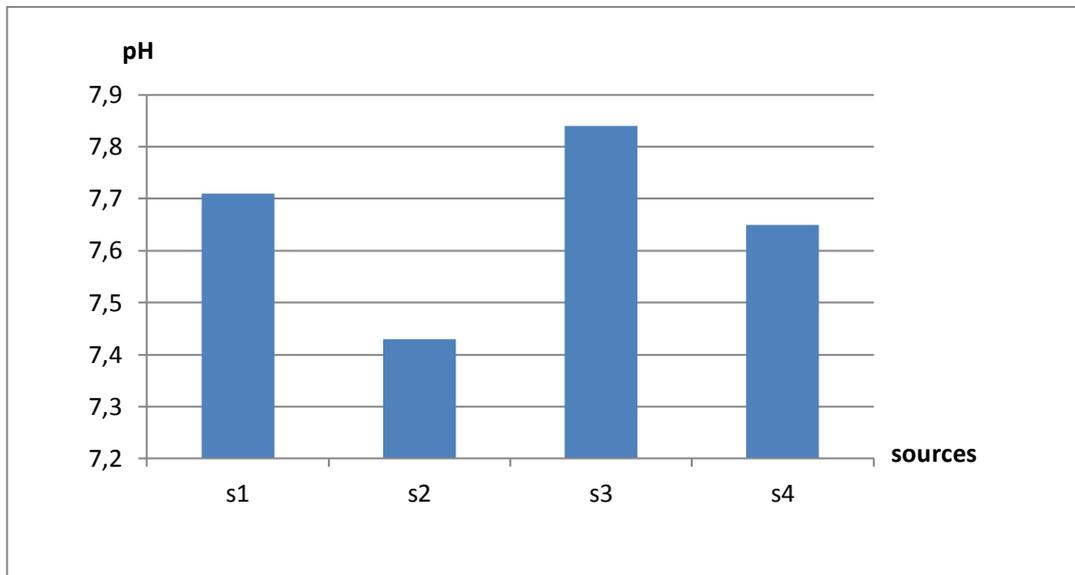
Des teneurs supérieures à 0,5mg/l doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour nos eaux étudiées, nous avons trouvé une teneur de 00mg/l, donc les eaux étudiées ne sont pas polluées.

#### **IV.2.2.3 Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Les eaux sont chargées en ammonium par réduction des nitrites sous l'action des bactéries. La réglementation algérienne fixe 0,5mg/l comme teneur limite. Les valeurs enregistrées pour nos 4 sources est 00mg/l, donc les eaux étudiées sont dépourvues en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

### IV.2.3 Paramètres physico-chimiques

#### IV.2.3.1 Potentiel hydrogène (pH)

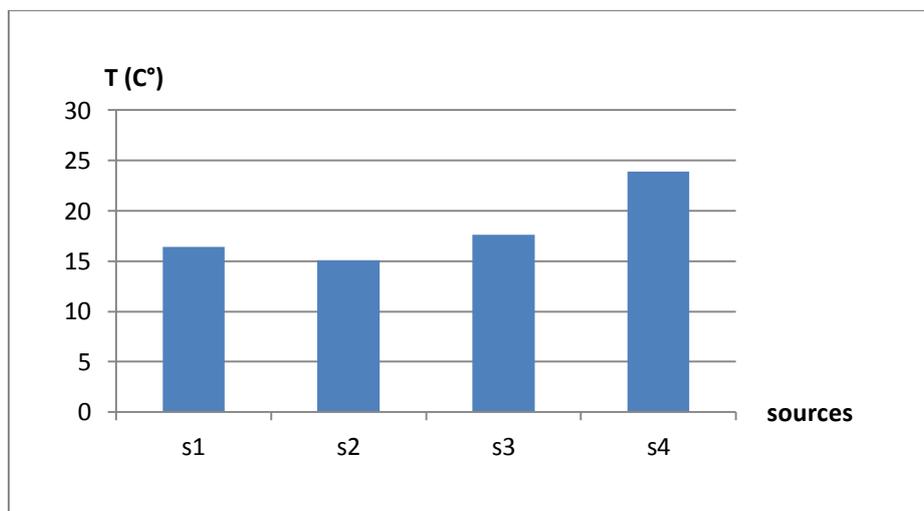


**Fig.15** : Valeurs du pH des différents échantillons.

Les normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 8,5. Les valeurs mesurées sont comprises entre 7,43 à 7,84 ; la valeur la plus basse c'est 7,4 de la deuxième source de ce fait sont des eaux proches de la neutralité.

Le pH dépend en grande partie des terrains traversés par les eaux qui sont en majorité des terrains calcaires.

#### IV.2.3.2 Température



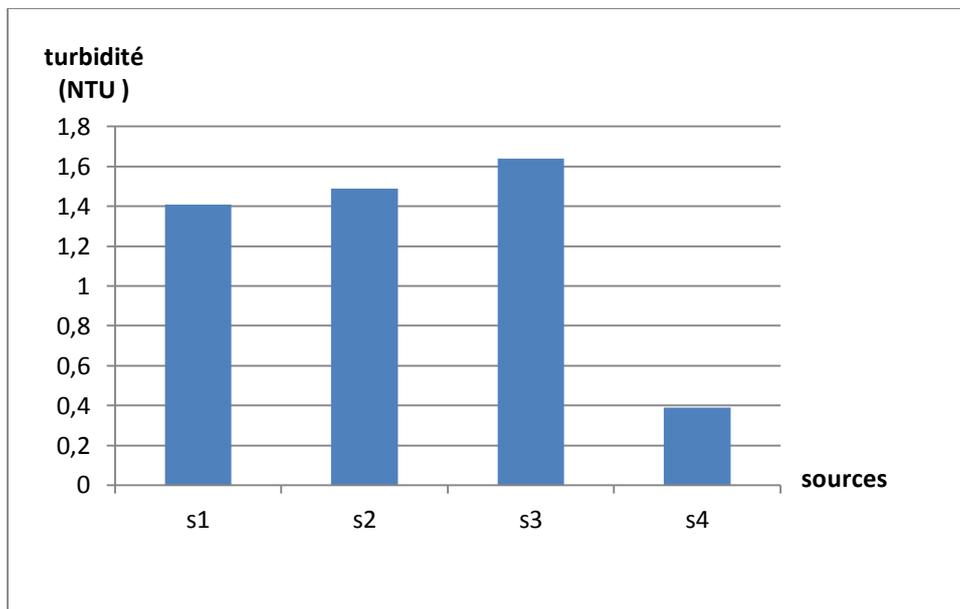
**Fig. 16** : Variation de Température (°C).

Des valeurs de température varient entre 16,5 °C et 23,8 °C, ce ci dû à une série de facteurs :

- La situation géographique « région montagnarde ».
- La saison de printemps.

La profondeur de l'eau de source affaiblir la température de l'eau, le cas des 03 premières sources et la 4<sup>ème</sup> et la plus pris de la surface de la terre.

### IV.2.3.3 Turbidité

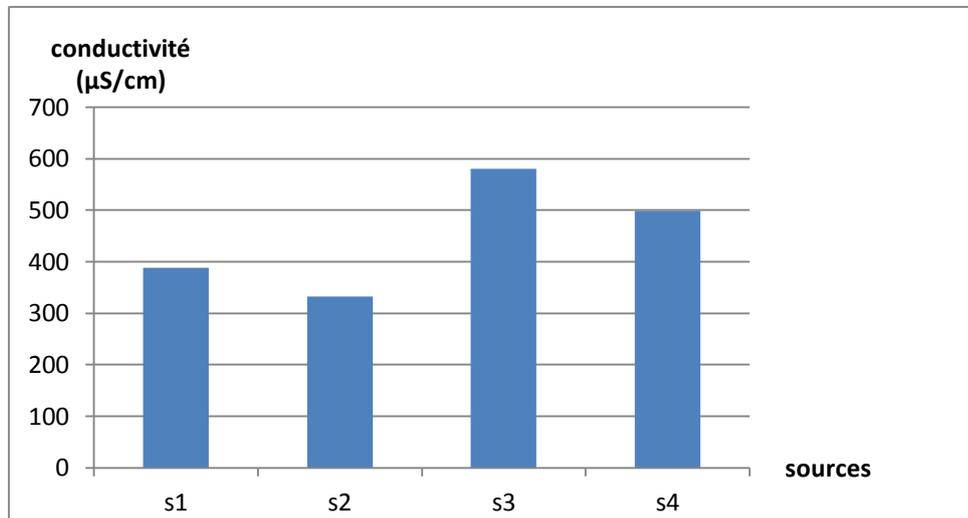


**Fig.17** : Variation de Turbidité (NTU).

L'eau des quatre sources étudiées est une eau claire, ceci est dû au rôle joué par le sol comme un filtre naturel.

Les valeurs mesurées sont comprises entre 0,39NTU et 1,64 NTU. la quatrième source la moins turbide et la troisième est la plus turbide mais elles s'avèrent conformes à la norme algérienne qui recommande comme valeur limitée de 5NTU au maximum.

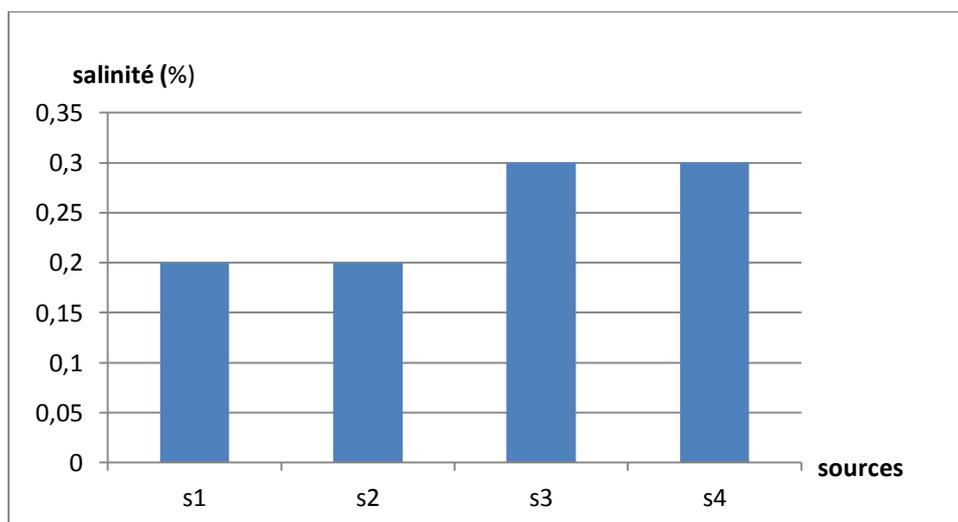
#### IV.2.3.4 Conductivité



**Fig.18 :** Variation du Conductivité (μS/cm).

La conductivité de l'eau des sources concernées est relativement faible. Ce qui s'explique probablement par la situation géographique des terrains abritant sources en question. Les valeurs sont variées entre 333 μS/cm à 540 μS/cm sa ce voix que notre eau est une eau moyennement minéralisée et aussi conforment à la norme algérienne 2800 μS/cm.

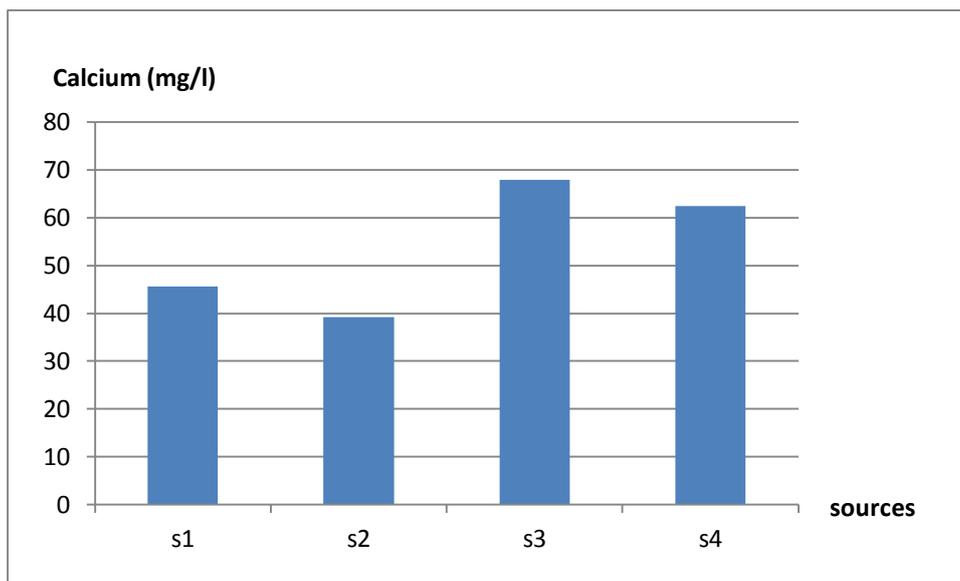
#### IV.2.3.5 Salinité



**Fig.19 :** Variation de Salinité

La variation de la salinité pourrait être due à la nature géologique des terrains également provenir de la dissolution des terrains salifères et la situation géographique des sources elles-mêmes. Les valeurs enregistrées dans les quatre sources sont faibles, comprises entre 0,2% et 0,3 %.

#### IV.2.3.6 Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )



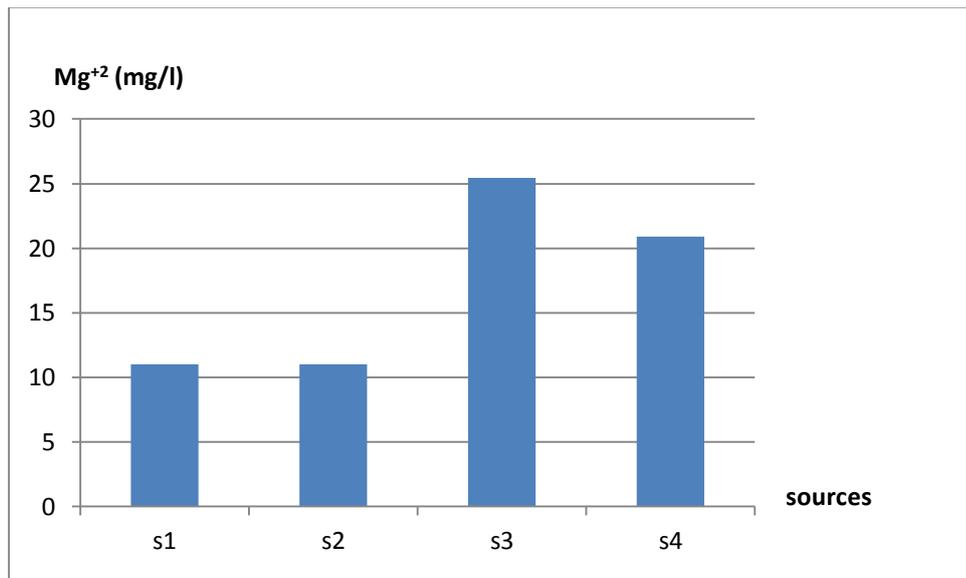
**Fig.20** : Teneurs en Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) dans l'eau de sources.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration maximale de 200mg/l.

Nos résultats montrent que la teneur de calcium dans les eaux étudiées est comprise entre 39mg/l et 68mg/l. Cette teneur est liée directement à la nature géologique du substrat.

D'après les valeurs obtenues, nous remarquons qu'elles répondent aux normes algériennes et que les eaux des deux dernières sources sont plutôt calciques.

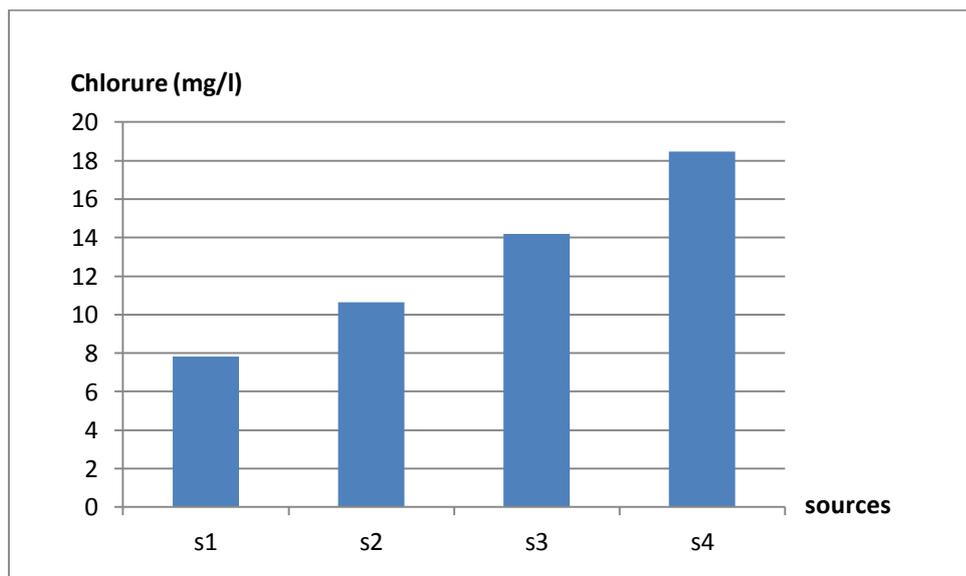
#### IV.2.3.7 Magnésium ( $Mg^{+2}$ )



**Fig.21** : Teneurs en Magnésium ( $Mg^{+2}$ ) dans l'eau des sources.

Les eaux étudiées présentent une très faible teneur en Magnésium. Les concentrations en Mg varient entre 11,04mg/l et 25,44mg/l, ce qui est conforme à la norme fixée par la réglementation algérienne (Valeur  $\leq 150$ mg/l de  $CaCO_3$ ).

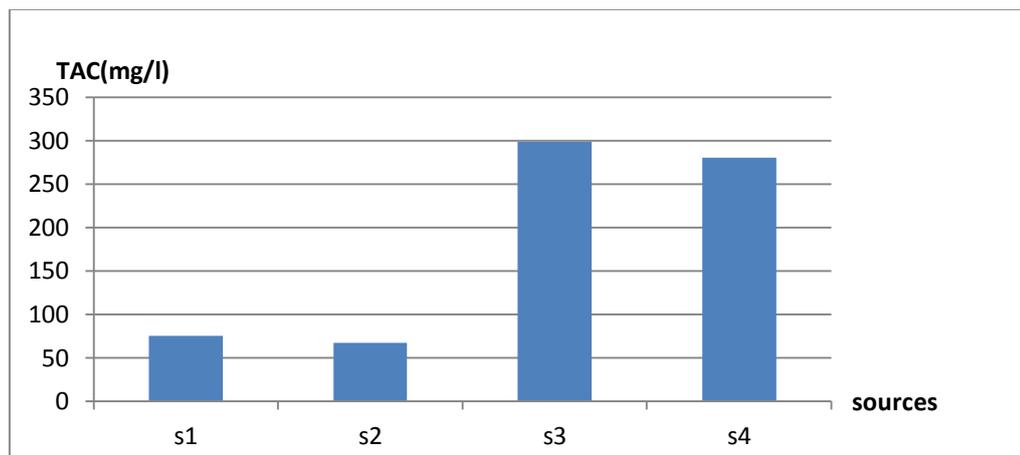
#### ➤ Chlorures ( $Cl^-$ )



**Fig.22** : Teneurs en chlorure ( $Cl^-$ ) dans l'eau des sources.

Les teneurs en chlorures des eaux sont principalement liées à la nature des terrains traversés par ces dernières. La teneur de nos 4 échantillons est comprise entre 7,81 et 18,46mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

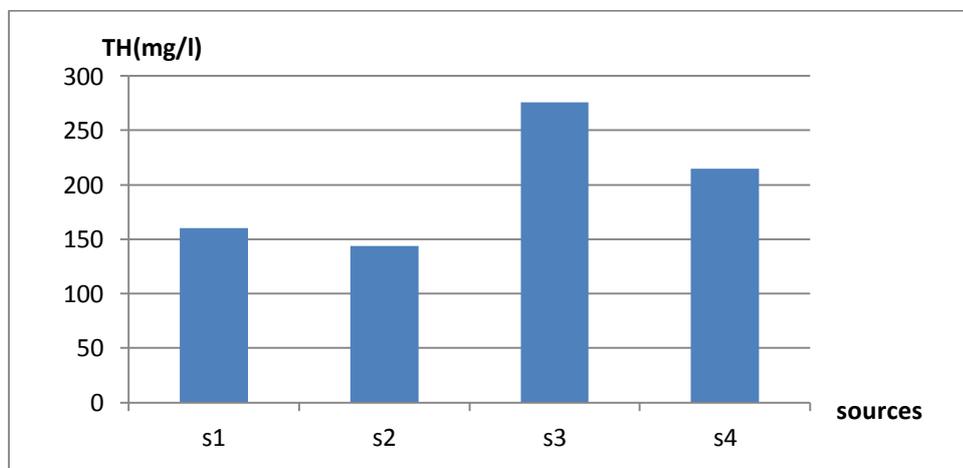
#### IV.2.3.8 Titre alcalimétrique complet(TAC)



**Fig.23** : Titre alcalimétrique complet(TAC).

Selon la norme en vigueur, la valeur maximale à ne pas dépasser pour le TAC est de 500mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Le TAC des résultats obtenus varient entre 67mg/l de  $\text{CaCO}_3$  et 299 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Ces valeurs sont conformes à la réglementation algérienne.

#### IV.2.3.9 Dureté totale (TH)



**Fig.24** : Dureté totale (TH) des différents échantillons.

La norme de TH fixée par la réglementation algérienne est de 500mg/l de CaCO<sub>3</sub>. Les valeurs obtenues sont comprises entre 144mg/l de CaCO<sub>3</sub> et 276mg/l de CaCO<sub>3</sub> et d'une moyenne de 200mg/l, donc sont des eaux très dures.

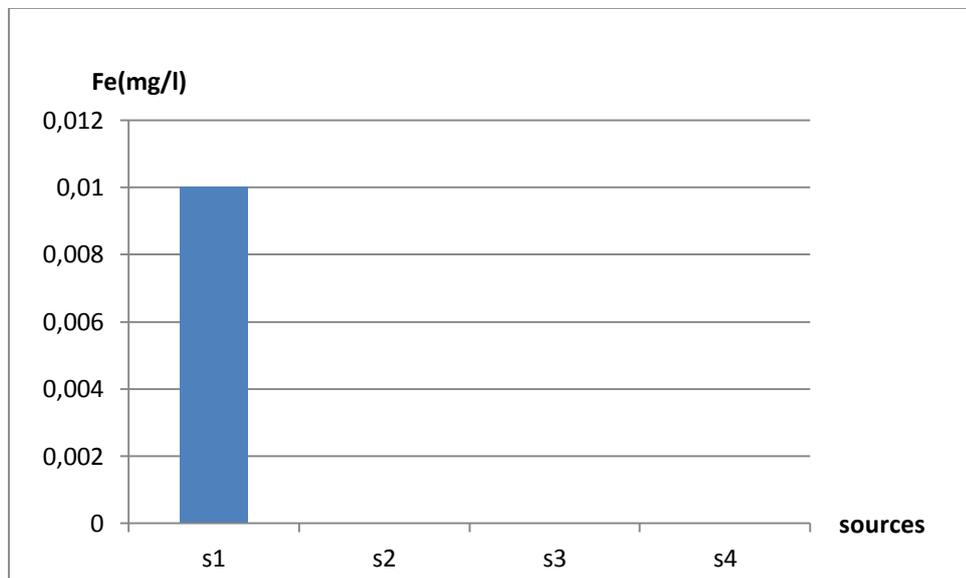
### IV.3 Résultats du dosage des métaux lourds

#### IV.3.1 Paramètres spectrophotométriques UV-visible

**Tab. 15 :** Les résultats des analyses par spectrophotomètre UV –visible des 4 Sources

Paramètres	EZIZA	Ighzar Mézave	Akhrive Oumalou	L3insar Avarkane	Normes algériennes	Unités
Fer	0.01	00	00	00	0,3	Mg/l
Manganèse	00	00	00	00	5	Mg/l

##### IV .3.1.1 Fer(Fe)



**Fig.25 :** Variation de teneur en Fer (Fe).

La valeur limite donnée par la réglementation algérienne est de 0,3mg/l. Les résultats enregistrés sont variées entre 00mg/l et 0,01 mg/l ce qui est conforme à la norme algérienne (0,3mg/l).

### IV.3.1.2 Manganèse (Mn)

La norme du Manganèse (Mn) fixée par la réglementation algérienne est de 0,05mg/l. Les valeurs enregistrées pour nos 4 sources est 00mg/l, donc l'absence du manganèse dans les eaux étudiées.

### IV.3.2 Paramètres de Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

**Tab. 16** : Résultats du dosage des métaux lourds par la SAA

Paramètres	EZIZA	Ighzar Mézave	Akhrive Oumalou	L3insar Avar Kane	Normes algériennes	Unités
<b>Zinc</b>	0,1021	<0 ,015	<0 ,015	<0 ,015	5	Mg /l
<b>Cuivre</b>	<0 ,04	<0 ,04	<0 ,04	<0 ,04	2	Mg/l
<b>Sélénium</b>	<1	<1	<1	<1	10	µg/l

#### IV.3.2.1 Zinc (Zn)

La variation des teneurs en Zinc pour les 4 sources est très faible. D'après les résultats du tableau XV, les valeurs enregistrées varient de <0 ,015mg/l et 0,1021mg/l.

Les teneurs en zinc sont nettement inférieures à la norme algérienne qui est de 5mg/l.

#### IV.3.2.2 Cuivre (Cu)

La variation des teneurs en cuivre pour les 4 sources est très faible. D'après les résultats du tableau XV, les valeurs enregistrées sont <0 ,04mg/l.

Les teneurs en cuivre sont clairement inférieures à la norme algérienne qui est de 2mg/l.

#### IV.3.2.3 Sélénium(Se)

La variation des teneurs en sélénium pour les 4 sources est faible. D'après les résultats du tableau XV, les valeurs enregistrées sont <1µg/l.

Les teneurs en sélénium sont conformes à la norme fixée par la réglementation algérienne qui est de 10µg/l.

# **Conclusion générale**

## Conclusion Générale

L'eau est un élément essentiel pour la vie quotidienne des êtres vivant 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 le dosage de quelques métaux lourds des eaux brutes de quatre sources « Source EZIZA, Ighzer Mézave, Akhrive Oumalou, Source Noire » localisées au niveau de la région de M'Chedallah. Les eaux des quatre sources étudiées sont consommées à longueur d'année par les populations et constituent un apport très considérable dans l'alimentation en eau potable pour la région. Par conséquent, il est indispensable de rester très vigilant quant à la qualité des eaux ces sources en question.

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

- Les propriétés organoleptiques des échantillons prélevés révèlent des eaux claires, sans odeur, ni saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont dévoilé :

- Une conductivité moyenne de 540  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , donc sont qualifiées comme des sources moyennement minéralisé.
- Un pH compris entre 7,43 et 7,77, de ce fait sont des eaux alcalins.
- la moyenne de la dureté totale des sources étudiées est de 200mg/l, donc sont des eaux très dures.
- Absence totale des paramètres de pollution « Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ )».
- Une très faible teneur en Fer (Fe) de 0mg/l à 0,01 mg/l, et absence totale du Manganèse (Mn).

Le dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique des eaux des sources étudiées a permis de quantifier des concentrations en cuivre, zinc, et sélénium relativement faibles (inférieur à 1 mg/l).

Aux termes de notre travail, nous pouvons conclure qu'il n'existe aucune contamination des eaux analysées par les métaux lourds pouvant avoir des origines diverses.

Sur le plan physico-chimique, les analyses ont abouti à des valeurs très satisfaisantes et répondent parfaitement aux exigences des normes nationales en vigueur. Ces eaux demeurent jusqu'à présent aptes et recommandées pour la consommation humaine.

L3insar Avarkane c'est la meilleure source et la plus recommander

En guise de perspective, en vue d'enrichir cette analyse, nous souhaiterons vivement que les prochains travaux s'intéressent la détermination d'autres paramètres physico-chimiques tels que la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), car elles donnent une approximation de la charge en matières organiques biodégradables.

Il serait également très convenable que les collectivités locales attachent une attention particulière à ces différents point d'eau en y apportant tout le savoir-faire technique permettant d'assurer une hygiène parfaite de ces lieux et une sécurité sanitaire des eaux consommées.

# **Références bibliographiques**

## *Références bibliographiques*

- [1] **ABDOULAYE D. KHADIJETTOU M. et OULD SID'AHMED M .,** « Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve SENEGAL », Larhyss Journal, n° 12, (2013), pp 71-83.
- [2] **ADE BOUIRA,** documentation interne au laboratoire centrale, 2019.
- [3] **ADJELANE M. et BOUREBAA K.,** « Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir Egzib et réservoir central. Bejaia-Algérie ». Mémoire de master en Biodiversité et sécurité alimentaire, Université A. MIRA – Bejaia. (2018), p 2.
- [4] **Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG).** « Les eaux souterraines », Toulouse, Cedex 4, (2012), p5.
- [5] **AIT ZIANE K. et BOUYAHIA N.,** « Cycle biogéochimique de quelques métaux lourds dans les eaux Côtières du golfe Bejaia ».Mémoire de Master en environnement et santé publique, Université Abderrahmane Mira de Bejaia. (2013), p9.
- [6] **AMRANE Ch.,** « Analyse et traitement des métaux lourds des rejets industriels : développement de méthodes chimiques électrochimiques et membranaires ».Thèse Doctorat en chimie de l'eau et l'environnement : dessalement et environnement, Université El-Hadj Lakhdar - BATNA 1. (2018), chap. I, p6.
- [7] **AOUISSI A. et HOUHAMDI M.,** « 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). (2014), p12.
- [8] **AYAD W.,** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région D'EL-HARROUCH (Wilaya de SKIKDA) .Thèse de Doctorat 3 ème cycle LMD en Microbiologie, Université Badji –Mokhtar – Annaba. (2017).p6.
- [9] **BALDERACCHI R.,** « L'eau dans l'organisme », Centre national de la recherche scientifique (CNRS). (2009).

- [10] **BARKAT K.**, « Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun ». Mémoire de Master en Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie, Université des Frères Mentouri Constantine. (2016), p3.
- [11] **BELABED B.**, « La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba (Sources de contamination des écosystèmes aquatiques) ». Thèse de doctorat en Biologie et physiologie des organismes Marins, Université Badji Mokhtar –Annaba. (2010), p7.
- [12] **BENARIBA R., MOKHTARI R. et BOUGHERARA N.**, « la toxicité du cadmium et ses risques sur la santé humaine ». Mémoire de Master en Biologie Animale, Université des Frères Mentouri Constantine. (2016), p6.
- [13] **BENBOUZID H. et FARES KH.**, « Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de (Abdelmelek Ramdane) ».Mémoire de master II en biologie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. (2017), p 3.
- [14] **BENSAHA S.**, « La décontamination des eaux usées sur un support naturel ».Mémoire de Magister en chimie, Université Abou Bekr Belkaid – TLEMCEN. (2010), p15.
- [15] **BONNIN J.**, « Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Edition ». Eyrolles. (1982), pp 23-24.
- [16] **Bourrier R., Selmi B.**, « Technique de la gestion et de la distribution de l'eau », Edition Moniteur, Paris, (2011), p 353.
- [17] **CARDOT C.**, « Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus: génie de l'environnement ». Edition Elipses. (1999), p71.
- [18] **CASAS S.**, « Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilusgalloprovincialis*, en milieu méditerranéen ». Thèse de doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. (2005), Chap. I, p22.
- [19] **Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec (CEAEQ)** « Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique ». MA. 103 – Tur. 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques. (2016), p 11.

- [20] **CHELL L. & DJOUHRI N.**, « Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. » Mémoire de master II en Génie des Procédés, Université A. MIRA – BEJAIA. (2013), p 6.
- [21] **DEGREMONT G.**, « Mémento technique de l'eau ». Tome 1, 10eme édition : Tec et doc. (2005), pp. 3- 38.
- [22] **DIALLO M.**, « Évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits en fonction du traitement à l'hypochlorite de sodium ». Thèse de médecine, Université du Mali (F. M.P.O.S.).(2010), p17.
- [23] **DJORFI N. & DERBAL H.**, « Degré de potabilité de quelques sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans la plaine de Guelma ». Mémoire de Master en Hydro-écologie : Santé, Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945 GUELMA. (2015), p11.
- [24] **Fondation Nationale de la Santé.** Manuel pratique d'analyse de l'eau 4ème édition Brasilia. (2013), P57, 67 Brésil.
- [25] **GOMELLA C.**, « La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales ». Editions Eyrolles. (1974).
- [26] **GOMELLA G. & GUERREE H.**, « Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales ». Tome 1:La distribution.3eme édition Eyrolles. (1980), pp 21-22.
- [27] **HADEF Dj. & HASNI M.**, « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla ». «Mémoire de Master en Chimie, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana.2017, p7.
- [28] **HAMEL L.**, « Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak» destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen ». Mémoire de Master en Sciences des aliments, Université ABOUBEKR Belkaid TLEMEN. (2013), p12.
- [29] **HAMMADACHE Z., GUERRACHE S. & SAIB S.**, « Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système sol-plante (Phragmites australis) dans le bassin versant d'oued NIL la région de Jijel ». Mémoire de Master en BIOLOGIE, Université M'hamad Bougara Boumerdes. (2016), p3.

- [30] **HAMED. M, GUETTACHE.A & BOUAMER. L,** « Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie ». Université de Bechar. (2012), pp7- 9.
- [31] **Hammi H.,** « La pollution des eaux par les métaux lourds ». Les IIIème Olympiades Tunisiennes de Chimie (2010), p 31.
- [32] **HOPKIN S.P.,** « Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates ». Elsevier, Applied science, NY, USA. (1989), p366.
- [33] **KRIBI S.,** « Décomposition des matières organiques et stabilisation des métaux lourds dans les sédiments de dragage ».Thèse de Doctorat en Science et Technique du Déchet, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. (2005).
- [34] **MEKAOUSSI N.,** « Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de hammam debagh (est algérien) ». Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Hadj Lakhdar –Batna. (2014), p5.
- [35] **Miquel G.,** « Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé ». Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat n°261: 360. (2001).
- [36] **MOKEDDEM K. & OUDDANE S.,** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara. (2005), pp 18-22.
- [37] **MOUAZ N. & BENTCHICH KH.,** « Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff ». Mémoire de Master en Analyses biologiques et biochimiques, Université de Khemis-Miliana. (2017), pp8-10.
- [38] **MOUSSA NOMAO I.,** « Évaluation de la qualité physico-chimique bactériologique des eaux des forages a usage particulier et semi-industriels à Ouagadougou (BURKINA FASO) ». Mémoire de master en Eau et Assainissement, Université. (2017), p13.
- [39] **NIEBOER E & RICHARDSON D.H.S.,** « The replacement of the nondescript term (heavy metal) by a biologically & chemically significant classification of metal ions. Environ. Pollut. IB : 3-26. (1980).

- [40] **NEDJAR R.**, « Dosage des métaux lourds Cd, Cr, Pb dans les rejets liquides de trois industries de la wilaya de Constantine ».Mémoire de Master en Gestion durable des écosystèmes, Université des Frères Mentouri Constantine. (2016), chap. I, p11.
- [41] **NOUAYTI N., Khattach D., Hilali M., Brahimi A., Baki S.**, « Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas Central, Maroc) Assessment Ofphysico-Chemical Quality of Groundwaterof the Jurassic Aquifers Inhigh Basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco) », 4 (6). (2015), pp 1068–814.
- [42] **O.M.S.** « Directive de qualité pour l'eau de boisson. 2ème édition ». Volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève. (2006), p 1150.
- [43] **OTMANI H.**, « Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates ».Thèse de Doctorat en Toxicologie, Université Badji Mokhtar - ANNABA. (2018), p7.
- [44] **RODIER J.**, « Analyse de l'eau. 9ème édition. Technique Et Ingénierie ». Dunod, Paris: Dunod. (2009), p1135.
- [45] **RODIER J.**, « L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ». Edition Dunod, Paris. (1984).
- [46] **RODIER J.**, « Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer) », 8èmeEdition, paris. (1996), 1260 p.
- [47] **RODIER J ., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMPSAUR H. ET RODI L.**, « L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer ». 8ème édition, DUNOD, Paris. (2005), 1383 p.
- [48]**RODIER J., LEGUBE B., MERLET N.**, « l'analyse de l'eau ».9ème édition DUNOD, Paris. (2009) ,1526p.
- [49] **SOUMAORO I.**, « Contribution à l'évaluation de la qualité physicochimique et la contamination métallique des eaux du bassin versant Kebir Rhumel ».Mémoire de Master en Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie, Université des Frères Mentouri Constantine. (2015).

[50] **SARI. H**, « Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen) ».Mémoire de Master en sciences des aliments, Université ABOU-BEKR BELKAID TLEMEN. (2014), p7.

[51] **VILAGINES. R**, « Eau, environnement et santé publique ». Introduction à l'hydrologie. Edition: Tec et Doc. Lavoisier. (2000).

[52] **ZOUAG B. & BELHADJ Y.**, « Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta (Tlemcen) ». Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de docteur en pharmacie , Université Abou Bekr Belkaid Faculté de Médecine –TLEMEN.(2017),p 7.

### **Sitographie :**

**Site Internet 1 :** « 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/>

**Site Internet 2 :** « climat M'Chedallah, sur le site Climat-DATA.ORG ». Consulté le 2juin. 2019.

<https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/bouira/m-chedallah-44244/>

**Site Internet 3 :** « limites administratives de la wilaya de Bouira », sur le site direction régionale de commerce Blida. Consulté le 20mais. 2019.

[http://www.dcwbouira.dz/fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=57&Itemid=3](http://www.dcwbouira.dz/fr/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=3)

# **Annexes**

## Annexe 1 : dosage de calcium

- **Solution d'E.D.T.A ( $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ )**

- ✓ E.D.T.A (sécher à 80°C pendant 2h)
- ✓ Eau distillée 1000ml

Conserver cette solution dans une bouteille en polyéthylène et en vérifier la concentration de temps à autre avec la solution étalon de calcium  $CaCO_3$

- **Solution d'hydroxyde de sodium(NaOH) 2N**

- ✓ NaOH (pastilles) 8g
- ✓ Eau distillée 100 ml

Conserver cette solution dans une bouteille en polyéthylène

- **Indicateur coloré de murexide  $C_8H_8N_6O_6$**

- ✓ Induire 0,2g de murexide dans 100 g de NaCl.

- **Solution étalon de référence de calcium ( $CaCO_3$ )=0,01mol/l**

- ✓ Sécher une quantité de  $CaCO_3$  pur pendant 2h à 105°C, et laisser refroidir à la température ambiante dans un dessiccateur.
- ✓ Introduire 1g de  $CaCO_3$  une fiole conique de 500ml.
- ✓ Humidifier avec de l'eau.
- ✓ Ajouter goutte à goutte de HCl à 4 mol/l jusqu'à la dissolution complète de carbonate.
- ✓ Eviter un excès d'acide.
- ✓ Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le  $CO_2$ .
- ✓ Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle.
- ✓ Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orangée de 1000ml.
- ✓ Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 litre
- ✓ Compléter avec de l'eau distillée

1 ml de la solution contient 0,4008mg/l (0,01mmol/l) de calcium

## Annexe 2 : dosage de TH

- **Solution tampon pH=10,1**

- ✓ Chlorure d'ammonium( $NH_4Cl$ ) 6,75g (16,875g)

- ✓ Solution ammoniacale (25%),  $d=0,91\text{g/ml}$  57ml (142,5ml)
- ✓ E.D.T.A de Mg ( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\cdot\text{Mg}$ ) 0,5g (1.5g)
- ✓ Eau distillée 100ml (250ml).

Conserver cette solution dans une bouteille en polyéthylène (durée de conservation limitée)  
.Diluer 10ml de la solution à 100ml avec de l'eau. Si cette solution n'a pas un pH de 10 rejeter la solution originale.

- **Indicateur coloré : mordant noir 11 (noir eriochrome)**
  - ✓ Induire 0,5g de noir eriochrome dans 25 ml d'éthanol.

### Annexe 3 (TAC)

- **Solution acide chlorhydrique HCl 0,02N**
  - ✓ 2ml de HCl et 100 ml de l'eau distillée.
- **Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0,5%**
  - ✓ Phénolphtaléine 5g.
  - ✓ Alcool éthylique 500ml.
  - ✓ Eau distillée 500ml.
- **Solution de méthyle orange à 0,5%**
  - ✓ Méthyle orange 0,5 g.
  - ✓ Alcool éthylique 100 ml.

### Annexe 4 : Dosage des chlorures

- **Nitrate d'argent (0,02mole/l)**
  - ✓ Nitrate d'argent (sécher à  $105^\circ\text{C}$ ) 3,3974g.
  - ✓ Eau distillée 1000ml.

Cette solution est stable pendant plusieurs mois si elle est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre.

- **Solution étalon de référence de NaCl à 0,02 mol/l**
  - ✓ NaCl sécher à  $105^\circ\text{C}$ .
  - ✓ Eau distillée (1000ml).
- **Solution d'indicateur de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10%**
  - ✓  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (10g) Eau distillée 100 ml.

## Annexe 5 : dosage de manganèse

- **Préparation de la solution mère étalon de manganèse à 100mg/l**
  - ✓ Dissoudre 0,287g de  $\text{KMnO}_4$  dans 100 ml d'eau distillée contenant 3 ml d'acide sulfurique.
  - ✓ Ajouter 0,4 g d'Hydrogénosulfite de sodium Porter à ébullition.
  - ✓ Refroidir, ajuster le volume à 1000 ml.
- **Solution fille étalon de manganèse à 5 mg/l**
  - ✓ 50ml de la solution mère de  $\text{KMnO}_4$  dans 1000 ml d'eau distillée.

## Annexe 6 :(Dosage de fer)

- **Acide sulfurique (4,5mol/l)**
  - ✓ Eau distillée 3 volume.
  - ✓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pur (agiter énergiquement) 1 volume.
- **Solution acétate Tampon**
  - ✓ Acétate d'ammonium  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (40g).
  - ✓ Acide acétique  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (1,06g/ml) 50 ml.
  - ✓ Eau distillée (100 ml).
- **Solution chlorhydrate d'hydroxylamine**
  - ✓ Chlorhydrate d'hydroxylamine  $\text{NH}_2\text{OH HCl}$  10g.
  - ✓ Eau distillée (100 ml).
  - ✓ Cette solution est stable pendant une semaine au moins.
- **Solution phénantroline-1,10**
  - ✓ phénantroline-1,10 monohydrate  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \text{H}_2$  (0,42 g).
  - ✓ 100ml d'eau distillée contenant 2gouttes de la solution de HCl.

Conservée cette solution à l'obscurité, elle est stable pendant une semaine

- **Solution mère du fer à 0,1g/l**
  - ✓ Fil de fer (pureté 99,99%) 50 mg.
  - ✓ Eau distillée (20 ml).
  - ✓ Solution HCl (5ml).
  - ✓ Chauffer légèrement pour dissoudre et compléter avec de l'eau distillée jusqu'à (500ml).

Conserver cette solution dans une bouteille en verre ou en plastique, elle est stable pendant au moins une semaine

- **Solution mère du fer on utilisant le sulfate de fer et d'ammonium à 0,1 g/l**
  - ✓ Sulfate de fer et d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0,7 g).
  - ✓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pur ( $d=1,84$ ) 0,7ml.
  - ✓ Refroidir et diluer avec de l'eau distillée à 1 litre.

Cette solution n'est pas stable

- **Solution étalon I du fer à 20 mg / l**
  - ✓ Solution mère (100 ml).
  - ✓ Eau distillée (500 ml).
- **Solution étalon II du fer à 1 mg / l**
  - ✓ Solution étalon I 25ml.
  - ✓ Eau distillée 500ml.
- **Solution proxodisulfate de potassium  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  à 40 g/l**
  - ✓  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  4g.
  - ✓ Eau distillée (100 ml).
- **Solution de lavage**
  - ✓ Solution de HCl  $d=1,12\text{g/ml}$ .

## Annexe 7 : Dosage d'ammonium

- **Réactif coloré**
  - ✓ Salicylate de sodium  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3\text{Na}$  (13g).
  - ✓ Citrate trisodique dihydrate  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (13g).
  - ✓ Nitrosopentacyanoferrate III de Na (0,0976g).
  - ✓ Eau distillée (100 ml).

Conservation en verre brun sable au moins deux semaines

- **Solution de dichloroisocyanurate de sodium**
  - ✓ Hydroxyde de sodium NaOH (3,2g).
  - ✓ Eau distillée (50 ml).
  - ✓ Refroidir la solution et ajouter :
  - ✓ Dichloroisocyanurate déshydraté (0,2 g).

- ✓ Eau distillée (100 ml).
- **Solution mère étalon d'azote ammoniacale à 1g/l de N**
  - ✓ Chlorure d'ammonium (3,819 g).
  - ✓ Eau distillée (800 g).
  - ✓ Compléter jusqu'à 1 litre.
- **Solution fille étalon d'azote ammoniacal à 100 mg/l de N**
  - ✓ Solution mère (100ml).
  - ✓ Eau distillée (1000ml).
- **Solution étalon d'azote ammoniacal à 1mg/l de N**
  - ✓ Solution fille (1ml).
  - ✓ Eau distillée (100ml).
- **Solution de lavage**
  - ✓ Hydroxyde de potassium (100 g).
  - ✓ Eau distillée (100 ml).
  - ✓ Refroidir la solution et ajouter :
  - ✓ Ethanol 95% V/V (900ml)