

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique*  
*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*  
*Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques*



# Mémoire de fin d'études

*En vue de l'obtention du diplôme de*  
*Master II en agronomie*  
Option : *Traitement et valorisation des ressources hydriques*

## Thème

**Caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghni. suivi d'une étude comparative avec une eau minérale Lalla Khedidja**

Réalisé par :

Mr : IBRI Mohamed

Mr : TALEB Yacine

Présenté devant le jury :

Président : Mr BOUDJEMAA S. MACA à l'UMMTO.

Examineurs: Mlle CHOUGAR S. MACA à l'UMMTO.

Mr BERADJ O. MACA à l'UMMTO.

Promotrice: Mme LOUNI D. MACA à l'UMMTO

Co-promoteur : Mr HADDADI N. INGÉNIEUR DE LABORATOIRE TAKSEBT (SEAAL).

Promotion 2016-2017.

## Remerciements

*Nous tenons à remercier avant tout notre bon Dieu ALLAH, qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.*

*Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à notre promotrice Mme LOUNI D pour ses précieux conseils, ses orientations et ses compétences qui ont été mises à notre disposition, qu'elle en soit remercié.*

*Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément :*

*- Mr BOUDJEMAA S d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance.*

*- Mr BERADJ O et Mlle CHOUGARS, d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre Co-promoteur Mr HADDADI de nous avoir accueilli dans le laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il nous a accordé,*

*Nous remercions également tous les ingénieurs en particulier Mme Chikhi du laboratoire de Taksebt (SEAAL)*

*Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# Sommaire

INTRODUCTION .....	1
<b>CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.</b>	
I. Généralités .....	2
I.1 Ressources en eaux .....	2
I.1.1 Eaux superficielles.....	3
I.1.1.2 Eaux souterraines .....	4
II. eaux potables.....	6
II.1 Composition chimique des eaux .....	6
II.1.2 Comparaison entre eaux de source et eaux minérales .....	7
II. Caractéristiques des eaux potables .....	8
II.1 Caractéristiques organoleptiques .....	8
II.1.1 Couleur.....	8
II.1.2 Odeur et Saveur .....	8
II.1.3 Turbidité.....	8
II.2 Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau.....	8
II.2.1 PH: .....	8
II.2.2 Température.....	9
II.2.3 Conductivité électrique .....	9
II.2.4 Alcalinité TA et TAC.....	9
II.2. 5 Dureté TH .....	9
II.2.6 Chlorures.....	10
II.2.7 Sulfates.....	10
II.2. 8.Calcium.....	10
II.2.9.Magnésium.....	10
II.2. 10.Sodium .....	11
II.2.11.Potassium .....	11
II.2. 12.Aluminium .....	11
II.2. 13.Oxydabilité au permanganate de potassium .....	11
II.2.14.Résidus secs.....	12
II.3.Caractéristiques concernant les substances indésirables .....	12
II.3.1Nitrates .....	12
II.3.2Nitrites .....	12

II.3.3 Ammonium .....	12
II.3.4 Fluor .....	13
II.3.5 Fer .....	13
II.3.6 Zinc .....	13
II.3.7 Manganese .....	13
II.4. Caractéristiques concernant les substances toxiques .....	14
II.5. Caractéristiques bactériologiques .....	15
II.5.1. Germes totaux .....	15
II.5. 2. Coliformes .....	15
II.5.3. Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants .....	15
II.5. 4. Streptocoques fécaux .....	16
II.5. 5. Clostridium sulfito-réducteurs .....	16
II.5.6. Salmonelles .....	16
<b>Chapitre II : Description de la zone d'étude.</b>	
I. Situation et contexte géographique .....	17
I.1. Djurdjura .....	17
I.2. Régions de Boghni .....	18
II. Parc National du Djurdjura .....	19
II.1. Géologie .....	19
II.2. Pédologie .....	19
II.3. Végétation .....	20
II.4. Hydrologie .....	19
II.5. Climatologie .....	20
II.5.1. Températures .....	20
II.5.2. Précipitations .....	21
III.6. Sources d'eau étudiées .....	23
III.6.1. Source de Thabourth El Insar .....	23
III.6.2. Source de Tala Guilef (Adarchi) .....	24
III.6.3. Source de Thinzar .....	24
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes.</b>	
I. Station de traitement d'eau de Taksebt .....	24
II. Procédés de traitement des eaux .....	24
II.1. Prétraitement .....	24
II.2 Clarification .....	24

II.3. Désinfection .....	25
III. Echantillonnage.....	25
III.1 Points d'échantillonnage .....	25
III.2 Conditions du prélèvement.....	25
III.2.1 Echantillonnage d'eau pour les analyses bactériologiques .....	25
III.2.2 Echantillonnage d'eau pour analyses physico-chimiques.....	26
IV. Analyse microbiologique .....	26
IV.1.Principe de la technique de la membrane filtrante.....	27
IV.2 Principe de la technique l'incorporation en gélose .....	28
V. Analyses physico-chimiques.....	29
V.1 Analyses par Spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Méthode HACHLANGE).....	29
V.1.1 Principe de fonctionnement du spectrophotomètre d'absorption moléculaire.....	30
V.1.2 Couleur et Uv .....	30
V.1.4 Nitrates .....	31
V.1.5 Nitrites .....	31
V.1.6 Ammonium.....	31
V.1.7 Sulfate .....	32
V.1.8 Orthophosphates .....	32
V.1.9 Fer .....	33
V.1.10 Cuivre.....	33
V.2 Mesure des paramètres de tables.....	33
V.2.1 Mesure de l'oxygène dissous.....	33
V.2.2 Conductivité .....	34
V.2.3Mesure du Ph et de la Température.....	35
V.2.4Mesure de la turbidité.....	35
V.3 Analyses volumétriques (méthode classique).....	36
V.3.1 Détermination de gaz carbonique libre (CO <sub>2</sub> libre).....	36
V.3.2Détermination des chlorures (Cl <sup>-</sup> ) (Méthode de MORH).....	37
V.3.3Détermination de la matière organique (KMnO <sub>4</sub> ) .....	38
V.3.4 Détermination de TA et TAC.....	39
V.3.5 Détermination de la dureté totale .....	40
V.3.6.Détermination du Calcium Ca <sup>++</sup> (Méthode tétrimétrique à l'EDTA) .....	41
V.3.7 Détermination de la dureté Magnésienne (Mg <sup>2+</sup> ) .....	42
V.3.8 Détermination des résidus secs .....	43

V.3.Détermination de MES .....	43
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion.</b>	
I. Paramètres Organoleptiques.....	45
I.1    Couleur et Uv .....	45
II. Paramètres physico–chimiques.....	46
II.1.Paramètres physiques.....	46
II.1.1. Turbidité.....	46
II.1.2. pH et pH d équilibre.....	47
II.1.3. Matière En Suspension .....	48
II.2. Paramètres chimique .....	48
II.2.1. Paramètres globaux.....	49
II.2.2. Eléments minéraux dissous.....	55
II.2.3. Eléments indésirables.....	58
III. Résultats Microbiologique .....	63
III.1. Résultats des analyses microbiologiques de la source Thabourth El Insar.....	64
III.2. Résultats des analyses microbiologiques de la source Tala Guilef.....	64
III.3. Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar I .....	64
III.4. Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar II .....	65
<b>Conclusion</b> .....	65
<b>Annexes.</b>	

## Liste des abréviations

AERMC : Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

A.S.R : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

BEA: gélose Bile Esculine Azide

°C : degré Celsius.

EDTA :Éthylène Diamine Tétracétique.

E-coli :Escherichia coli.

°F : degré Français.

g/l : Gramme par Litre.

H<sup>+</sup> : Ion hydrogène.

h : heure.

ISO: International Organization for Standardization

MES : Matière En Suspension.

MO : Matière Organique.

ml : millilitre.

mg/l : Milligramme par Litre.

mS/cm: Micro Siemens par Centimètre.

min : minute.

mm: millimètre.

m<sup>3</sup> :Mètre cube.

m<sup>3</sup>/j : Mètre cube par Jour.

NA : Norme Algérienne.

NF: Norme Française.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

O.N.M.T.O : Office National de Météorologie Tizi-Ouzou.

PCA : Plate Count Agar, en anglais.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.

pH : Potentiel Hydrogène.

pHs :Potentiel Hydrogène de saturation.

Pt :Platine.

R S : Résidus Secs.

SEAAL : SOCIETE D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT D'ALGER.

TTC : Chlorure de Triphényl 2.3.5- Tetrazolium.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrotimétrique.

TGEA: Tryptone Glucose Extract Agar.

UFC : Unités Formant Colonies.

UV : Ultraviolet.

Ø: Diamètre.

µm: Micro Mètre.

µg/l: Microgramme par Litre.

## Liste des figures

**Fig. 1** Organigramme représentant la répartition de la ressource eau sous ses différentes formes sur la planète. (PAPA, 2005)

**Fig. 2** Carte géographique de régions de Boghni (GOOGLE MAPS, 2017)

**Fig. 3** Histogramme Températures moyennes mensuelles à Tikjda (alt : 1450m) et à Tala-Guilef (alt : 1450m) pour la période allant de 1988 /1989 à 1991/1992 (ABDESSEM, 1995)

**Fig. 4** Histogramme Précipitations moyenne mensuelles à Tala Guilef (alt : 1450 m) 1987 à 1993 et Bouira (alt : 520 m) de 1972 à 1993 (ADBESSELAM, 1995). Boghni (alt : 250 m) de 1988 à 2011 (O.N.M.T.O).

**Fig. 5** Image satellitaire de la zone de l'étude avec localisation des sources analysées (google maps 2017).

**Fig.6** Technique de la membrane filtrante.

**Fig.7** Spectrophotomètre d'absorption moléculaire.

**Fig. 8** Instruments de base pour le spectrophotomètre d'absorption moléculaire défini.

**Fig.9** Oxymètre.

**Fig.10** Conductimètre.

**Fig.11** pH-mètre et agitateur magnétique.

**Fig.12** Turbidimètre

**Fig. 13** Variations de la couleur et de l'UV des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017).

**Fig.14** Turbidité des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017).

**Fig. 15** pH/pHs des quatre sources (Avril 2017).

**Fig.16** Quantités De M.E.S des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017).

**Fig.17** Résidus secs des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.18** Conductivité des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.19** TAC des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.20** TA des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.21** TH des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.22** O2 dissous des quatre sources comparées à l'eau minérale lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.23** Variation du CID dans les quatre sources analysées (Avril 2017).

**Fig. 24** Oxydabilité au KMnO4 des quatre sources comparées à l'eau minérale lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig. 25** Calcium des quatre sources comparées à l'eau minérale lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.26** Magnésium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig. 27** Aluminium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig. 28** Teneur en fer des quatre sources comparées à l'eau minérale lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.29** Teneur en cuivre des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.30** Ammonium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017).

**Fig.31** Nitrates des quatre sources comparés à l'eau minérale lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.32** Nitrites des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017).

**Fig.33** Chlorures des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017).

**Fig.34** Teneures en sulfates des quatre sources (Avril 2017).

**Fig.35** Teneures en Orthophosphates des quatre sources (Avril 2017).

#### **Liste des tableaux :**

**Tableau.1** Normes des substances toxiques (journal officiel Algérien: 2011)

**Tableau.2** Résultats d'analyse microbiologique de la source Thabourth El Insar (Avril 2017)

**Tableau.3** Résultats des analyses microbiologiques de la source Talla Guilef (Avril 2017)

**Tableau.4** Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar I (Avril 2017)

**Tableau.5** Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar II (Avril 2017)

## RESUME

Cette étude a pour but la caractérisation de l'eau de sources situées dans la région de Boghni en vue d'améliorer leurs exploitations car celles-ci constituent une ressource à ne pas ignorer. En effet et à l'issue du stress hydrique auquel fait face la région, on ne peut se permettre de négliger la moindre "source" d'eau aussi faible que son débit pourrait paraître, alors que dire quand celle-ci possède un fort débit comme celui de Thinzar, qui se trouve être répartie en deux des sources que nous avons choisies d'analyser, en parallèle avec deux autres : Tala Guilef et Thabourth El Insar, toutes situées en plein cœur du parc national du Djurdjura à des altitudes qui diffèrent.

Pour arriver à terme de cette caractérisation, des prélèvements ont été effectués durant la période d'Avril 2017 au niveau de chaque une des sources. Des analyses physico-chimiques ainsi que microbiologiques ont ensuite été réalisées au niveau du laboratoire Taksebt (SAEEL), et ce en comparaison avec l'eau minérale déjà connue Lalla Khedidja.

Les résultats ont montré une grande similitude des concentrations en oligo-éléments avec l'eau de référence sauf pour les chlorures, leur concentration est relativement élevée pour les deux sources Thinzar I et II, sans toutefois dépasser les normes. Des solutions et des perspectives sont proposées à la fin de ce document.

Du point de vue bactériologique, les sources étudiées présentent une bonne qualité notamment pour la source Tala Guilef et Thabourth El Insar. À l'exception, les sources Thinzar présentent une faible quantité de germes revivifiables à 22°C. Cependant celles-ci ne présentent pas de risque sanitaire pour les consommateurs.

**Mots clés :** Eau de source, Stress hydrique, caractérisation, Physico-chimie, bactériologie.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to characterize the water sources of the Boghni region to improve their exploitation. In the fact of the water deficiency that the region is facing, we must take knowledge of those resources no matter how their flow may seem weak, And what to say when these come with a high flow like Thinzars one, which happens to be distributed on two of the water sources we've chosen to study, in parallel with two others: Tala Guilef and Thabourth El Insar, all located in the National park of Djurdjura at different altitudes.

So we can do that, we have been carried out some samples from each water source and this, during the period of April 2017. After that, some series of physico-chemical and bacteriological analysis were carried out at the laboratory level Taksebt (SAEEL).

The results showed after a comparison with the already known mineral water of Lalla Khadija that they are almost similar in the concentration of Trace elements except for chlorides, their concentration is relatively high for both Thinzar sources, but they remain under the standards. Some propositions and perspectives can be found at the ending of this document.

From a bacteriological point of view, the water sources that we have studied present a good quality especially for the water source Tala Guilef and Thabourth El Insar. However, the source Thinzar has a small amount of revivifiable germs at 22 ° C although; this does not represent a health risk for the person that drinks the water.

**Key words:** Spring water, water stress, characterization, physico-chemistry, bacteriology

# Introduction.

---

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique attendus dans la région, risquent d'aggraver la situation de stress hydrique.

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m<sup>3</sup>, elle n'était plus que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, 680 m<sup>3</sup> en 1995, 630 m<sup>3</sup> en 1998, 500 m<sup>3</sup> elle ne sera que de 430 m<sup>3</sup> en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m<sup>3</sup>/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des 400 m<sup>3</sup> /ha norme OMS (PNUD, 2009).

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

L'objectif de notre travail est la caractérisation des eaux de source de la région de Boghni, nous avons opté pour l'analyse de quatre sources situées à de différentes altitudes. Cette caractérisation passe d'abord par les étapes d'analyses physico-chimiques et bactériologiques afin de déterminer la qualité, les caractéristiques propres à chaque source, ainsi que les sels minéraux qu'elles contiennent.

Durant les analyses effectuées, l'eau minéral Lalla Khedidja est utilisée comme référence, afin de définir les vertus thérapeutiques que peuvent apporter ces sources, en comparaison à une eau minérale déjà certifiée, et dans ce cas envisager un embouteillage de ces eaux.

Nous avons choisi de répartir notre mémoire en quatre chapitres, D'abord, nous allons parler de généralités sur les eaux dans le 1<sup>er</sup> chapitre. Ensuite, pour le 2<sup>ème</sup> chapitre nous allons faire une description de la zone d'étude. Concernant le 3<sup>ème</sup> chapitre, il sera consacré pour la partie expérimentale ou nous allons parler de l'ensemble du matériel et méthodes utilisées durant les analyses que nous avons effectuées au cours de cette étude. Dans le 4<sup>ème</sup> chapitre les résultats des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux seront discutés. Ces chapitres seront suivis d'une conclusion et de perspectives.

# CHAPITRE I : Généralités sur les eaux.

---

L'eau qui fournira sa couleur à notre bonne vieille planète, qui recouvrira sa surface aux deux tiers et qui sera à l'origine de son surnom de planète bleue. L'eau, alimentant aujourd'hui nos cours d'eau et autres océans.

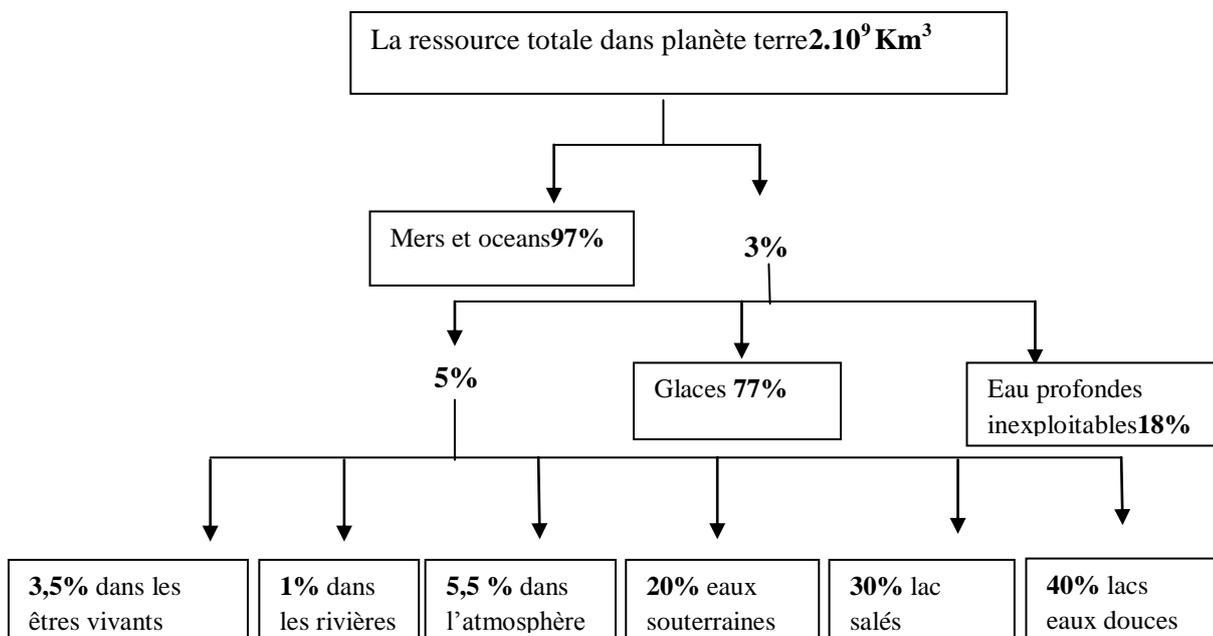
## I. Généralités

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. 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 (ABDESSELEM, 1999).

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (BERTRAND, 2008).

### I.1 Ressources en eaux

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (JEAN-CLAUDE, 1983)



**Fig.1** Organigramme représentant la répartition de la ressource eau sous ses différentes formes sur la planète (PAPA, 2005)

## I.1.1 Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière (JEAN-CLAUDE, 1983).

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échanges eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (GUILBERT. L, 2000).

Le climat joue un rôle fondamental dans la qualité de l'eau superficielle, il intervient directement sur certains paramètres physico-chimique tel que la Température qui à son tour va agir sur d'autres paramètres comme le pH.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants ou hydrologiques. Au cours de son cheminement, l'eau dissout et se charge des différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote) (GUILBERT, 2000)

En effet, il s'agit d'une ressource facilement accessible mais, malheureusement, fragile et vulnérable, elle doit être protégée contre les divers facteurs de pollution qui la menacent. Ces facteurs résultent, pour la plupart, de l'activité humaine et industrielle, mais aussi de processus naturels (eutrophisation: développement excessif d'algues et de plancton) qui peuvent dégrader la qualité de l'eau (BERNEet, JEAN, 1991).

Suite à la fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole, on y rencontre très souvent une micropollution minérale (métaux lourds, sulfures) ou organique (hydrocarbures, phénols, solvants, pesticides, herbicides, etc.) pouvant avoir un caractère toxique ainsi que des substances azotées et phosphatées à l'origine des phénomènes d'eutrophisation (GUILBERT, 2000)

Sur le plan bactériologique, ces eaux de surface sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus. D'une manière générale, on doit considérer que les eaux de surface sont très rarement utilisables pour les besoins industriels et, à fortiori, pour la production d'eau potable à l'état brut, elles doivent être soumises à des

traitements de purification qui dans certains cas peuvent être particulièrement sophistiqués (BERNE,et JEAN, 1991).

## **I.1.2 Eaux souterraines**

Les eaux souterraines constituent 20% des réserves d’eaux soit environ 1000 millions de m<sup>3</sup>, leur origine est due l’accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles sont généralement d’excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes dont il existe plusieurs types. (RODIER, 1997)

Selon MARGAT (1998),on appelle une nappe souterraine l’ensemble de l’eau présente dans la zone saturée d’un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique. Elle peut recevoir divers qualificatifs relatifs à son gisement (nature de l’aquifère), à ses conditions hydrodynamiques, à son accessibilité ou à des caractéristiques de l’eau.

### **I.1.2.1 Les différentes nappes d'eau souterraines**

D’après AERMC (2017), certaines formations géologiques sont suffisamment poreuses ou fissurées pour contenir de l’eau. On parle alors de formations aquifères étymologiquement (roche qui contient de l’eau). Selon la nature géologique des terrains, on peut distinguer différents types aquifères :

#### **I.1.2.1.1 Les aquifères en domaine sédimentaire**

Ces systèmes sont caractéristiques des bassins sédimentaires, il s’agit de roches sédimentaires poreuses ou fracturées (sables, grès, calcaires, craie) jadis déposées en vastes couches. Ces aquifères peuvent être libres ou captifs, selon qu’ils sont ou non recouverts par une couche imperméable. Dans un aquifère libre, la surface supérieure de l’eau fluctue sans contrainte et la pluie efficace peut les alimenter par toute la surface. Dans un aquifère captif, une couche géologique imperméable confine l’eau. L’eau est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens, lorsque la configuration s’y prête. L’alimentation ne peut se faire que par des zones d’affleurement limitées ou par des communications souterraines. Les nappes captives sont souvent profondes.

#### **I.1.2.1.2 Les nappes alluviales**

Contenue 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. Ce type de nappe peut être réalimenté par les crues et restituer à l'inverse de l'eau dans le cours d'eau en période de sécheresse. Ces nappes fournissent 60% des eaux souterraines captées, en particulier grâce à leur facilité d'accès et leur bonne productivité.

### **I.1.2.1.3 Les aquifères en domaine de socle**

Ils correspondent aux roches cristallines ou cristallophylliennes (granites, gneiss et autres roches métamorphiques...), bien représentées dans le massif central et certaines zones des Alpes, Pyrénées et Corse, l'eau est contenue et circule dans les franges d'altération et les fissures et fracture de la roche. Il s'agit donc généralement de petits systèmes discontinus.

### **I.1.2.1.4 Les aquifères karstiques**

Les aquifères 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. Aux points de sortie les sources présentent des débits souvent variables dans le temps (leur valeur varie parfois de 1 à 100 l/s au cours de l'année).

### **I.1.2.1.5 Les aquifères des dépôts glaciaires**

Ces dépôts à la structure sédimentologique complexe composés de matériaux de granulométrie très variée sont à l'origine de petits aquifères très compartimentés localisés dans les anciens ombilics glaciaires et cirques morainiques. Ils sont par conséquent, en général peu développés en superficie mais peuvent, par contre, être épais, tout particulièrement derrière les verrous glaciaires ou dans d'anciens sillons sous ou péri-glaciaires (AERMC, 2017)

## II. Les eaux potables

Selon la définition qui en est donnée par les Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS, une eau de boisson saine ne présente aucun risque notable pour la santé d'une personne qui la consommerait sur toute la durée de sa vie, compte tenu des variations de sensibilité éventuelles entre les différents stades de la vie. Les plus exposés au risque de maladie véhiculée par l'eau sont les nourrissons et les jeunes enfants, les personnes affaiblies ou vivant dans des mauvaises conditions d'hygiène et les personnes âgées. Une eau de boisson saine se prête à tous les usages domestiques habituels, et notamment l'hygiène personnelle.

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit :

- ✓ Etre raisonnablement minéralisée.
- ✓ Assure de ne pouvoir nuire à la sante.
- ✓ Assure de ne pas voir ses qualités altérées dans le temps ou par les conditions de son transport.

Une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et parasites, elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée. Il s'agit en particulier de substance qualifiées d'indésirables ou toxique, comme les nitrates, phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides.

A l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligoéléments indispensables à l'organisme. Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire (RIO, 2006)

### II.1 Composition chimique des eaux

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules de H<sub>2</sub>O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène). Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composés solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, zones humides, roches, atmosphère, etc.) dans lesquels elle circule ou séjourne.

La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et animales, mais également les activités humaines. (SARDI, 2014)

## II.1.2 Comparaison entre eaux de source et eaux minérales

Les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine, on parle alors d'eau potable. En Europe, les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer sont l'aération, la décantation et la filtration.

MARGAT (1998), a défini une eau minérale, comme étant une eau naturelle d'origine souterraine à laquelle les médecins ou hygiénistes attribuent une vertu thérapeutique ou sanitaire quelconque, liée aux substances qu'elle contient en solution ou à certaines caractéristiques physiques.

Les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Une eau ne peut être qualifiée en France de minérale que si elle a été reconnue comme bénéfique pour la sante par l'Académie de médecine et le Ministère de la Sante, En ce sens, c'est un aliment. Elle est d'origine profonde et décomposition physico-chimique constante dans le temps, et satisfait à des exigences microbiologiques plus strictes que les autres eaux destinées à la consommation humaine (à l'émergence) (ABRANEet BOUCHAGOURA, 2016)

Certaines eaux très fortement minéralisées dépassent les critères législatifs déminéralisation tolérées pour les eaux brutes. Par extension, et certains composants tels que le fluor et les sulfates n'étant bénéfiques pour la sante qu'a faibles doses, il arrive qu'elles soient qualifiées de « non-potable » (SARDI, 2014)

L'eau minérale Lalla Khedidja prend son origine dans les monts enneigés du Djurdjura. En s'infiltrant lentement aux travers des roches, elle se charge naturellement en minéraux essentiels à la vie, tout en restant d'une légèreté incomparable. Elle est pure par nature, car elle est directement captée à la source (CEVITAL, 2017)

## II. Caractéristiques des eaux potables

### II.1 Caractéristiques organoleptiques

#### II.1.1 Couleur

C'est un paramètre qui traduit une nuisance d'ordre esthétique, selon MOKDDEM et OUDDANE(2005) la coloration des eaux peut être:

- ✓ D'origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface)
- ✓ Une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages, ...etc.
- ✓ D'origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures)

#### II.1.2 Odeur et Saveur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler(MOKEDDEM et OUDDANE, 2005)

#### II.1.3 Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (*grains de silice, matière organique, limons...*), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (JEAN-CLAUDE, 1983).

## II.2 Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau

### II.2.1 pH

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène  $H^+$  présents dans l'eau (REJSECK, 2002). Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elles peuvent être acides, basiques ou neutres. Le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût et l'efficacité des procédés de traitement (coloration, coagulation, ...etc.) ainsi que sur les phénomènes de corrosion, agressivité et entartrage des canalisations (GEUJONS, 1995).

Il n'existe pas de limites particulières pour le pH des eaux d'alimentation ; on peut considérer cependant comme intervalle de pH acceptable, des valeurs comprises entre 7,00 et 8,50 et comme limites supérieures des valeurs de 6,50 et 9,00 (BERMOND ET VUICHAUD, 1973).

## II.2.2 Température

Il est important de connaître la température de l'eau potable, car c'est le facteur le plus apprécié pour une eau de boisson, avec la clarté et le goût. Celle-ci varie avec les saisons et influe sensiblement sur les constantes d'équilibre (constante de l'association des molécules). Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit varier entre 8 et 15 °C. Cependant, son augmentation favorise le développement des micro-organismes (LEGRAND ET POIRIER, 1976).

## II.2.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 à 2 cm<sup>2</sup> de surface et de distance 1cm. La détermination de la conductivité électrique peut évaluer approximativement la teneur en sels dissous (DUPONT, 1981).

## II.2.4 Alcalinité TA et TAC

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrates... La silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8,5 (RODIER, 2005).

On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) (RODIER, 2005).

## II.2.5 Dureté TH

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations de Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche (LEDLER, 1986).

## II.2.6 Chlorures

Fréquent dans la nature, généralement sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlore alors que les eaux de régions sédimentaires en contiennent d'avantage. D'ailleurs, la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau.

Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc. (POTELON et ZYSMAN, 1998 ; MEGHZILI, 2003).

## II.2.7 Sulfates

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables, mais ne dépassent généralement pas les grammes par litre, leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 400 mg/l de sulfate. Mais des teneurs supérieures à 300 mg/l peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution, surtout avec les eaux faiblement alcalines (MEGHZILI, 2003).

## II.2. 8 Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau est directement liée à la nature géologique des terrains traversés, obtenus en majorité lors de l'attaque des roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO<sub>2</sub>). Le calcium est l'élément principal de la dureté de l'eau, et est évalué par la méthode de spectrométrie d'absorption atomique ou par dosage titrimétrique à l'E.D.T.A (POTELON et ZYSMAN, 1998).

## II.2.9 Magnésium

Le magnésium est aussi très répandu dans la nature, sa concentration dans l'eau est liée à la nature géologique des couches traversées. Le Mg dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de Mg sous forme de carbonate (MgCO<sub>3</sub>) et de bicarbonates (Mg 2HCO<sub>3</sub>) (POTELON et ZYSMAN K, 1998).

**II.2. 10 Sodium**

Le sodium est un métal abondant, toujours associé à d'autres éléments chimiques. Il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surface. Des teneurs anormalement élevées peuvent provenir d'apports industriels ou domestiques.

La concentration dans l'eau de boisson est normalement inférieure à 50 mg/l, mais elle peut augmenter au cours des traitements d'adoucissement (par échange d'ions) des eaux calcaires. La méthode de référence pour l'analyse est la spectrométrie d'émission de flamme et la spectrométrie d'absorption atomique (POTELON et ZYSMAN, 1998).

**II.2.11 Potassium**

Le potassium est un élément naturel des eaux, où sa concentration à peu près constante, ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/l, sauf dans certains contextes géologiques particuliers où elle atteint 20 à 25 mg/l.

La méthode de référence pour l'analyse est la spectrométrie d'émission de flamme et spectrométrie d'absorption atomique (POTELON et ZYSMAN, 1998).

**II.2. 12 Aluminium**

Sa présence est due au traitement de l'eau par des sels d'aluminium comme agent de coagulation pour éliminer la couleur et la turbidité. Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0.2 mg /l (ANONYME, 2007).

**II.2. 13 Oxydabilité au permanganate de potassium**

Les matières organiques dérivent du lessivage des sols, des métabolismes des organismes vivants (végétaux, animaux, microorganismes) et des activités humaines (rejets agricoles, urbains et industriels). Au-delà d'une certaine concentration, elles confèrent à l'eau un goût désagréable. Leur dégradation se traduit généralement par la formation d'éléments tout aussi recherchés et surveillés selon le cycle d'oxydation suivant :



Les eaux souterraines sont généralement très faiblement chargées, de l'ordre du mg/l d'oxygène (ANONYME, 2007 ; POTELON et ZYSMAN, 1998).

## II.2.14 Résidus secs

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (BERNE et JEAN, 1991)

## II.3 Caractéristiques concernant les substances indésirables

### II.3.1 Nitrates

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau, se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles.

Le nitrate présent dans le sol a diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets d'eaux usées qui donnent des doses importantes (POTELON ET ZYSMAN, 1998 ; GROSCLAUDE, 1999).

### II.3.2 Nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et le nitrate. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont faiblement oxydés en nitrate. Leur présence dans l'eau est donc rare et en faibles quantités.

Une eau qui renferme les nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (REJSEK, 2002 ; POTELON ET ZYSMAN, 1998).

### II.3.3 Ammonium

L'ammonium est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée.

Les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. Mais des eaux issues de sols riches en substances humiques ou riches en fer peuvent présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3

mg/l. La présence d'azote ammoniacal en quantités relativement importantes peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle.

Les méthodes de référence pour l'analyse sont le dosage par acidimétrie après distillation ou bien par spectrophotométrie (au bleu d'indo phénol ou au réactif de Nessler) (POTELON. ET ZYSMAN, 1998).

### **II.3.4 Fluor**

Le fluor n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorure en association avec d'autres éléments. Les fluorures peuvent atteindre parfois 10 mg/l et exceptionnellement 100 mg/l dans les eaux profondes (ANONYME A, 2007).

### **II.3.5 Fer**

Le fer se retrouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques. Dans les terrains de faible perméabilité ou ceux situés dans les couches imperméables, les eaux contenant moins d'oxygène se chargent en fer. La mise en solution du fer est due à l'activité microbienne du sol qui nécessite des conditions de pH et de potentiel de l'oxydo- réduction particulières. Il existe deux types de méthodes de dosage de fer : celle par absorption atomique, et celle par spectrophotométrie (REJSEK, 2002).

Les limites de potabilité sont basées sur les effets esthétiques, (sur le seuil gustatif). C'est pour cela qu'il ne doit pas dépasser 0,3 mg/l d'eau destinée à la consommation humaine (POTELON ET ZYSMAN, 1998).

### **II.3.6 Zinc**

Le zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des organismes vivants, essentiel pour de nombreux metallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires tels que l'expression des gènes, transduction du signal, la transcription et la réplication (RICARDO, 2013). Le Zinc est un des métaux les moins toxiques et les problèmes de carence sont plus fréquents et plus graves que ceux de toxicité (RICARDO, 2013).

### **II.3.7 Manganèse**

#### **a) Origine du manganèse**

Le manganèse peut être d'origine naturelle ou le résultat de l'activité humaine. Il est présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre (concentration moyenne 1g/kg).

Le lessivage des sols entraîne un enrichissement des eaux en manganèse.

Le manganèse et ses sels sont fréquemment utilisés dans l'industrie électrique, verreries métallurgies. (Lopoukhine M, 1999)

#### b) Action du Manganèse sur la Santé humaine

Le manganèse intervient dans la minéralisation osseuse, le métabolisme énergétique, la synthèse et l'activation d'enzymes, notamment les métallo-enzymes (superoxyde-dismutase mitochondriale, pyruvate carboxylase, arginase du rein...), la protection cellulaire contre les radicaux libres, etc. (ATSDR, 2000).

Des études ont démontré que de grandes quantités de manganèse dans l'eau (0,24 - 0,35 mg/l) peuvent causer des problèmes neurotoxiques : déficiences de dextérité manuelle, des problèmes de mémoire à court terme et d'identification visuelle, un quotient intellectuel plus faible et des comportements hyperactifs surtout chez les enfants

Le manganèse retrouvé dans l'eau est métabolisé différemment par notre organisme que celui retrouvé dans la nourriture. Au niveau des effets neurotoxiques, le manganèse présent dans l'eau serait plus dommageable que celui retrouvé dans l'alimentation (Bouchard et al, 2010).

#### II.4 Caractéristiques concernant les substances toxiques

Des substances présentes dans l'eau et dans la terre sont des éléments nécessaires à la vie des plantes et des animaux. Ils jouent un rôle important dans la transformation de la matière. Au-delà du seuil maximum, ils inhibent la croissance et deviennent toxiques. En toxicologie, ils peuvent être définis comme des métaux à caractère cumulatif (souvent dans les tissus gras), ayant essentiellement des effets très néfastes sur les organismes vivants (GUEMAZ, 2006).

Selon les normes citées dans le journal officiel Algérien (23/11/2011) les valeurs de concentrations des substances toxiques doivent être inférieures ou égales aux valeurs suivantes :

ÉLÉMENT	Norme
Argent	0,05 mg/l
Arsenic	10 µg/l
Baryum	0,7 mg/l
Cadmium	5 µg/l
Chrome total	50 µg/l
Cyanures	50 µg/l
Mercur	6 µg/l
Plomb	10 µg/l
Sélénium	10 µg/l
Manganèse	0,05 mg/l
Cuivre	0,05 mg/l
Hydrocarbures polycycliques aromatiques	0,2 µg/l

**Tab.1** Normes des substances toxiques (journal officiel Algérien: 2011)

## II.5 Caractéristiques bactériologiques

La qualité bactériologique d'une eau est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée. Les troubles sont principalement des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements. (CHOUTI, 2006).

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues (HASLAY C. ET LECELER H., 1993).

Leur absence doit être totale; L'eau ne doit contenir aucune bactérie et aucun virus pathogène. Tous les germes ne peuvent être analysés, et le choix a donc été fait d'en détecter certains (*Escherichia coli*, *Entérocoques*...) qui constituent des germes tests et des indicateurs de pollution.

### II.5.1 Germes totaux

Elles se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (BOURGEOIS, MESCLE et ZUCCA, 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER, 2005).

### II.5.2 Coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae ; Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (RODIER, 2005).

### II.5.3 Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la

température de 44 °C (EDBERG *et al.*, 2000). *Escherichia coli* est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (BOURGEOIS *et al.*, 1991).

#### **II.5. 4 Streptocoques fécaux**

Les streptocoques fécaux sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles (BOURGEOIS *et al.*, 1991).

#### **II.5. 5 Clostridium sulfito-réducteurs**

Les clostridium sulfito-réducteurs sont souvent des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (ARMAND, 1996) ; Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure ; La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (BOURGEOIS *et al.*, 1991).

#### **II.5.6 Salmonelles**

Les Salmonelles appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister (BOURGEOIS *et al.*, 1991). Les sérotypes adaptés à l'homme sont: *Salmonella. Typhi* et sérotypes *S. paratyphi A* et *S. Sendai*, responsables de la fièvre typhoïde humaine ; Elles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (RODIER, 2009).

## Chapitre II : Description de la zone d'étude.

---

Le Djurdjura, appelé Adrar n Jerjer en kabyle, est un massif montagneux du nord de l'Algérie, situé sur la bordure méditerranéenne. Il constitue la plus longue chaîne montagneuse de la Kabylie.

L'ensemble des sources qu'on a choisis d'étudier sont situées au cœur de ce massif, leur géolocalisation, leurs débits ainsi que leurs altitudes seront détaillés dans ce chapitre.

### **I. Situation et contexte géographique**

#### **I.1 Djurdjura**

La région d'étude formée par le Djurdjura, se trouve au nord de l'Algérie à 100 km à l'est d'Alger et à moins de 50 Km au sud du littoral méditerranée.

Le Djurdjura est une chaîne de montagnes récente fortement soulevée avec des versants à la verticale de plus de 1000 m de dénivelée. Les crêtes oscillent entre 1200 et 2308 m à son point culminant (TamgoutLallaKhadija) il s'étend selon une direction E-W sur environ 50km, sa largeur est très réduite (entre 1 et 10 Km). Il constitue la ligne de partage entre les bassins versants de la Soummam et du Sébaou cette disposition lui donne l'allure d'une muraille haute avec des arêtes rigides et déchiquetées. Les terrains tendres sont creusé de profondes et étroites vallées entre les arêtes il domine vers le sud les plaines de Bouira et vallée de la Soummam, vers le Nord. Il domine la haute Kabylie constituée par les massifs métamorphiques à l'Est les vallées étroites parallèles à la chaîne en son centre et la grande dépression de Mechtras –Boghni –Draa El Mizan à l'Ouest (ABDESSELAM, 1995)

## I.2 Régions de Boghni

La cartographie suivante représente la situation géographique de la région de Boghni ou se trouve notre site d'étude :



**Fig.2** Carte géographique de régions de Boghni (GOOGLE MAPS, 2017)

### ❖ Limite administratives de la région du Boghni :

Boghni est une daïra située dans la wilaya de Tizi-Ouzou et la région de Kabylie. Son chef-lieu est situé sur la commune éponyme de Boghni. Limite par le nord Daïra de Mâatkas et par l'ouest Daïra de Draa El Mizan et par l'est Daïra d'Ouadhia et par le sud Wilaya de Bouira. La population totale de la daïra est de 68 466 habitants(2011) pour une superficie de 122,13 km<sup>2</sup>. La daïra est constituée de communes :

- Mechtras : La commune de Mechtras est située à l'est de chef-lieu. Elle est délimitée au nord, par la commune de Souk El Thenine à l'est, par la commune de Tizi N'Tleta au sud, par la commune d'Assi Youcef au sud-ouest.
- Assi Youcef (At-Buɣ ardan) : Elle est située au pied de la montagne de Djurdjura par le sud et commune du Mechtras par nord-est.
- Bounouh : cette commune est située sud-ouest de chef-lieu Boghni et limitée par commune de Ain Zaouia par le nord et commune de Frikat par l'ouest et wilaya Bouira par le sud.

## II. Le Parc National du Djurdjura

Le parc national du Djurdjura est situé au nord-est de l'Algérie dans une région montagneuse très accidentée entre les villes de Bouira et Tizi-Ouzou. S'étendant sur une superficie de 18 500 ha c'est un parc de sommets enneigés, rivières hivernales et de forêts silencieuses, de gorges et gouffres très importants, de vallons, ainsi que le lac Agoulmime qui est le seul lac de montagne situé à 1700 m d'altitude au niveau africain.

### II.1 Géologie

Le Djurdjura est formé par un ensemble de dorsales. Sous forme d'unités structurales de direction est-ouest, à plans axiaux redressé est déversé vers le Sud. Il est encadré par le socle cristallin et cristallophyllien de Grande Kabylie au Nord et pour les flyschs qu'il chevauche il sublimité méridional. Il est constitué par un ensemble sédimentaire allant du Paléozoïque supérieur au Cénozoïque ou les calcaire massifs du Lias inférieure et de l'Eocène ont dominants. Ces derniers sont redressés à la verticale par la néotectonique. Les autres ensembles sont formés, pour le Trias, de grès, Argiles et gypse (non reconnu en surface) et de marno-calcaire essentiellement, pour le reste de la série. Les terrains tendres forment de profondes vallées entre les grandes masses calcaires. Des talus d'éboulis, des glaciers rocheux et des cônes de déjections quaternaires s'étalent la base des pentes (ABDESSELAM, 1995).

Une partie des terrains s'est formée dans le courant de l'ère primaire, mais la plupart appartiennent aux ères secondaires et tertiaires (FLANDRIN, 1947 IN KROUCHI, 1995).

### II.2 Pédologie

Benmoufok(1994), discrimine selon le substratum deux principaux types de sols pour le Djurdjura :

- ✓ Des sols bruns forestiers acides, de type A (B) C, situés dans la zone de Tikjda sur le versant sud sur substratum géologique gréseux ;
- ✓ Des sols peu évolués de type A/C, généralement calcimagnésiques sur roche mère calcaire, d'une faible à moyenne profondeur qui se localisent sur le versant nord.

Bensaad et Belehcen (1989), ont décrit pour la région de Tala Guilef des sols brun acide avec une couche importante d'humus sous les futaies de cèdres.

### II.3 Végétation

Messaoudene et al (2014), soulignent que les principales formations sylvatiques du massif du Djurdjura sont des cédraies pures (40%), des cédraies - chênaies vertes (30%) et des chênaies vertes (13%), le reste de la surface est constitué par des formations assylvatiques (17%). La végétation de Tala Guilef est caractérisée par trois principales formations (subéraie, chênaie et cédraie) ;

- ✓ La subéraie peu importante vers 900m d'altitude ;
- ✓ La chênaie verte vers 1000m d'altitude parsemée de quelques pieds de cèdres isolés.
- ✓ Un étage mixte de chêne vert cèdre entre 1200 et 1500m d'altitude.
- ✓ Une cédraie pour au-delà de 1500m d'altitude avec quelques rares pieds de cèdres.

### II.4 Hydrologie

Le Djurdjura est constitué d'affleurements carbonatés karstiques, remarquablement arrosés ou se développent d'importants aquifères qui font du Djurdjura un énorme réservoir d'eau, En plus de l'apport des précipitations, le Djurdjura possède dans ses zones karstiques des eaux souterraines. La nature des effleurements entraîne une infiltration rapide et des écoulements superficiels (ABDESSELAM, 1995).

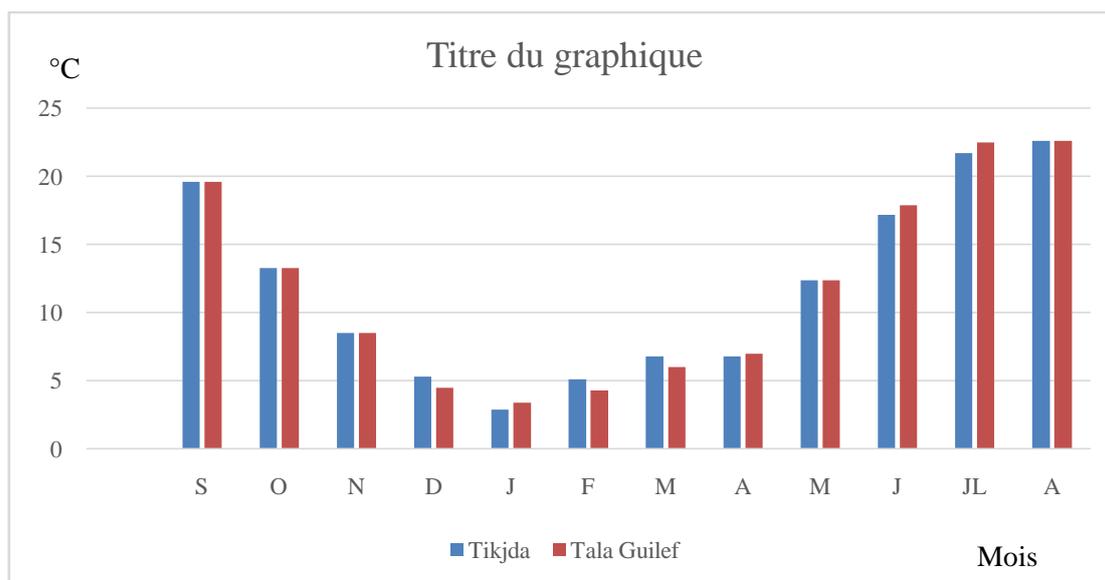
### II.5 Climatologie

La région d'étude est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen dont les caractéristiques peuvent être résumées ainsi : Froid et humide du mois d'octobre à mai (hivers relativement humides avec des Précipitation à grandes irrégularités interannuelles). Chaud et sec avec une sécheresse totale bien marquée, se prolongeant de juin à septembre.

#### II.5.1 Températures

La température est un facteur écologique limitant il contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition des espèces végétales et animales, nous n'analyserons que les données thermique de l'air .Le régime thermiques d'un cours d'eau, qui dépend en partie de température du milieu ambiant fera l'objet d'une analyse détaillée.

### II.5.1.1 Températures mensuelles



**Fig.3** Histogramme Températures moyennes mensuelles à Tikjda (alt : 1450m) et à Tala-Guilef (alt : 1450m) pour la période allant de 1988 /1989 à 1991/1992 (ABDESSEM, 1995).

La lecture de l'histogramme montre clairement que les températures maximales sont enregistrées aux mois de juillet et août. Les mois les plus froids sont : janvier, février et décembre avec respectivement 2,9°C, 5,1°C et 5,3°C. Les minima absolus peuvent être négatifs entre novembre et avril et les maxima absolus peuvent atteindre 30°C entre juillet et septembre. Toutefois, les températures maximales y sont inférieures. Le climat des hautes montagnes caractérisé par le déplacement des minima vers des températures de basses.

La comparaison des températures mensuelles moyennes, minimales et maximales sur les deux versants (Tikjda et Tala Guilef) montre des valeurs très proches : elles sont presque identiques (1,8°C, 24,6°C à Tikjda contre 1,7°C, 25,7°C à Tala Guilef, pour la même période (1988 /1992).

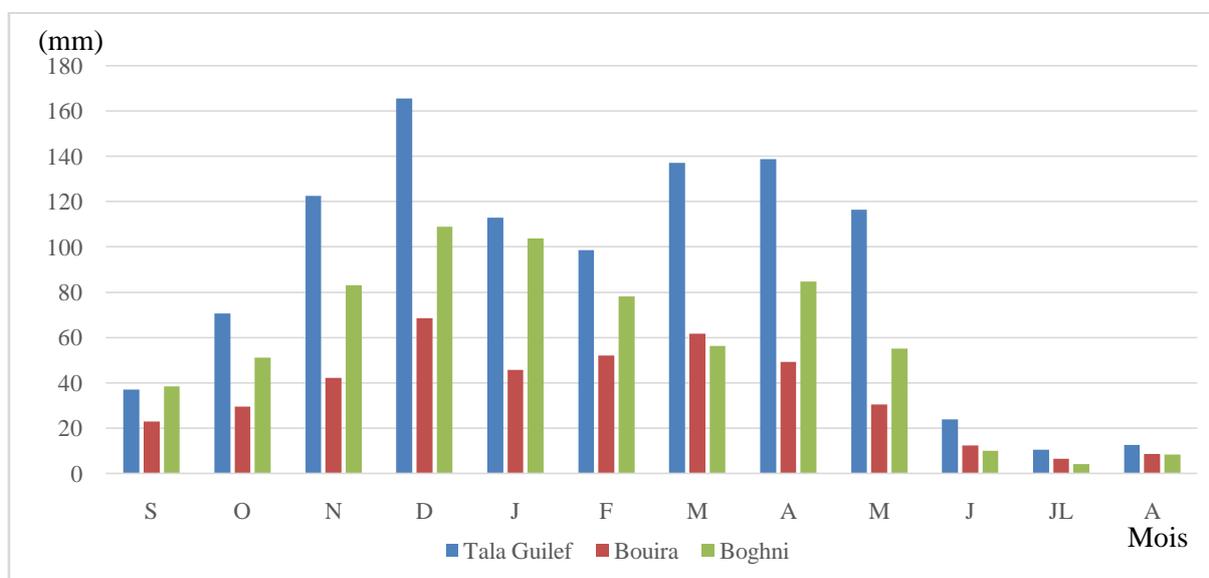
### II.5.2 Précipitations

Le manque de données, du essentiellement à l'absence d'un réseau météorologique dans les montagnes, nous a contraints à utiliser des données appartenant à des auteurs (DERRIDJ, 1990 ; ADBESSELAM, 1995), ayant travaillé sur des sites proches de nos sources. Tous les auteurs admettent que la pluviométrie est sous l'influence de facteurs.

### II.5.2.1 Précipitations mensuelles

L'histogramme de la répartition des précipitations moyennes mensuelles indique deux saisons bien distinctes. La période pluvieuse s'étale de novembre à mai inclus (892,6 mm, soit environ 84% du total pluviométrique à Tala Guilef) ; la période sèche couvre le reste de l'année.

Les mois de décembre et d'avril sont les plus pluvieux avec respectivement 165,7mm et 138,8 mm de pluie. à Tala Guilef, il est plus pluvieux pendant le mois d'avril qu'en janvier (138,9mm en moyenne 113,1mm, pour la période 1988/1992). Dans les piémonts (Bouira), la précipitation la plus élevée s'observant aux mois de décembre et mars avec respectivement 68,5mm et 61,7 mm, par contre à Boghni, les précipitations sont plus élevées pour les mois de décembre et janvier, diminuent progressivement à partir du mois d'avril. Les mois de juillet et août sont les plus secs à toute altitude.



**Fig.4** Histogramme Précipitations moyenne mensuelles à Tala Guilef (alt : 1450 m) 1987 à 1993 et Bouira (alt : 520 m) de 1972 à 1993 (ADBESSELAM, 1995). Boghni (alt : 250 m) de 1988 à 2011 (O.N.M.T.O).

### III.6 Les Sources d'eau étudiées

La carte suivante géolocalise les sources étudiées.



**Fig.5** Image satellitaire de la zone de l'étude avec localisation des sources analysées (Google maps 2017).

#### III.6.1 Source de Thabourth El Insar

Cette source est située au-dessus de village d'AssiYoucef à 860 m d'altitude, ses coordonnées lombraires sont : X=619,90 Km. Y=355,20 Km.

Comme son nom l'indique, elle se trouve à l'entrée d'un défilé d'amont en aval. Elle émerge en rive droite en flanc de parois. Elle est en partie masquée par les éboulis qui tapissent la vallée étroite à l'amont du défilé, ceux-ci l'alimentent en partie. Elle draine les massifs de Tazrout Bouarous. Comme pour la source Mendes, les couches sont redressées à la verticale.

Cette source est captée et alimente les villages d'Assi Youcef. Son débit est variable passant de 10 l/s en saison pluvieuse à 2-3 l/s en étiage. Les éboulis quand à eux constituent un aquifère tout en longueur surplus de 3 Km avec 10 à 30 m d'épaisseur formant la vallée de Thabourth El Insar. Ils absorbent les eaux de fonte de la neige des sommets qu'ils restituent en un torrent dans le défilé. En période d'étiage, Ils continuent à soutenir un débit faible, mais pérenne entre les gros blocs du défilé et alimente le cône de déjection de Mechtras-Boghni en aval (ABDESSELAM, 1995).

**III.6.2 Source de Tala Guilef (Adarchi)**

Elle est située au bord de la route menant à tala-Guilef à 1270 m d'altitude, ses coordonnées lombaires sont : X= 616,30 km. Y= 353,10 km. Elle draine les éboulis qui forment du glacier rocheux et les marno-calcaire du sénonien à la base des barres de calcaire massif du lias inférieur. Elle est aménagée son débit varie entre 2l/s et 0,2l/s (ABDESSEAM, 1995).

**III.6.3 Source de Thinzar**

Elle se situe au-dessus de la piste allant d'Ighzar N' Chbel à Tala Guilef par le village des Ait Ali, dans la région du Beni Kouffi à 930 m d'altitude avec un débit moyenne annuelle du 424l/s. Ses coordonnées lombaires sont : X=586.91 Km. Y=4036.9 Km. Cette source en pleine paroi sous un porche, apparait sous forme de deux sortie (d'où son nom). C'est une source de type vaclusien pénétrable sur plus de 10 m horizontalement .Elle se termine par une vasque suivie par un puits descendant à la verticale. La paroi et formée par calcaires massif du Lias inférieur redressés à la verticale .Elle constitue le flanc droit d'un étroit défilé rectiligne orienté N30 (ABDESSELAM, 1995).

Son impluvium est formé par l'ensemble du massif de l'Haizer, Dont elle est l'exutoire principal. Elle est captée est utilisée pour la production de l'électricité par deux usines hydroélectrique. Son eau à un gout très prononcé en étiage (faciès chloruré sodique), qui s'atténue lors des crues sous l'effet de la dilution (BERREHAL et HAZENE, 2001)

# Chapitre III : Matériels et méthodes.

---

L'objectif de cette étude est la caractérisation et valorisation des eaux de source situées dans la région de Boghni en les comparant à l'eau de référence en Algérie qui est celle de LallaKhedîdja. Pour ce faire nous avons procédé à une série d'analyses concernant les paramètres physicochimiques et bactériologiques au niveau du laboratoire Taksebt (Unité Est).

## I. Station de traitement d'eau de Taksebt

Cette station est située dans la wilaya de TiziOuzou, région de Tala Bounane Beni Aissi, mise en service en juillet 2008, a été construite par SNC LAVALIN / DEGREMONT puis exploité par SNC LAVALIN jusqu'en 2013. Elle à été reprise en gestion par SEAAL le 18 juillet 2013 et est désormais le plus important ouvrage de traitement d'eau géré par la SEAAL.C'est aussi la plus importante station de traitement d'eau potable algérienne. Elle a une vocation régionale, puisqu'elle alimente 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes, et Tizi-Ouzou. (Avec une capacité de 181 Millions m<sup>3</sup>), elle est constituée d'une usine de traitement de 605 000 m<sup>3</sup>/j. La station est dotée d'un traitement classique en deux filières parallèles (SEAAL, 2017)

## II. Techniques utilisées pour le traitement des eaux

### II.1 Prétraitement

- a) **Dégrillage** Ce sont des procédés physiques. Les gros déchets sont retenus par une simple grille.
- b) **Préoxydation** C'est un procédé chimique qui utilise le chlore et permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse de la couleur et des algues, La correction du pH consiste à injecter le réactif Acide sulfuriquedans l'eau.

### II.2 Clarification

La clarification est une étape indispensable pour les eaux de surface. Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension, et donc de la turbidité. La chaux est utilisée par plusieurs municipalités pour améliorer la qualité de l'eau, spécialement pour adoucir l'eau, ajustement du pH peut s'avérer nécessaire.Le charbon actif en poudreest un matériau poreux qui possède une très grande surface spécifique qui permet

l'adsorption et la dégradation par voie microbiologique des matières organiques naturelles et des micropolluants organiques, ce dernier est utilisé en alternance avec chlore.

#### a) Coagulation / floculation

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales. Les réactifs utilisés sont le *Sulfate d'alumine* et le polymère.

#### b) Décantation

Ce sont des procédés physiques de la gravité. L'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences.

#### b) Filtration

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes. Elle est réalisée sur matériaux classiques donc la filtration sur lit dessable ; une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée.

### II.3 Désinfection

La désinfection par oxydation chimique, le chlore gazeux est injecté à des doses précises, un temps de contact suffisant doit être respecté afin d'assurer une efficacité maximale de l'oxydation.

## III. Echantillonnage

### III.1 Points d'échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués aux niveaux de :

Les sources d'eau	Altitude en mètre
TalaGuilef	1270 m
Thinzar I et II	930 m
Thabourth El Insar	860 m

### III.2 Conditions du prélèvement

#### III.2.1 Echantillonnage d'eau pour les analyses bactériologiques

Dans ce cas, la manipulation s'effectue dans les meilleures conditions de stérilité. Avant de procéder au prélèvement proprement dit se laver très soigneusement les mains et avant-bras, les rincer à l'alcool, flamber le robinet pendant au moins 1 minute, en utilisant le coton imbibé de l'alcool pour avoir une flamme bleue, ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Prendre le flacon de la main gauche, l'approcher de la flamme avec la main droite, flamber rapidement le bord de ce goulot ; remplir presque entièrement le flacon, flamber à

nouveau rapidement le bord du goulot. Il est nécessaire d'utiliser des flacons propres, secs, étanches, à col large stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 15 min ou encore à usage unique et stériles (RODIER, 2009). Quand le prélèvement aseptique a été réalisé, Il faut identifier immédiatement sur l'étiquette le nom de la source d'eau et celui du préleveur, ainsi que l'heure et la date de prélèvement.

Lors de notre étude de terrain, nous avons prélevé 4 échantillons d'eau. Les échantillons d'eau sont prélevés selon la même fréquence de celle des paramètres physico-chimiques. Ces prélèvements sont effectués dans des flacons stériles de 500 ml en verre à bouchon rodé, en laissant dans le flacon un espace d'air afin que les microorganismes aérobies puissent revivre au court de leur transportation. Les prélèvements sont acheminés au laboratoire dans une glacière à une température  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  afin d'effectuer des analyses bactériologiques, et ceci selon les Normes NF EN ISO 5667-1.

### III.2.2 Echantillonnage d'eau pour analyses physico-chimiques

Le prélèvement des échantillons conformément à l'ISO 5667-1 pour analyses physicochimiques est d'une grande importance puisque les résultats reflètent directement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau prélevée. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des bouteilles polyéthylène propres rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans la bouteille. Il faut identifier immédiatement sur l'étiquette le nom de la source d'eau et celui du préleveur, ainsi que l'heure et la date de prélèvement.

## IV. Analyse microbiologique

L'analyse bactériologique le l'eau de source est effectuée par la technique de la membrane filtrante et celle de l'incorporation en gélose. Cette analyse est effectuée de façon quotidienne afin de s'assurer du fonctionnement et de l'efficacité du processus de la station de traitement Taksebt.

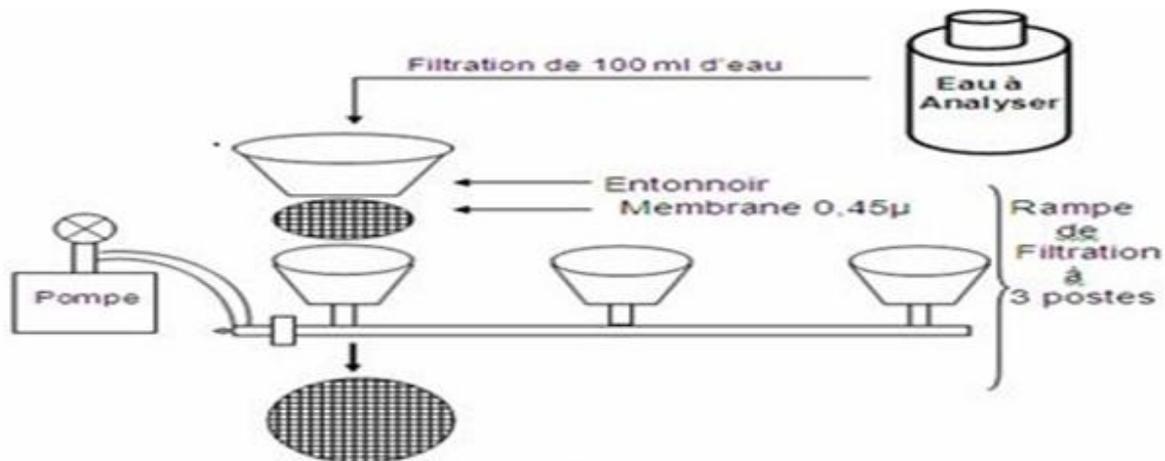
### Matériel utilisée

- Rampe de filtration.
- Pompe à vider.
- Unincubateur (étuve).
- Boite de pétrie ( $\varnothing$  : 60 et /ou  $\varnothing$  : 90mm).
- Membrane filtrante (pore 0,45 et 0,22  $\mu\text{m}$ ).

- Pincettes.
- Alcoolou gel désinfectant.
- Bain-marie.
- Benzène.
- Gélose milieu de culture.
- Pipette graduée ; pipette pasteur ; compteur de colonies.

#### IV.1 Principe de la technique de la membrane filtrante

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes. Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45/ 0,22 $\mu$ m, susceptible de retenir les bactéries. Un échantillon de 100 ml d'eau est filtré sur cette membrane, et est déposée à la surface d'un milieu gélosé. Après incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en UFC/100ml (RODIER, 2009).



**Fig.6** Technique de la membrane filtrante(google image, 2017).

#### Mode opératoire

##### a) Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Verser 100 ml de l'échantillon est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45 $\mu$ m de porosité. Cette membrane est déposée sur le milieu gélosé Tergitol 7 TTC (NF T 90-413).

Les boîtes des coliformes totaux, sont incubées à 37°C pendant 24h.

Les boîtes des coliformes fécaux, sont incubées à 44°C pendant 24h.

- **Lecture des résultats** : Après incubation, sont considérées comme positives, les boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune orangée avec un halo jaune.

#### **b) Dénombrement des streptocoques fécaux**

Le mode opératoire est identique à celui des coliformes, 100 ml d'eau est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45µm de porosité. La membrane est déposée sur le milieu gélosé Slanetz et Bartley. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48h. S'il y a des colonies typiques présentant une couleur rouge, à marron, on doit confirmer par transférer les colonies sur des boîtes de milieu BEA, préchauffé à 44°C. Incuber à (44 ± 0,5)°C pendant 2 heures. Considérer comme positives, toutes les colonies donnant une couleur vert vers le noire dans le milieu. (NA ISO 7899-2).

#### **c) Dénombrement des anaérobies-sulfito-réducteurs**

Avant toute manipulation la destruction des formes végétatives est obligatoire il faut maintenir l'échantillon d'eau, dans un bain mari à 80°C +2°C pendant 10 min, puis refroidir rapidement à 55°C.

On filtre sur une membrane stérile de 0,22µm de porosité, 100 ml d'échantillon d'eau et on dépose la membrane sur la boîte de Pétri, face retournée sur la gélose viande foie, en évitant toute incorporation d'air. On place la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose. Puis on l'incube à 37°C pendant 48h (NF EN 26461-2).

- **Lecture des résultats** : On fait la 1<sup>er</sup> lecture après 24 et la 2<sup>eme</sup> après 48h, en considérant toute colonie noire comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

### **IV.2 Principe de la technique l'incorporation en gélose**

Les milieux gélosés sont liquéfiés au bain-marie bouillant. 1 ml de l'échantillon d'eau est introduit au centre de la boîte de Pétri posée bien à plat dans la zone de protection du bec Bunzen. L'inoculum peut être réparti en gouttes sur le fond de la boîte. La méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivifiables, elle consiste à mélanger dans une boîte de Pétri 1 ml

d'échantillon (ou ses dilutions) et un volume de milieu gélosé de PCA ou TGEA, fondu et ramené à une température appropriée (RODIER, 2009).

### Mode opératoire

#### a) Dénombrement des micros organismes revivifiables à 22 et 37°C

La première étape consiste à liquéfier la gélose à 45-50°C dans le bain-Marie, on introduit 1ml d'échantillon d'eau à analyser à l'intérieur des boîtes de pétri stérilisées puis on coule la gélose dans ces dernières et on les laisse solidifier après une agitation lente. les conditions d'incubation sont :

✓ 22°C pendant 72h.

✓ 37°C pendant 48h.

- A 22°C : on trouve les bactéries adaptées à la température de l'eau.

- A 37°C : on trouve les bactéries pathogènes, qui se développent à la température du corps humain.

#### ➤ Lecture des résultats

Après incubation, les boîtes ayant un nombre de colonies entre 30 et 300 sont seulement pris en considération. Le dénombrement des colonies est effectué par l'œil nu. Nos résultats sont exprimés en unité formant colonie UFC/ml (NA ISO 6222).

## V. Analyses physico-chimiques

### V.1 Analyses par Spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Méthode HACHLANGE).

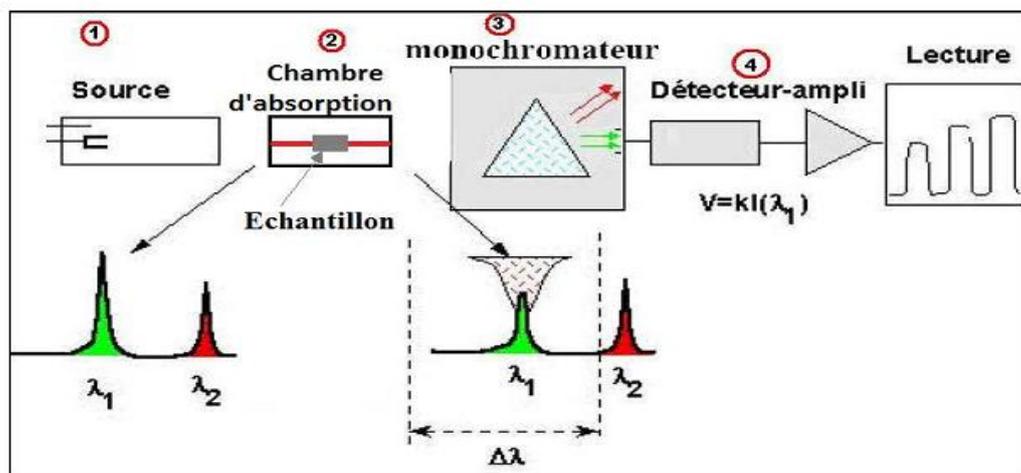
Dans l'ensemble des analyses basées sur la spectrophotométrie d'absorption moléculaire, l'appareillage utilisé est le spectrophotomètre DR 6000.



**Fig.7** Spectrophotomètre d'absorption moléculaire(Originale, 2017)

### V.1.1 Principe de fonctionnement du spectrophotomètre d'absorption moléculaire.

L'absorption moléculaire 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. Le spectre d'absorption moléculaire d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaires de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau de rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyte présent dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbé par les standards (PRADYT, 2004).



**Fig.8** Les instruments de base pour le spectrophotomètre d'absorption moléculaire (PRADYT, 2004).

### V.1.2 CouleuretUv

#### Matériel

- Cuvecarrée
- Pissette avec l'eaudistillée

#### Méthode

Sélectionner le programme pour couleur sur l'écran de spectrophotomètre.

Commencer par eau distillé cliquer sur zéro. Verser l'échantillon dans une cuve carrée

et essuyer les débordements pour assurer une bonne lecture, placer la cuve dans son compartiment à l'intérieur du spectrophotomètre et refermer le couvercle cliquer sur mesurer, rincer entre chaque passage avec l'eau distillée puis avec l'échantillon lui-même. Pour mesure l'UV en suite la même méthode précédant.

#### V.1.4 Nitrates

##### Matériel et Réactifs

- Cuvecarré
- incubateur
- Pipettes 10ml, 1ml
- Pissette avec l'eau distillée
- Capsules.

##### Méthode

Prélever 10ml échantillons de chaque solution. Ajouter quelque goutte d'hydroxyde de sodium, 1ml salicylate de sodium placer les dans un incubateur de 75 à 80 c° jusqu'au séchage complet. Retirer et après refroidissement ajouter 2ml de l'acide sulfurique, 15ml d'eau distillé, 15ml de solution tartrate double de sodium et de potassium. Sélectionner le programme pour nitrate et démarrer la lecture sur spectrophotomètre.

#### V.1.5 Nitrites

Prélever 40ml de échantillons dans des fioles de 50ml, le blanc c'est l'eau distillée. Ajouter dans l'ordre 1ml du réactif coloré, jaugé avec l'eau distillée, homogénéisé immédiatement, Laisser reposer au moins 20min, effectue la mesure sur spectrophotomètre.

#### V.1.6 Ammonium

##### Matériel et Réactifs

- Fioles de 50ml
- Pissette de l'eau distillée

##### Méthode

Prélever 40ml pour chaque échantillon dans des fioles de 50ml, pour le blanc versé 40 ml de l'eau distillé dans une fiole de 50ml, ajouter dans l'ordre pour les

échantillons et le blanc 4ml du réactif coloré homogénéisé et 4ml du réactif de dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

Après au moins 60min attendre le développement de la couleur. Commencer les mesures d'abord par le blanc puis les échantillons. Remplir et essuyer la cuve carre, sélectionner le programme pour ammonium dans le spectrophotomètre DR6000.

#### V.1.7 Sulfate

##### **Matériel et Réactif**

- cellule de 25ml
- Pipettes 10ml
- réactif du sulfaver 3.

##### **Méthode**

Nous avons pris 10ml de chaque échantillon dans des cuvettes et on a ensuite ajouté le réactif de sulfaver 3, le blanc c'est l'échantillon lui-même sans réactif. Pour effectuer la lecture on sélectionne le programme correspondant au paramètre sulfate sur le spectrophotomètre DR6000, puis on entame les mesures.

#### V.1.8 Orthophosphates

##### **Matériel et Réactifs**

- Fioles 50ml.
- Pipettes 1ml et 5ml.
- Acidesulfurique.
- Acide ascorbique solution à 100g/l : 10g d'acide ascorbique dans 100ml de l'eau distillée.
- Heptamolybdate d'ammonium : 13gheptamolybdatedans 100ml plus 0,35g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté dans 100ml ajouter 3001ML d'acide sulfurique 4,5mol/l.

##### **Méthode**

Verser 40ml d'échantillon à analyse, 1ml d'acide ascorbique à 100g/l ,2ml d'heptamolybdate d'ammonium. Agiter quelques secondes. 10-30 min, l'absence de couleur montre que la concentration est inférieur 0,09 mg/l, dans le cas contraire il y'a présence de coloration bleue.Sélectionner le programme pour ortho phosphate effectuer la mesure sur spectrophotomètre DR6000.

**V.1.9 Fer****Matériel et Réactifs**

- cellule de 25ml
- Pipettes 10ml
- réactif de Ferrover

**Méthode**

Prélever 10ml pour chaque échantillon dans des cuvettes de 25ml, ajouter le réactif Ferrover. Le blanc c'est l'échantillon lui-même sans réactif. Effectuer les mesures sur spectrophotomètre DR6000.

**V.1.10 Cuivre****Matériel et Réactifs**

- cellule de 25ml
- Pipettes 10ml
- réactif du cuivre

**Méthode**

Prélever 10ml pour chaque échantillon dans des cuvettes de 25ml. Ajouter les petits sachets de réactif du cuivre, le blanc c'est l'échantillon lui-même sans réactif, effectuer les mesures sur spectrophotomètre DR6000, commencer par le blanc cliquer sur zéro, puis les échantillons en cliquant mesurer.

**V.2 Mesure des paramètres de tables**

On appelle paramètres de tables l'ensemble des paramètres pour lesquelles les résultats d'analyses sont obtenus par une mesure directe (simple lecture).

**V.2.1 Mesure de l'oxygène dissous****Principe**

Immersion d'une sonde, constituée d'une cellule fermée par une membrane sélective et contenant l'électrolyte et au moins deux électrodes métalliques, dans l'eau à analyser. La membrane est parfaitement imperméable à l'eau et aux matières ioniques dissoutes, mais elle est perméable à l'oxygène et à un certain nombre d'autres gaz.

**Matériels**

- Oxymètre, Béchers.



**Fig.9** Oxymètre (Originale, 2017)

**Méthode**

Plonger avec précaution la sonde dans l'échantillon pour éviter toutes perturbations avec l'air ambiant. Effectuer la lecture après stabilisation.

**Expression des résultats**

La teneur en oxygène dissous est exprimée en (mg/l).

**V.2.2 Conductivité****Principe**

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

**Matériels**

- Conductimètre, Béchers.



**Fig.10** Conductimètre (Originale, 2017)

**Méthode**

L'appareil est étalonné une fois par jour avec une solution tampon. Le procédé consiste à faire passer successivement les quarts échantillons à analyser en plaçant la

sonde dans le bécher en s'assurant qu'elle soit complètement immergée dans l'échantillon. La lecture est effectuée après stabilisation.

**Expression des résultats**, la conductivité est exprimée en Siemens par mètre( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

### V.2.3 Mesure du pH et de la Température

#### Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[\text{H}^+]$  présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $\text{H}^+$ .

#### Matériels

PH-mètre; agitateur magnétique; Béchers.



**Fig.11** pH-mètre et agitateur magnétique (Originale, 2017)

#### Méthode

Un étalonnage de l'appareil a été préalablement effectué à l'aide d'une solution tampon, suivant les recommandations du constructeur. Préparer l'analyse en versant une quantité des échantillons E1, E2, E3, et E4 dans des béchers. Poser sur l'agitateur qui va assurer l'homogénéité, puis Plonger l'électrode sans toucher le fond. Attendre jusqu'à la stabilisation de la valeur puis effectuer une lecture.

### V.2.4 Mesure de la turbidité

#### Principe

La lumière rayonnée est réfléchiée par les particules (turbidité) existantes. La lumière diffusée est ensuite mesurée par une photo détectrice disposée en angle droit ( $90^\circ\text{C}$ ) par rapport à la source lumineuse. Ce principe dit nephelométrique est décrit en détail dans la norme DIN EN ISO 702

**Matériels**

Le matériels utilisés pour l'analyse de la turbidité est :Turbidimètre ; Cuve (25 ml).



**Fig.12** Turbidimètre(Originale, 2017)

**Méthode**

Remplir une cuve de 25ml propre avec l'échantillon à analyser et essuyer les débordements. S'assurer de l'absence de bulles d'air puis placer l'échantillon dans l'appareil en veillant à refermer le couvercle et Cliquer sur ENTER et noter la première valeur affiché.

**V.3 Analyses volumétriques (méthode classique)**

Analyse quantitative, celle dans laquelle on détermine le poids et le volume, absolu ou proportionnel, des parties obtenues par l'analyse qualitative.

**V.3.1 Détermination de gaz carbonique libre (CO<sub>2</sub> libre)****Principe**

L'eau est recueillie sur une quantité d'hydroxyde de sodium légèrement supérieure à celle qui est nécessaire pour neutraliser l'anhydrique carbonique libre, l'hydroxyde de sodium en excès et ensuite dosé en présence de phénophtaléine par une solution titrée d'acide chlorhydrique

**Réactifs**

- Hydroxyde de sodium : 2g (NaOH) dans 1000ml d'eau distillée
- Hydroxyde de sodium : 66g de tartrate double de sodium et de potassium dans 500ml d'hydroxyde de sodium N/20 et compléter a 1000ml avec l'eau distillée.
- Acide chlorhydrique : prendre 100ml de solution titrisol dans 1000ml d'eau distillée. -phénolphtaléine 10g/l

**Méthode**

Introduire 10ml de la solution d'hydroxyde de sodium N/40 dans une fiole jaugée de 200ml ajouter 6 à 8 gouttes de phénolphtaléine compléter au trait de jauge avec l'eau à analyse sans agitation titrer en utilisant une burette remplie avec la

solution acide chlorhydrique jusqu' à disparition de la couleur rose, noter le volume (A), faire un essai à blanc avec l'hydroxyde de sodium N/40 et en note (B).

#### Expression des résultats

$$[\text{CO}_2] = 200 * \left( \frac{B-A}{V} \right)$$

[Co<sub>2</sub>] : la concentration de l'anhydride carbonique en milliéquivalents par litre.

V : volume en millilitres de la prise d'essais.

A : le nombre de millilitres d'acide N /10 utilise pour le dosage.

B : le nombre de millilitres d'acide N /10 utilise pour l'essai à blanc.

#### V.3.2 Détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>) (Méthode de MORH)

##### Principe

Réaction des ions chlorurés avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage

##### Réactifs

- Solution de nitrate d'argent: pesé 3,397g de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) dans 1000ml de l'eau distillée pour obtenir [0,02] mol/l.
- Chromate de potassium à 10% : 10g de chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> et compléter à 100ml l'eau distillée

##### Méthode

Introduite au moyen d'un erlenmeyer, 100 ml de échantillon .Ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rouge brique, noter le volume v<sub>s</sub> de nitrate d'argent versé (ISO 9297 :1989).

#### Expression des résultats

$$[\text{Cl}^-] = V_{(\text{AgNO}_3)} * C_{(\text{AgNO}_3)} * F * M_{(\text{Cl}^-)} / \text{P.E}$$

$$[\text{Cl}^-] = V_{(\text{AgNO}_3)} * F * 71 = (\text{mg/l})$$

$V_{(AgNO_3)}$  : volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour une concentration donnée

$C_{(AgNO_3)}$  : concentration molaire d'AgNO<sub>3</sub> (0.01N)

$M_{(Cl^-)}$  : masse molaire de chlorure g/mol

P.E : prise d'essai

F : facteur de correction du titre de nitrates d'argent

$F=1/ V (AgNO_3)$

### V.3.3 Détermination de la matière organique (KMnO<sub>4</sub>)

#### Principe

Mesure en milieu acide de la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction de permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau. La détermination des matières organiques a été réalisée par l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) en milieu acide.

#### Réactifs

- Solution d'acide sulfurique, (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Solution d'oxalate de sodium, (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Solution de permanganate de potassium, (KMnO<sub>4</sub>)

#### Méthode

Prendre 100 ml d'eau à analyser, ajout de 20ml d'acide sulfurique d'une concentration de 2,2 mol/l, puis homogénéiser et porter à l'ébullition douce pendant 10min, ajouter 20 ml de KMnO<sub>4</sub> à 2 m mol/l ,ajouter aussi 20ml Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 5 m mol/l, en fin titrage après décoloration avec KMnO<sub>4</sub> à 2 m mol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose pale.

#### Expression des résultats

$$[OM] = \frac{(V_t - V_b)}{V_r} * 16$$

V<sub>r</sub>: Volume de KMnO<sub>4</sub> nécessaire pour la coloration.

V<sub>b</sub> : Volume du blanc.

$V_t$  : Volume du titre.

16 : Constante (mg/l) d'O<sub>2</sub>

### V.3.4 Détermination de TA et TAC

#### Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur colore.

#### Réactifs

- solution alcoolique de phénophtaléine à 0,5% pour préparer cette solution :
- Phénophtaléine 0,5g
- Alcool éthylique 500 ml
- Eau distillée 500 ml
- solution de méthylorange à 0,50% pour préparer cette solution :
- Méthylorange 0,5 g
- Eau distillée 100 ml

#### Mode opératoire

##### a) Détermination de TA et CO<sub>3</sub>

Prélever dans un erlenmeyer, 100ml d'eau à analyser ajouter la 2 goutte de solution de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le PH est inférieure à 8,3. Verser en suite l'acide dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment est ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (PH :8,3) soit  $V_a$  le nombre de ml d'acide utilisés pour obtenir le virage.

##### b) Détermination de TAC et HCO<sub>3</sub>

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu décoloration. Ajouter 2 gouttes de solution de vert de méthyle orange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH 4,5). Soit  $V_b$  le volume d'acide N/5 versé depuis le début du dosage.

Retoucher de ce volume 0,5ml quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur, qui un peu plus faible que le PH de neutralisation exacte de l'hydrogénocarbonate.

#### Expression des résultats

Puisque tous nos échantillons ont un pH < 8,3, ce qui correspond à un TA=0, nous avons mesuré que le TAC.

$$[\text{TAC}] = (\text{VA} - \text{VB}) * 4 * M_{(\text{CaCO}_3)} / \text{Vt} \text{ (mg/l)}$$

VA : Volume d'acide versé.

VB : volume d'acide versé avec le blanc.

Vt: Volume d'acide versé avec l'NaOH (0.02M)

M CaCO<sub>3</sub>- : masse des carbonates calcium =100g/mole

$$[\text{HCO}_3] = V_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} * C_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} * M_{(\text{HCO}_3)} / \text{P.E} \text{ (mg/l)}$$

V<sub>(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</sub> : Volume nécessaire de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pour une concentration donnée.

C<sub>(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</sub> : concentration molaire de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1M)

M<sub>(HCO<sub>3</sub>)</sub> : masse molaire de bicarbonates (g).

P.E : prise d'essai.

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \text{VA} \times 60 \text{ mg/l.}$$

### V.3.5 Détermination de la dureté totale

#### Principe

Titration par complexométrie du calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel de sodium d'acide éthylène diamine tétra acétique à un PH 10, lors du titrage, EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur.

#### Réactifs

- Solution tampon pH10.
- Chlorure d'ammonium (NH<sub>4</sub>Cl) 67,5 g.
- Solution d'ammoniaque 0,910g/ml.
- Sel disodique de magnésium de l'EDTA (C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>Na<sub>2</sub>Mg) 0,5 g.
- Eau 1000 ml.

- EDTA, solution titrée ; C (Na<sub>2</sub> EDTA) : 10 mmol/l.
- Sel disodique de l'acide ethylene diamine tetracetique 3,725 g.
- Mordant noir, indicateur : Sel de sodium de mordant noir 0,5g.
- Triethanolamine 1000 ml (en peut utiliser l'ethanola la place de Triethanolamine).
- Eau distille 1000 ml.

### Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml, ajouter 4 ml de solution tampon et trois gouttes de solution de mordant noir. La solution se colore en violet, le pH doit être de 10. Mélanger et doser immédiatement, ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Verser lentement puis goutte à goutte des que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu.

Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

### Expression des résultats

$$TH = V * 2$$

### V.3.6.Détermination du Calcium Ca<sup>++</sup> (Méthode tétrimétrique à l'EDTA)

#### Principe

Le principe est identique à celui de la méthode tétrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un PH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcocarboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge.

#### Réactifs

- Hydroxyde de sodium : solution de 2 mol/l dissoudre 8g de NaOH dans 100 ml d'eau fraîchement distille.
- EDTA solution titre C (Na<sub>2</sub> EDTA) : 10mmol/l sèche une portion d'EDTA a 80°C pendant 2 heures, dissoudre 3,725 g de sel sec dans l'eau et diluer à 1000 ml dans une fiole jauge.

- indicateur HSN : mélange soigneusement 0,2 g d'acide calcocarboxylique (acide hydroxy-2-(hydroxy-2-solution-4-naphtylazo-1)-1-naphtalene carboxylique) (C<sub>21</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>7</sub>S, 3H<sub>2</sub>O) et 100g de chlorure de sodium (NaCl).

### Mode opératoire

À l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 2 ml de la solution de NaOH et environ 0,2g de l'indicateur HSN mélanger et doser immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter verser lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout de goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

### Expression des résultats

$$[\text{Ca}^{2+}] = (V_1 * C_{\text{(EDTA)}} * F * M_{\text{(Ca}^{2+})} / \text{P.E}) * 1000 = (\text{mg/l})$$

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

$C_{\text{(EDTA)}}$  : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{\text{(Ca}^{2+})}$  : Masse molaire du calcium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de concentration de titre d'EDTA (Facteur de dilution).

### V.3.7 Détermination de la dureté Magnésienne (Mg<sup>2+</sup>)

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (RODIER, 2009).

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

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

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

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

$C_{\text{(EDTA)}}$ : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{\text{(Mg}^{2+})}$  : Masse molaire du Magnésium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de concentration de titre d'EDTA

**V.3.8 Détermination des résidus secs****Matériel**

- Capsule en verre.
- Balance analytique.
- Etuveréglable.

**Méthode**

Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée, prélever 50 ml d'eau à analyser dans une éprouvette graduée et déverser la dans la capsule, porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant quatre heures. Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur. Peser rapidement sur la balance analytique.

**Expression des résultats**

$$RS = \frac{M0 - M1}{V} * 10^6$$

Avec :

M0 : masse de la capsule à vide (mg)

M1 : masse de la capsule avec résidus secs (mg)

V : volume de l'échantillon versé (ml)

Le poids des résidus sec est exprimé en mg/l.

**V.3.Détermination de MES****Matériels**

- Rampe de filtration liée à une pompe à vide.
- Etuveréglable.
- Balance analytique dans chambre de pesée.
- Dessiccateur.
- Filtres membranaires de 0,45µm.
- Burette de 100ml
- Pissette d'eau distillée.

**Méthode**

Placer les filtres sur la rampe d'aspiration puis sécuriser les entonnoirs. Verser 100ml d'eau distillée dans chacune d'elles et faire actionner la pompe pour aspirer l'eau.

Retirer soigneusement les filtres et placer dans l'étuve à 105°C pendant 60min. Retirer et peser les filtres séchés, placer les filtre dans la rompe et faire passer 100ml de chaque échantillon, remettre les filtres dans l'incubateur à 105°C pendant quatre heures. Laisser refroidir pendant dans dessiccateur, peser les filtres.

**Expression des résultats**

$$(\text{Mg } \Lambda)MES = \frac{P_1 - P_0}{V} * 10^6$$

Avec  $P_0$  : poids du filtre à vide (mg).

$P_1$  : poids du filtre après passage de l'échantillon.

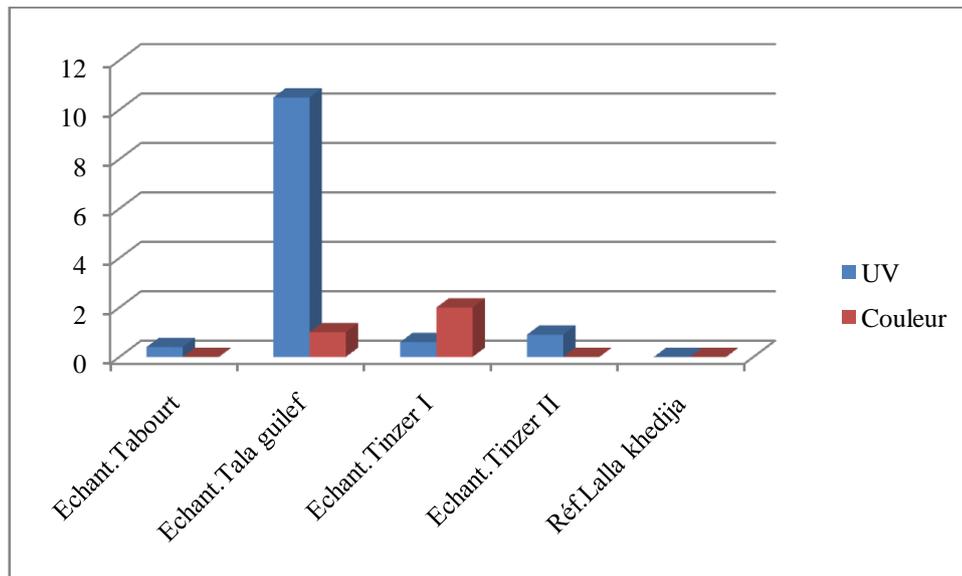
$V$  : volume de l'échantillon versé.

## Chapitre IV : Résultats et discussion.

La composition chimique des eaux des sources est majoritairement acquise lors de la traversée du sol et de son séjour dans le réservoir. L'eau, au contact de l'encaissant, acquiert une charge minérale caractéristique des roches traversées. Les produits évacués en suspension et en solution sont informatifs sur la nature de l'aquifère traversé .

## I. Paramètres Organoleptiques

### I.1 Couleur et Uv



**Fig.13** Variations de la couleur et de l'UV des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017)

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45  $\mu\text{m}$ . Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2009)

La valeur de la couleur dans une eau dépend des particules colloïdales présentes dans celle-ci. Les résultats de la couleur des deux sources Thabourth et Thinzar II sont nuls, pour la source de Tala Guilef, la valeur de la couleur est de 1  $\mu\text{m}$ . Celle de Thinzar I est la plus élevée avec une valeur de 2  $\mu\text{m}$ , elle reste cependant très faible.

On peut d'ores et déjà dire que les sources Thabourth et Thinzar II sont de bonnes qualités.

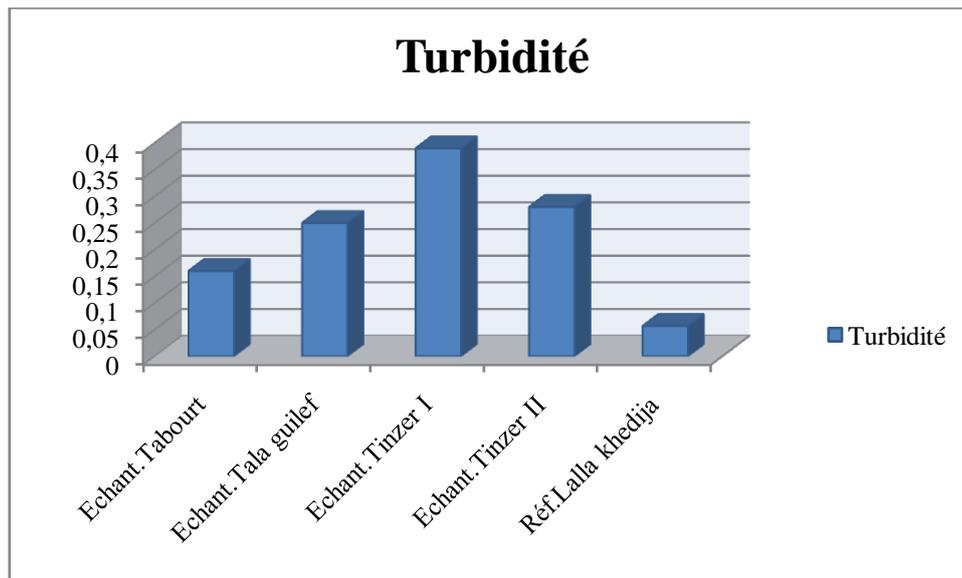
Selon la norme du journal officiel Algérien (2011), la valeur maximale pour le paramètre couleur d'une eau souterraine est de 20 mg/l Echelle Pt.

## II. Paramètres physico-chimiques

Ces paramètres permettent de caractériser les sources analysées. On peut les différencier en deux groupes: physique et chimique.

### II.1 Paramètres physiques

#### II.1.1 Turbidité

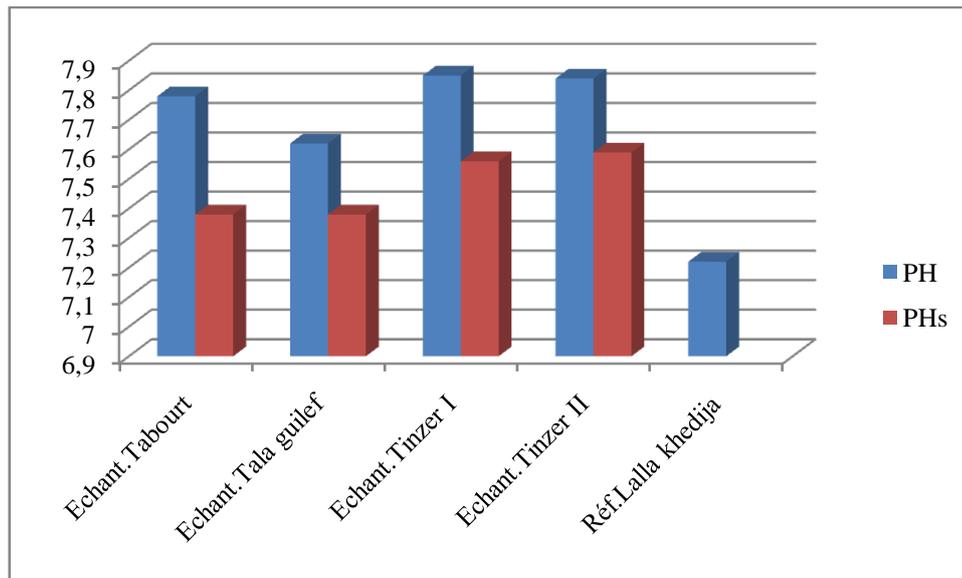


**Fig.14** Turbidité des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017)

On peut voir que la valeur de la turbidité des quatre sources analysées est supérieure à celle de l'eau minérale Lalla khedidja. Les valeurs sont situées entre 0,16 et 0,39. La valeur la plus élevée appartient à l'échantillon de Thinzar I.

- Toutes les valeurs sont largement en dessous de la norme, fixée à une valeur maximale de 5 NTU (Journal officiel algérien ,2011)
- Parmi les sources analysées, Thabourth a la turbidité la plus faible.

## II.1.2 pH et ph d'équilibre :



**Fig.15** pH/pHs des quatre sources (Avril 2017)

La Figure 3 représente les valeurs du pH et du pHs des quatre sources durant le mois d'Avril 2017.

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates. Le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci doit être compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007).

Dans le cas de la région d'étude, le pH des sources varie entre 7,62 et 7,85. Il apparaît que le pH de toutes ces eaux est de caractère à caractère alcalin. Comparé à celui de Lalla khediya on constate qu'il est supérieur, mais il reste toujours dans l'intervalle de la norme qui fixe le pH d'une eau souterraine à une valeur comprise entre 6,5-9 (Journal officiel algérien, 2011).

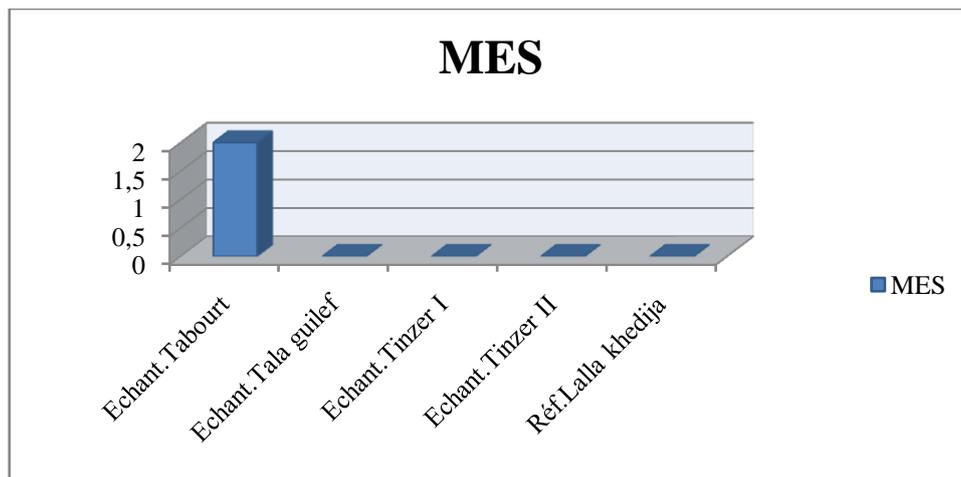
Le caractère alcalin de ces eaux est dû à la nature des sols traversés.

Quant au pH d'équilibre, il permet de déterminer si l'eau est agressive ou incrustante. Ceci en le comparant au pH :

- Si  $pH < pH_s$  : l'eau est acide, sous-saturée en  $CaCO_3$  et donc agressive ;
- Si  $pH > pH_s$  : l'eau ne contient pas assez de  $CO_2$  ; en revanche, elle est sursaturée en  $CaCO_3$  et donc incrustante ;
- Si  $pH = pH_s$  : l'eau est à l'équilibre.

Dans le cas des sources analysées, les valeurs du pH sont supérieures à celles du  $pH_s$ .

### II.1.3 Matières En Suspension



**Fig.16** Quantités De M.E.S des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja(Avril 2017)

La quantité de matières en suspension est nulle pour les sources sauf pour Thabourth où la valeur des MES est de 2.

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

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution.

## II.2 Paramètres chimique

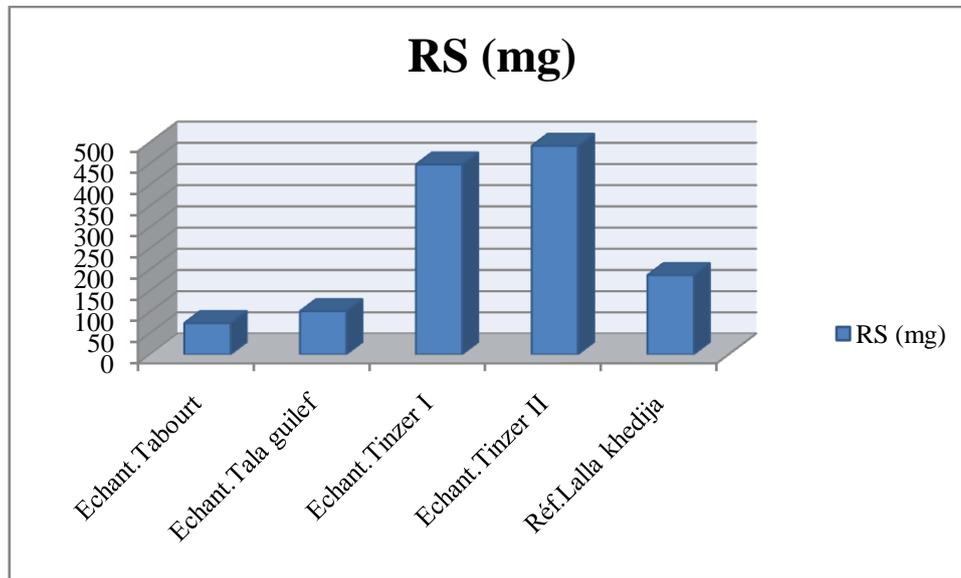
Il existe un grand nombre de déterminations possibles destinées :

- soit à donner des paramètres globaux tels que la conductivité, titre hydrotimétrique, le titre alcalimétrique complet, la minéralisation totale, résidus sec et taux de matières organiques ;

- soit à connaître la nature des éléments minéraux dissous dans l'eau: phosphates, Carbonate sulfates, calcium et magnésium.
- soit à rechercher des éléments nuisibles : (nitrates nitrites ...)

## II.2.1 Paramètres globaux

### II.2.1.1 Résidus sec (Rs)



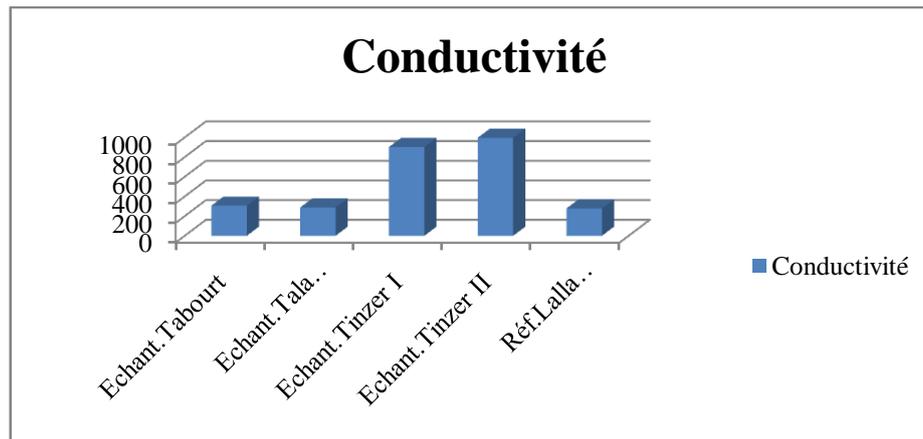
**Fig.17** Résidus secs des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension. La mesure, après filtration, correspond aux matières dissoutes. Ces valeurs peuvent être recoupées à partir de la conductivité et permettent d'apprécier la minéralisation de l'eau.

Les deux sources Thinzar I et II ont une quantité de résidus secs supérieurs à celle de l'eau minérale Lalla Khedidja. La masse des résidus secs pour ces sources est respectivement de 448mg/l et 492mg/l. Toutefois celles-ci restent dans la norme fixée à 1500mg/l (Journal officiel, 2011).

Toutefois, on remarque que le poids des résidus sec, et ce pour chaque source analysée pèse moins de 500 mg/l, par conséquent ces eaux sont classées comme étant faiblement minéralisées.

## II.2.1.2 Conductivité



**Fig.18** Conductivité des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017)

La Figure 18 représente la comparaison des valeurs de la conductivité des quatre sources analysées durant le mois d'Avril 2017 avec l'eau minérale Lallakhedidja ainsi qu'aux normes Algériennes.

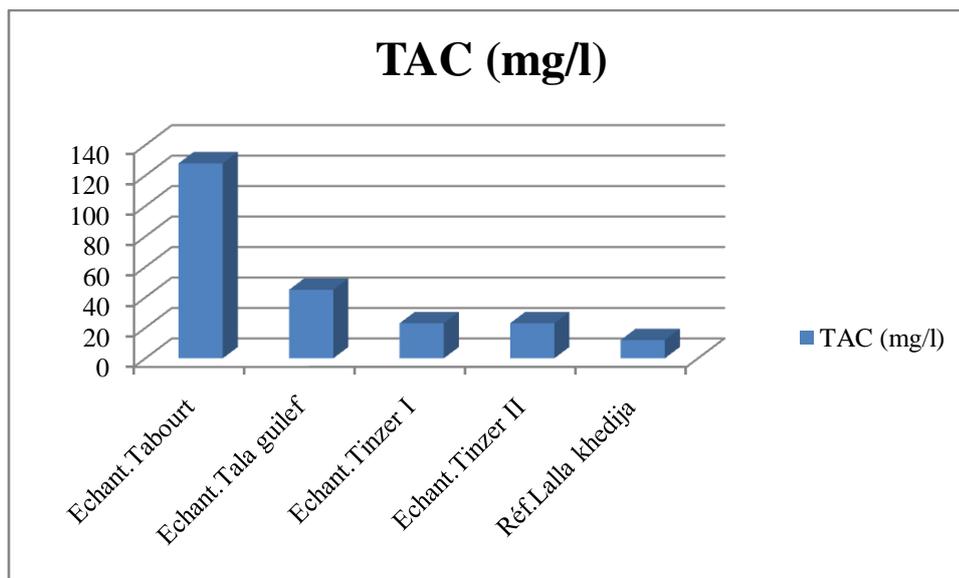
La conductivité est l'expression de la charge dissoute. Elle permet d'évaluer la minéralisation globale par la quantité d'ions en solution, étant donné que la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement, La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente( NECHAD et *al*, 2014)

La conductivité des quatre sources a été mesurée à une température inférieure à 20 °C .Elle est située entre 287 µS/cm et 996 µS/cm. Elles sont donc incluses dans l'intervalle des normes Algériennes, qui fixe la conductivité à une valeur inférieure à 2800 µS/cm (Journal officiel, 2011)

On remarque que les deux sources S1 et S2 ont une conductivité inférieure à celle des sources S3 et S4, mais très proche de la conductivité de l'eau minérale LallaKhedidja.

En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Cette minéralisation est liée à la nature des sols traversés.

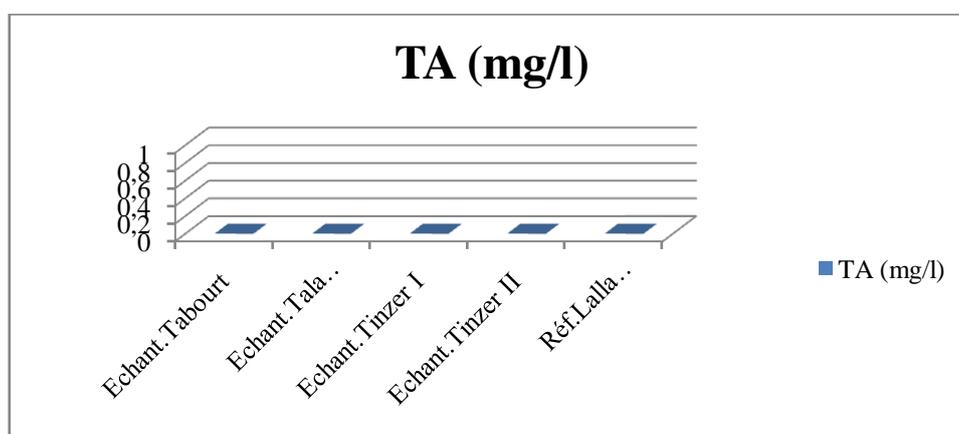
## II.2.1.3 Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet



**Fig.19** TAC des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) dans les échantillons d'eau analysés est essentiellement dû à la présence des ions bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ ), C'est l'indice du pouvoir tampon de l'eau, qui est étroitement lié à la dureté, bien que de nombreuses espèces de solutés puissent y contribuer. L'alcalinité est exprimée en quantité équivalente de carbonate (NECHAD et al. ,2014).

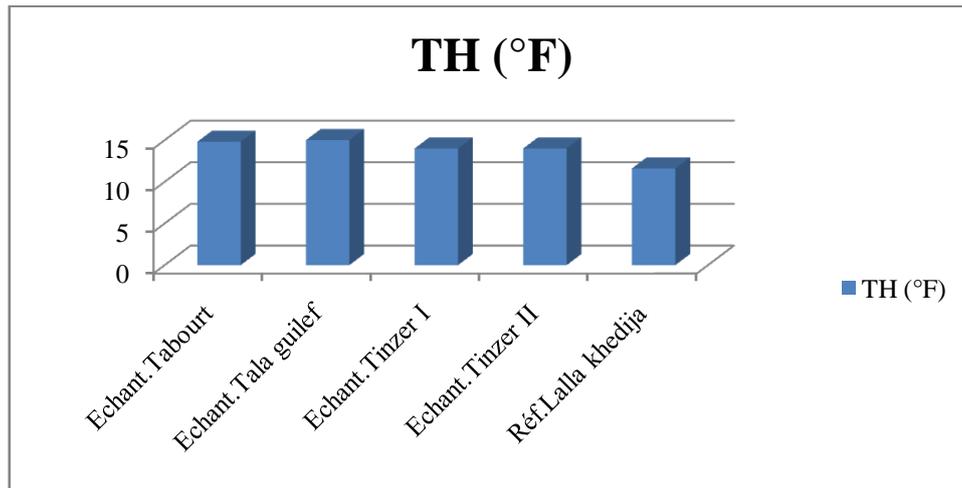
On remarque que la source de Thabourth a le TAC le plus élevé, ce qui prouve une dissolution des roches carbonatées dans les réservoirs karstiques.



**Fig.20** TA des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

Le titre alcalimétrique est nul pour l'ensemble des sources.

## II.2.1.4 Dureté total (TH)



**Fig.21** TH des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg ainsi qu'une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F, (1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau). Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO<sub>2</sub> dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. (BELGHITI *et al.*, 2013)

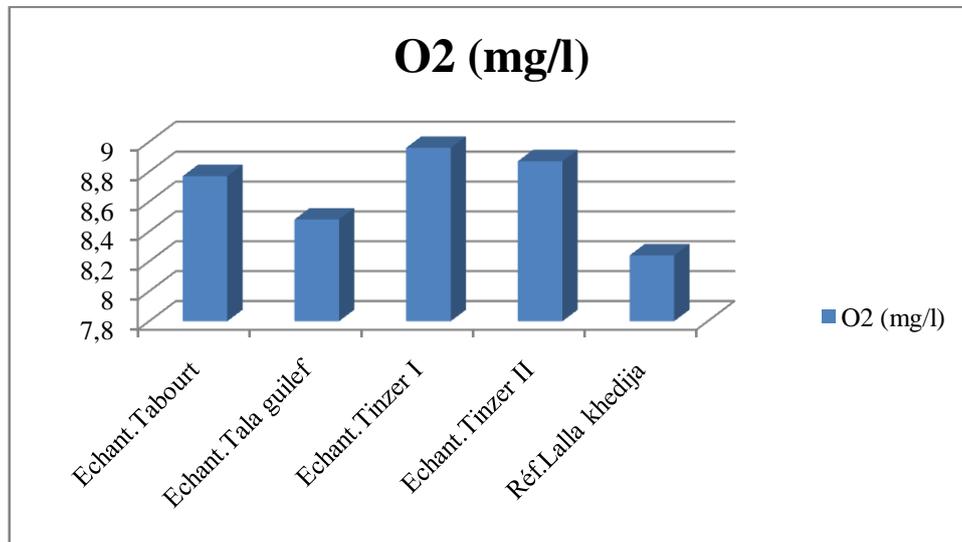
L'eau est classifiée comme "douce" ou "dure". Les valeurs suivantes s'appliquent à ces termes :

- 5°f (50 ppm) - eau très douce.
- De 5 à 12°f (50 - 120 ppm) - eau douce.
- De 12 à 24°f (120 - 240 ppm) - eau dure moyenne.
- De 24 à 36°f (240 - 360 ppm) - eau dure.
- > à 36°f (360 ppm) - eau très dure.

Les résultats de la dureté totale des sources analysées sont situés entre 14 et 15°F, ce sont donc des eaux moyennement dures. Leurs dureté est supérieure à celle de l'eau

minérale Lalla Khedidja, mais reste au dessous de la norme Algérienne qui est de 20°F (Journal officiel, 2011).

### II.2.1.5 Oxygène dissous



**Fig.22** O<sub>2</sub> dissous des quatre sources comparées à l'eau minérale lallakhedidja (Avril 2017)

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/l. (DERWICH E. *et al*, 2010)

Les concentrations obtenues (Figure 22) présentent une légère fluctuation de 8,48 à 8,96 mg/l.

II.2.1.6 Carbone inorganique dissous

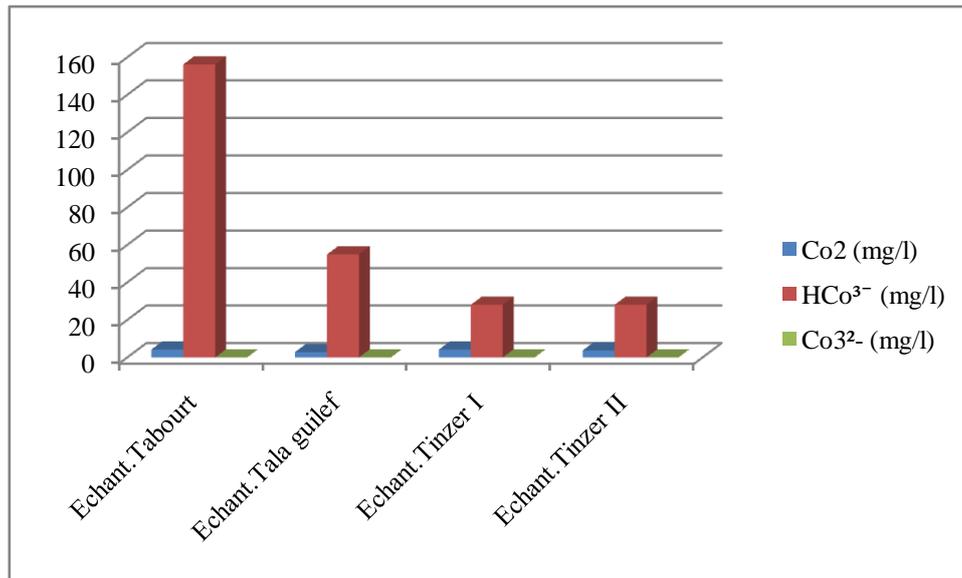
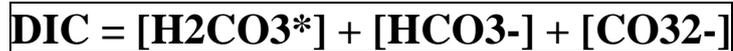


Fig.23 Variation du CID dans les quatre sources analysées (Avril 2017)

Dans les eaux naturelles, le carbone minéral dissous (CID : carbone inorganique dissous, se répartit en CO<sub>2</sub> libre et en CO<sub>2</sub> combiné (CO<sub>2</sub> des bicarbonates et des carbonates).



Ces composés participent à l'équilibre calco-carbonique suivant :



II.2.1.7 Oxydabilité au permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub>

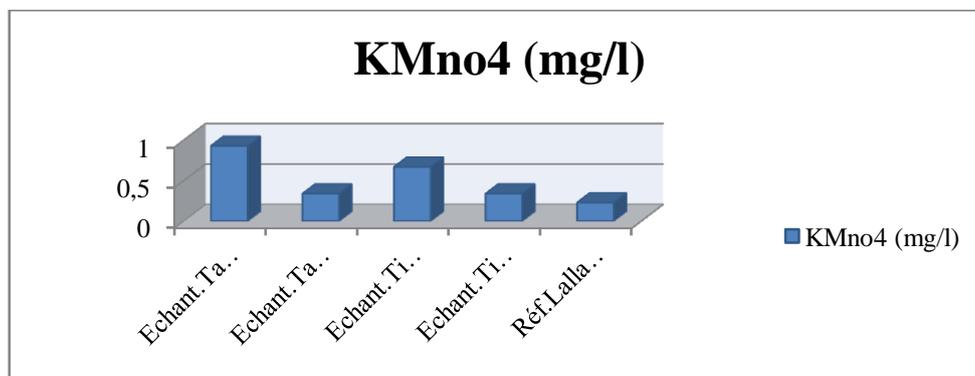


Fig.24 Oxydabilité au KMnO<sub>4</sub> des quatre sources comparées à l'eau minérale lallakhedidja (Avril 2017)

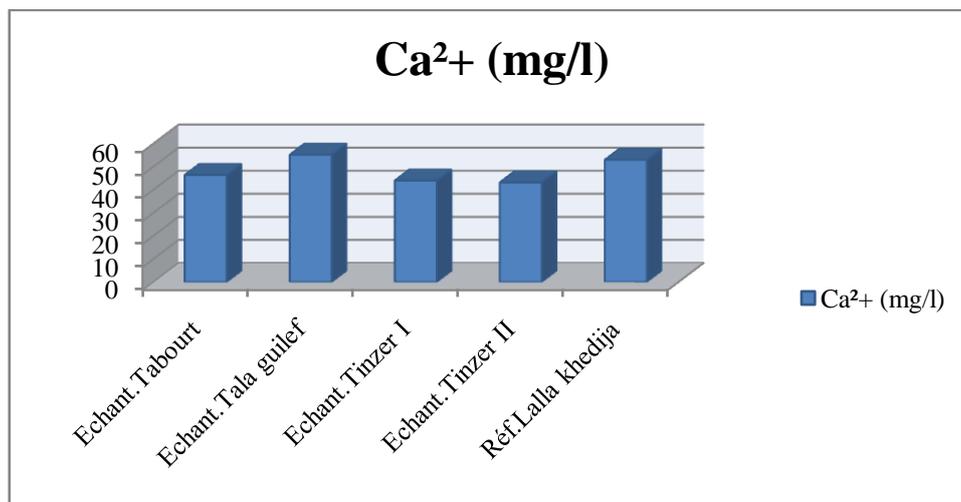
L'indice permanganate (IP) est une grandeur qui permet d'estimer la concentration en matières organiques présentes dans les eaux de surface et les eaux potables, Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques.(NECHAD *et al.* ,2014)

La norme algérienne du journal officiel du 26 avril 2006 fixe l'oxydabilité au permanganate de potassium à une valeur maximale de 3 mg/l en oxygène. Les sources analysées se situent largement en dessous de cette valeur.

La teneur en matière organique des sources analysées est faible.

## II.2.2 Eléments minéraux dissous

### II.2.2.1 Calcium

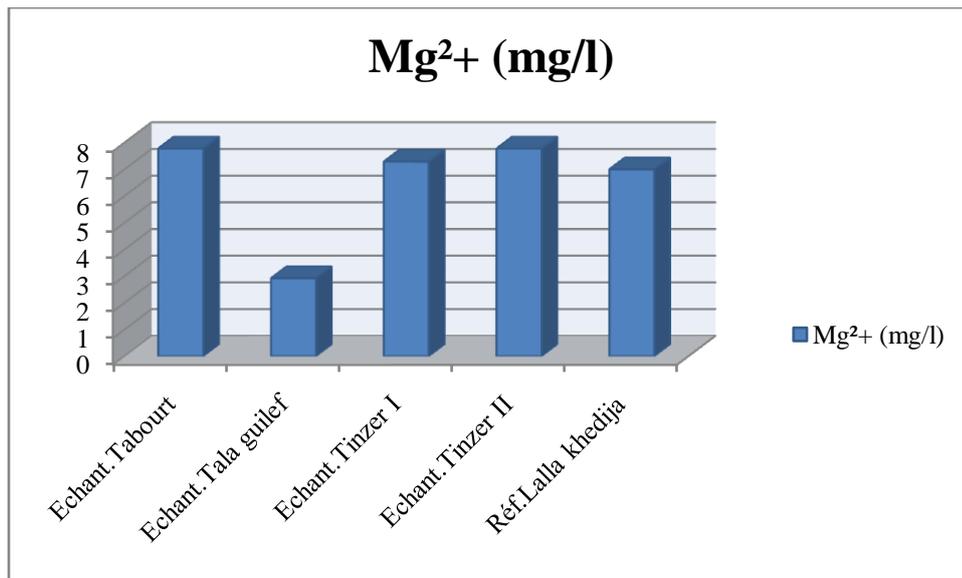


**Fig.25** Calcium des quatre sources comparées à l'eau minérale lallakhedidja (Avril 2017)

Les teneurs en calcium des sources analysées sont comprises entre 43.2 et 55.2 mg/l, a partir de l'histogramme, on remarque que la source ThalaGuilef a une forte teneur en calcium. Elle est légèrement supérieure à celle de LallaKhedidja.

Le calcium s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium. (NECHAD *et al.* ,2014)

## II.2.2.2 Magnésium



**Fig.26** Magnésium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

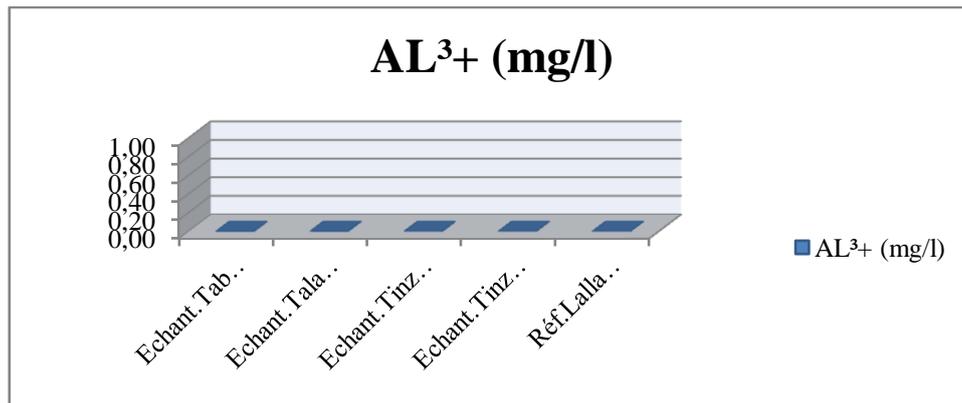
Les origines du Magnésium sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) (DEBIECHE, 2002).

Les teneurs en magnésium des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Dans les régions riches en roches magnésiques, l'eau peut contenir des concentrations de 10 à 50 mg/L d cet élément, la dureté est souvent due aux ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> (Nechad. I et al, 2014).

A partir de l'histogramme, on remarque que les sources Thabourth, Thinzar I et II sont très riches en magnésium dépassant ainsi l'eau minéral Lalla khedidja.

De nombreuses études ont définitivement confirmé le fait que le magnésium et le calcium de l'eau sont aussi bien absorbés et utilisés par l'organisme que lorsqu'ils sont d'origine alimentaire ou médicamenteuse. Ainsi les eaux riches en sels minéraux permettent d'enrichir efficacement les apports alimentaires en minéraux : 1 litre par jour de ces eaux calciques et magnésiennes permet de couvrir au minimum 15 à 20% des apports nutritionnels conseillés en minéraux. Ainsi chaque eau a un profil minéral particulier (Aquamania, 2017)

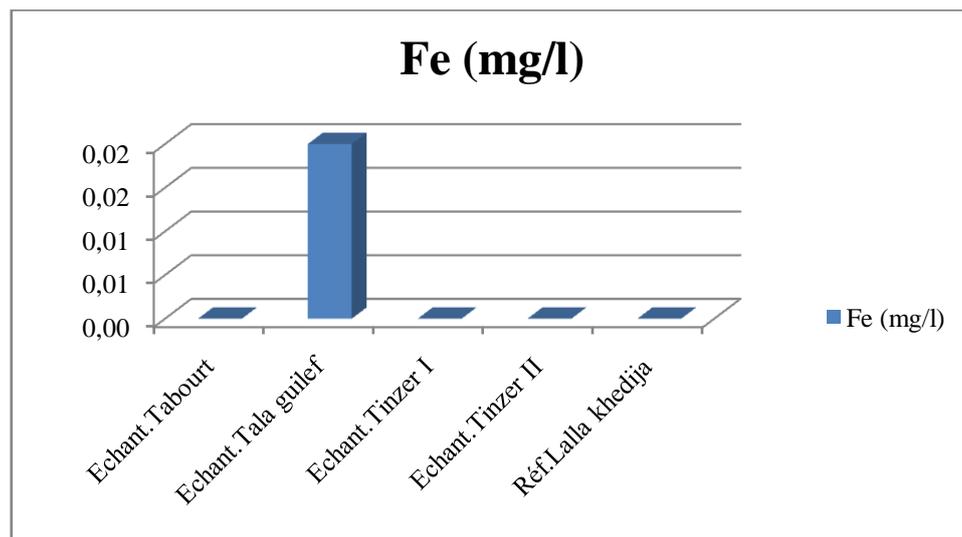
## II.2.2.3 Aluminium



**Fig.27** Aluminium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

La concentration de l'aluminium est nulle dans toutes les sources analysées. L'aluminium fait partie des éléments indésirables dans l'eau son absence signifie que ces eaux présentent une bonne qualité concernant le paramètre aluminium.

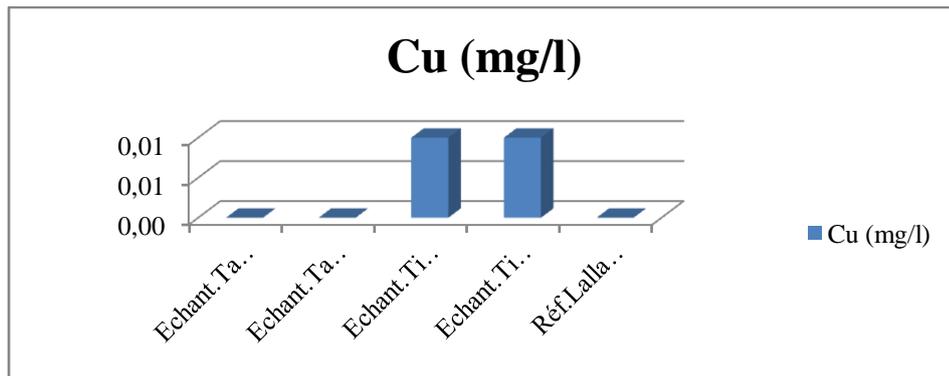
## II.2.2.4 Fer



**Fig.28** Teneur en fer des quatre sources comparées à l'eau minérale Lallakhedidja (Avril 2017)

La source Tala Guilef est la seule source qui contient du fer avec une concentration de 0.2mg/l, ceci peut être dû à la présence de trace de fer dans les structures géologique sous-jacente. Cette valeur reste en dessous de la norme fixée par journal officiel algérien à 0.3mg/l.

### II.2.2.5 Cuivre



**Fig.29** Teneur en cuivre des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017)

Le Cuivre intervient dans des réactions enzymatiques. Il exerce une action antiseptique sur les bactéries. Il renforcerait les Défenses naturelles et aurait également une action antirhumatisme (*aquamania, 2017*)

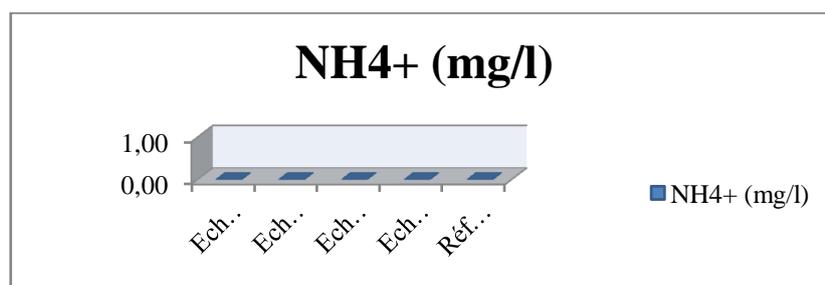
Il est présent en faible quantité dans les sources Thinzar I et Thinzar II.

### II.2.3 Eléments indésirables

#### II.2.3.1 Composés azotés

L'azote est un élément indispensable à l'édification de la cellule vivante. Il est utilisé comme indicateur majeur de la pollution organique. Il se présente sous deux formes : organique (protéines, acides aminés, etc.) et minéral (ammonium, nitrites, nitrates, etc.) (MAKHOUKH et al. ,2011). Les formes d'azote étudiées sont : l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

##### II.2.3.1.1 Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

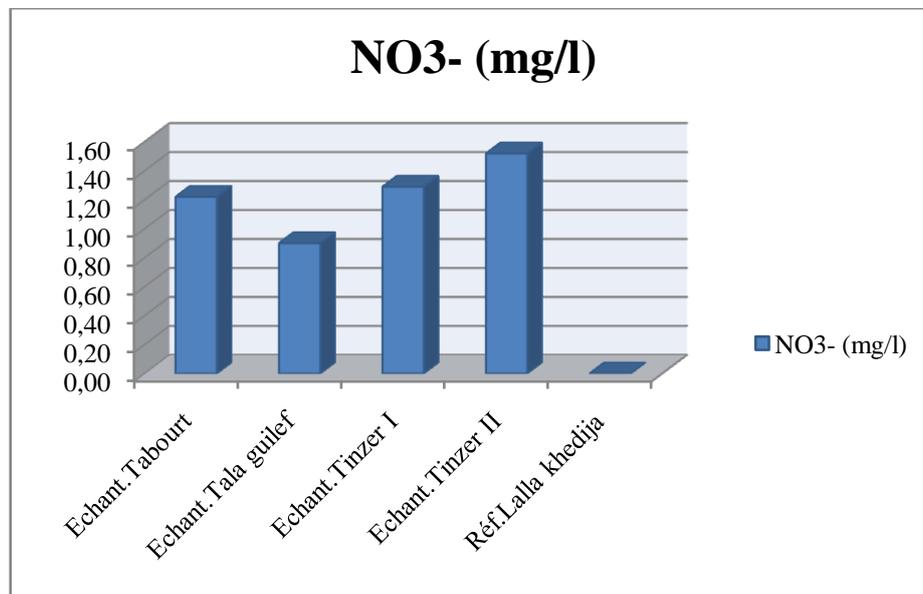


**Fig. 30** Ammonium des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017)

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (CHAPMAN et KIMSTACH, 1996).

L'analyse de l'ammonium a démontré son absence dans les quatre sources. On peut donc conclure qu'il y a absence de pollution par les effluents urbains dans l'ensemble des sources analysées.

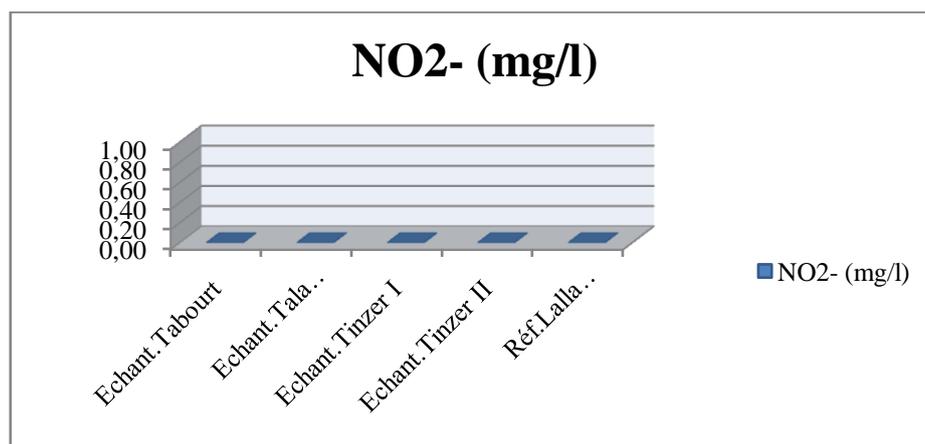
#### II.2.3.1.2 Nitrates



**Fig.31** Nitrates des quatre sources comparés à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017)

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

## II.2.3.1.3 Nitrites

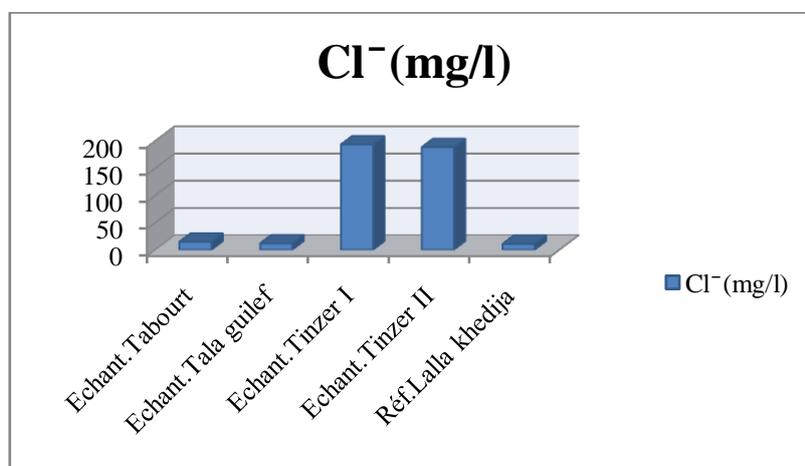


**Fig.32** Nitrites des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla khedidja (Avril 2017)

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

On remarque l'absence de nitrites dans l'ensemble des sources.

## II.2.3.2 Chlorures



**Fig.33** Chlorures des quatre sources comparées à l'eau minérale Lalla Khedidja (Avril 2017)

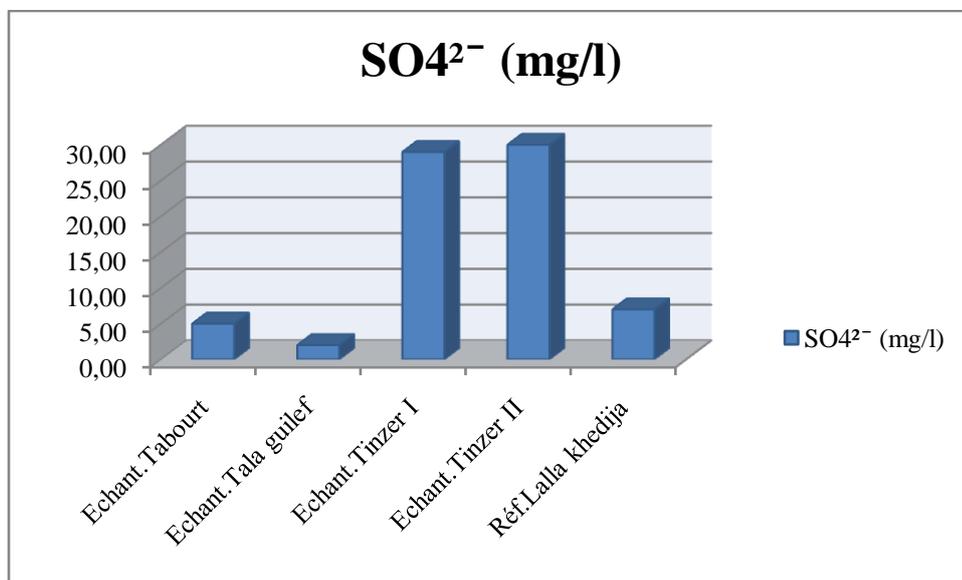
Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl); ils représentent environ 0,05 % de la lithosphère Ils

sont présents à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Une concentration supérieure à 250mg/l donne un mauvais goût à l'eau (Santé Canada, 2008)

Les valeurs moyennes en chlorures évoluent de la même manière que la conductivité pour la quasi-totalité des points de mesure, les concentrations relevées s'échelonnent entre 11.91mg/l et 193.56 mg/l.

On peut voir que les deux dernières sources ont une teneur élevée en chlorures. Mais elles restent dans les normes. Ce sont des valeurs qui peuvent être dues à la nature des roches traversées.

### II.2.3.3 Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

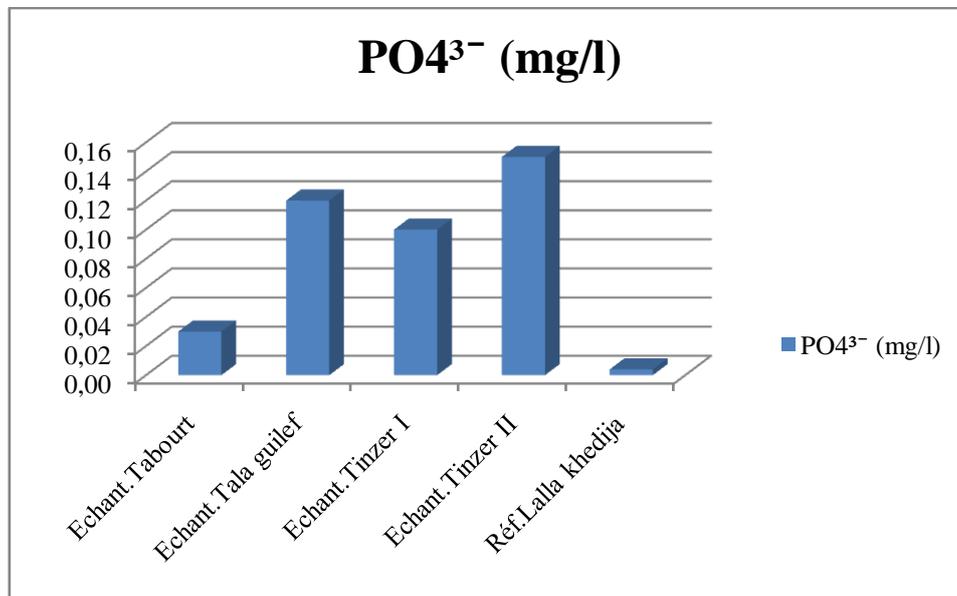


**Fig.34** Teneurs en sulfates des quatre sources (Avril 2017)

Les sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2007). D'après les résultats des échantillons analysés (Fig.20), les valeurs enregistrées restent inférieures à la valeur guide (400mg/l) de la norme Algérienne relative à la qualité des eaux de source.

On remarque que les deux sources S3 et S4 ont une teneur en sulfate supérieure à l'eau minérale Lalla khedidja ainsi qu'aux deux sources S1 et S2.

#### II.2.3.4 Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )



**Fig.35** Teneures en Orthophosphates des quatre sources (Avril 2017)

Ce paramètre fait généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en Orthophosphates peut indiquer une pollution agricole suite à une lixiviation des fertilisants. . (NECHAD et al, 2014)

Les relevés de la qualité des eaux de source ont montré que les concentrations des Orthophosphates se situent entre 0.03mg/l pour la source Thabourth et 0.15mg/l pour Thinzar II.

### III. Résultats Microbiologique

- **Coliforme fécale (ex. bactérie *E. coli*)**

Ce sont des bactéries qui se retrouvent uniquement dans le système digestif des humains et des animaux. Leur présence dans l'eau indique une contamination par du fumier ou des eaux fécales.

- **Streptocoque**

Ce sont des bactéries qui se retrouvent aussi dans le système digestif des humains et des animaux. Leur présence dans l'eau suggère une contamination d'origine fécale.

- **Spores d'Anaérobies- *Sulfito-Réducteurs* (A.S.R)**

Les A.S.R sont des formes résistantes d'organismes anaérobies, elles sont normalement présentes dans les sols, rivières et dans les systèmes digestifs des animaux ainsi que dans les matières fécales, mais en plus petites quantités que les *Escherichia coli*. Leur absence dans une nappe souterraine ou une nappe alluviale est un signe d'efficacité de la filtration naturelle.

- **Germes revivifiables à 22° et 37°**

Les bactéries revivifiables sont des bactéries aérobies. La recherche de micro organismes aérobies non pathogènes dits «revivifiables» permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

- **Coliformes totaux**

La présence de coliformes totaux dans l'eau d'une source n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale ni un risque sanitaire mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée entre autre à une infiltration d'eau de surface dans la source. La plupart des espèces peuvent se trouver naturellement dans le sol et la végétation. L'analyse des coliformes totaux permet d'obtenir de l'information sur la vulnérabilité possible d'un puits à la pollution de surface. Dès que leur nombre dépasse 10 UFC/100 mL, nous vous suggérons de procéder à une désinfection préventive (EXOVA, 2009)

### III.1 Résultats des analyses microbiologiques de la source Thabourth El Insar

Paramètres	UFC	limite acceptable*	Qualité de l'eau
Coliforme Totaux	0	<10/100ml	Propre à la consommation
E. Coli (Escherichia coli)	0	<1/100ml	
Streptocoque	0	<1/100ml	
A.S.R	0	<1/100ml	
Germes revivifiables à 22°	0	<100/1ml	
Germes revivifiables à 37°	0	<20/1ml	

**Tab.2** Résultats d'analyse microbiologique de la source Thabourth El Insar (Avril 2017)

### III.2 Résultats des analyses microbiologiques de la source Tala Guilef

Paramètres	UFC	limite acceptable*	Qualité de l'eau
Coliforme Totaux	0	<10/100ml	Propre à la consommation
E. Coli (Escherichia coli)	0	<1/100ml	
Streptocoque	0	<1 /100ml	
A.S.R	0	<1 /100ml	
Germes revivifiables à 22°	0	<100/1ml	
Germes revivifiables à 37°	0	<20/1ml	

**Tab.3.**Résultats des analyses microbiologiques de la source Tala Guilef (Avril 2017)

### III.3 Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar I

Paramètres	UFC	limite acceptable*	Qualité de l'eau
Coliforme Totaux	0	<10/100ml	Relativement sure
E. Coli (Escherichia coli)	0	<1/100ml	
Streptocoque	0	<1 /100ml	
A.S.R	0	<1 /100ml	
Germes revivifiables à 22°	10	<100/1ml	
Germes revivifiables à 37°	0	<20/1ml	

**Tab.4** Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar I (Avril 2017)

### III.4 Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar II

Paramètres	UFC	limite acceptable*	Qualité de l'eau
Coliforme Totaux	1	<10/100ml	Relativement sure
E. Coli (Escherichia coli)	0	<1/100ml	
Streptocoque	0	<1/100ml	
A.S.R	0	<1/100 ml	
Germes revivifiables à 22°	15	<100/1ml	
Germes revivifiables à 37°	0	<20/1ml	

**Tab.5** Résultats des analyses microbiologiques de la source Thinzar II (Avril 2017)

\* : Normes algérienne du journal officiel.

Conclusion.

---

L'objectif de ce travail est la caractérisation et la valorisation des sources de la région de Boghni dans un cadre de diversification des ressources d'eau potable qui s'impose par le stress hydrique auquel est confronté la région. Quatre sources ont été choisies, les deux premières se situent à différentes altitudes (860 et 1270m), les deux dernières sont au même niveau (930m).

En tenant compte des résultats obtenus durant les analyses effectuées au près du laboratoire de SEAAL Tizi Ouzou, qui vise d'une part à identifier toute trace de contamination et d'autre part à connaître les différentes concentrations en sels minéraux, On peut dire que :

Les sources ne présentent pas signe de pollution majeure, cela en se référant aux concentrations en ammonium et en nitrites quasiment nuls pour l'ensemble des sources, on notera une faible présence de nitrate et d'orthophosphate du probablement à la décomposition de matière organique.

Les analyses bactériologiques ont démontrés l'absence des bactéries *e-coli* et des streptocoques fécaux pour l'ensemble des sources. en effet les sources se situent en plein cœur du parc national du Djurdjura et donc loin de toute source de pollution domestique.

En ce qui concerne les sels minéraux, les sources sont riches en calcium avec une concentration de 55.2 mg/l pour la source de Talla Guilef. La concentration en magnésium est appréciable notamment pour Thabourth et Thinzar I et II.

Le sol calcaire des sources de Thinzar donne à l'eau un goût saumâtre d'où un taux élevé de chlorures.

Quant aux minéraux dissous il y a une absence totale d'aluminium, quelques traces de cuivre pour les deux sources Thinzar I et II,

### **Nos propositions**

Améliorer la protection des sources, en particulier pour la source de Thinzar qui se trouve exposé à la pollution des visiteurs. et aussi penser à revoir son aménagement.

Veiller à mieux sensibiliser les visiteurs sur l'importance de la protection de l'environnement de manière générale et des cours d'eaux en particulier contre la pollution et le rejet de toute sorte de déchets, ceux ci représentent une richesse commune pour tous.

Mettre en place un mini système d'osmose inverse afin de faire face au problème de salinité des sources Thinzar.

Exploiter les sources par la mise en bouteille, d'une part pour la bonne qualité physico chimique et bactériologique, mais aussi pour le fort débit de la source Thinzar.

### **Perspective**

Actualiser l'étude hydrogéologique de la région pour mieux cerner le trajet des sources.

Effectuer une étude approfondie en pédologie.

## **Bibliographie :**

**ABDESSELEM, A., 1999.** Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen., pp 2-18.

**ABDESSELAM, M., 1995.** Structuré et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen: exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie Algérie). Thèse Univ. Franche-Comté, Besançon, n 237p.

**ANONYME, 2005.** Etude du schéma directeur de l'alimentation en eau potable de la Ville de Biskra notice explicative phase : mission A. « Entreprise nationale de projets hydrauliques de l'Est »

**ABDESELAM, M., MANIA, J., MUDRY, J., GELARD, J.-P., CHAUVE, P., LAMI, H., et AIGOUN, C., 2000.** Arguments hydrogéochimique en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides). Revue des sciences de l'eau. (13/02/2000), p158

**ATSDR, 2000.** Toxicological profile for manganese. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department for Health and Human Services, Atlanta (USA), 466 p.

**AQUAMANIA, 2017.** Les sels minéraux et oligo-éléments contenus dans l'eau minérale [en ligne] Disponible sur : <http://www.aquamania.net/> [consulté en 2017].

**ABRANE, S., et BOUCHAGOURA, A., 2016.** Etude physico-chimiques et microbiologique des eaux souterraines de la région de Tébessa. Mémoire de master. Qualité des produits et sécurité alimentaire. Université de Larbi Tebessi Tébessa. 55P

**BERTRAND, G., 2008.** Utiliser L'eau De Pluie, Editions Eyrolles. 130 p

**BOUZIANI, M., 2000.** L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebeanthaldoun. p 84.

**BERNE, F., JEAN, C., 1991.** Traitement des eaux, Édition TECHNIP. 306 p.

**BERMOND, R., et VUICHAARD, R., 1973.** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.

**BOURGEOIS, C-M., MESCLE, J- F., et ZUCCA, J., 1991.** Microbiologie alimentaire. aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.

**BERREHAL, Y., et HAZENE, H., 2001.**Contributions au Renforcement de l'adduction en eau potable des communes de Assi youcef et Bounouh a partir du captage de la source Tinzar Hydraulique Agricole et traitement des eaux.

**BENMOUFFOK, A., 1994.** Approche ecopedologique dans les formations à Cedrus atlantica .cas du massif du Djurdjura, Algerie .Ann.Rech.For .Maroc 27 p205-217

**BELGHITI, M-L., CHAHLAOUI, A., BENGOUMI, D., et EL MOUSTAINE, R.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux sous terraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). Mémoire. Environnement et Santé. Université Moulay ismail, Maroc p.27/p.28/p.29.

**BENGOUMI, M., TRAOURE A. BOUHRITI N., BENGOUMI D. et al., 2004.** Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1, Maroc, 5-25pp.

**BENSAID, S., GASMI A., et BENHAFIED I, 2006.** Les forts d'Algérie, de Césarée la romaine à ce jour .Marseille. France. ASSOC .For .Méd., Tome XXVII N°3

**CHOUTI W, K., 2006.** Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire d'études supérieures spécialisées (DESS), option : Décentralisation et Gestion des Eaux (DGE). Université d'Abomey-Calavi (uac) the Abdu Salam international centre for theoretical physics (ictp), institut de mathématiques et de sciences physiques (imsp) porto-novo, facultes universitaires notre dame de la paix de Namur (FUNDP) Belgique.

**C.P.E.P.E.S.C.** Commission de Protection des Eaux, du patrimoine, de l'environnement, du Sous-sol et des Chiroptères [en ligne] disponible sur: <http://www.cpepesc.org> [consulté en 2017].

**CEVITAL** Fiche technique du produit (eau minérale Lalla Khedidja) [en ligne] Disponible sur : [www.cevital-agro-industrie.com](http://www.cevital-agro-industrie.com) [consulté en 2017].

**CHAPMAN, D., KIMSTACH, V., 1996.** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.

**DUPONT, 1981. et HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 24 p

**DUSSART B., 1966.** Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier Villars, Ed., Paris.

**DERWICH, E., BENAABIDATE, L., ZIAN, A., SADKI, O., et BELGHITY, D.** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de ça confluence avec oued fès. Mémoire. Sciences et Techniques. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc. p.107.

**DEBIECHE, TAHA-HOCINE, 2002.** Evolution de la qualité des eaux (salinité, Azote, et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse. Hydrogéologie et Environnement. Université de Constantine. p47.

**DERRIJ, A., 1990.** Etude des population de cedrus atlantica M. en Algérie .Thèse Doctorat Univ .Paul. Sabatier .Toulouse.288p

**EDBERG, R., RACZYNSKI, M., PROST, J.-C., et ELMUR, T., 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau, France. P5.

**EXOVA, 2009.** L'analyse bactériologie de l'eau potable interprétation des résultats, désinfection et conseils préventifs. Québec.1p

**FLANDRIN, 1947 in KROUCHI, 1995.** Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-guilef, Djurdjura nord – ouest, Algerie). Thèse. Ecologie forestière. Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou. 21p

**GUILBERT, L., 2000.** Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire. p 21.

**GEUJONS, 1995 in HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 25 p

**GUEMAZ, F., 2006.** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées des trois sites de la ville de Biskra (Chaabat Rooba, Oued Biskra, et Oued Zmour).

**HASLAY, C., et LECLERC, H., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier. Paris.

**Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD), 2007.** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.

**ISO, 1993.**Qualité de l'eau - Détermination de l'indice de permanganate.ISO 8467: 1993(F)

**ISO, 2008.**Qualité de l'eau -Détermination du Ph. ISO 10523

**ISO, 1984 .**Qualité de l'eau - Dosage de l'ammonium -Méthode spectrométrique manuelle ISO 7150/1

**ISO, 2012.** Qualité de l'eau - Dosage de l'oxygène dissous - Méthode électrochimique à la sonde .ISO5814.

**ISO, 1994.**Qualité de l'eau - Détermination de l'alcalinité .ISO 9963-1,4p

**ISO, 1985.** Qualité de l'eau - Détermination de la conductivité électrique .ISO 7888.

**ISO, 1997.** Qualité de l'eau - Dosage des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre .ISO11923.

**ISO, 1984.** Qualité de l'eau –Dosage des nitrite- Méthode par spectrophotométrie d'absorbtion moléculaire.ISO 6777.

**ISO, 2014.** Qualité de l'eau -Dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes. ISO9308-1.

**JEAN-CLAUDE, B., 1983.** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur. p 2-8.

**LEGRAND et POIRIER, 1976. In HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 24 p

**LEDLER, 1986. In HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 26p

**MOKEDDEM, K. et OUDDANE, S., 2005.** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, pp 18-22.

**MESSAOUDENE, M., RABHI, A., AEGDOUD, M., et SARMOUM, M., 2013.** Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes .For.Médit, 34,341-346

**MARGAT, J., 1998.** CNFSH (Comité national français de l'AISH) [en ligne] disponible sur : [www.hydrologie.org/](http://www.hydrologie.org/) [consulté en 2017].

**MAKHOUKH1, M., SBAA, M., (1), et BERRAHOU1, A., VAN, M., (2) CLOOSTER.** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Mouloudya (Maroc oriental).Mémoire. Sciences et Technologies de l'Eau et Bio ingénierie Agronomique et Environnementale. 1Université de l'Eau Oujda (Maroc), 2Université de Louvain (Belgique) p154p.161.

**MEGHZILI B., 2003.** Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamadi-Krouma (Skikda). Essais d'optimisation. Thèse de magister Université de Biskra. 77, 89p

**NECHAD, I., FADIL, K., FADIL, F., 2014.** Qualité physicochimique des eaux de source d'Ain Regrag et Ain sidi bouali dans la région de Sefrou (Moyen Atlas, Maroc). Mémoire. Sciences et Technique. Université de Fès. p.134p137p138p140p142.

**NA, 2010.** Qualité de l'eau-Dénombrement des micro-organismes revivifiables Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé. NA :763 ISO 6222.

**NA, 1989.** Qualité de l'eau - Dosage de la somme de calcium et de magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA. NA 752.

**NA ,2010.** Qualité de l'eau -Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux - Méthode par filtration sur membrane. NA 766ISO 7899-2.

**O.B.A.K.I.R, 2014.** Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup.Plan directeur de l'eau. Fiche 12, p.1.

- PNUD, 2009.** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars, Rapport Algérie/ONU.
- PAPA, M., 2005.** Les Eaux A Usage Industriel, Edition EP5, p 17.
- POTELON J-L., ZYMAN K., 1998.** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.
- PRADYT, 2004.** Patnaik .Dean's Analytical Chemistry Handbook (McGraw-Hill Handbooks). Second edition. 1114 p.
- RODIER, J, 1997.** L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires Et Eaux De Mer), 8ème Edition, Dunod, Paris, p 66.
- RODIER, J., 1996.** Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8<sup>ème</sup> Edition, paris, 1260 p.
- RICARDO NOLASCO, A., 2013.** Évaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés organiques persistants chez des poissons d'intérêt sportif du Fleuve Saint-Laurent à Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). 83 p.
- REJSECK, 2002 in HAOUSSA, N., 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 25 p
- RODIE, J., 2005.** L'analyse de l'eau Eaux naturelles - eaux résiduelles - eaux de mer 9e Edition Dunod Parie
- RODIER, J., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
- RODIER, J., 1984** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7ème édition, Dunot, Paris.
- SARDI, K., 2014.** Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1 er Novembre, Mémoire de Master, Faculté de chimie, Département de chimie physique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf, P3, 4, 5,6.
- SAMAKE, H., 2002.** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p.

**Annexes :**

**1-Dosage de gaz carbonique**



**2- Dosage de la dureté**



**3-Dosage de chlorure**



**4-Dénombrement des coliformes totaux**



**5- Test de confirmation**



**6-Dessiccateur**



**7-Un incubateur (étuve)**



**8-Rampe de filtration avec pompe à vider**



**9-la haute**



## 10-Balance analytique



**Tableau :** Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologique pour les quatre sources (Avril 2017).

Désignation	Echant. Thabourth	Echan. Tala Guilef	Echant. Thinzar I	Echant. Thinzer II	Eau Lalla Khedidja	Normes
NH4+ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,5
NO-3(mg/l)	1,22	0,90	1,29	1,52	0,42	50
NO-2(mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
PO3-4 (mg/l)	0,03	0,12	0,10	0,15	0,004	5
Fe (mg/l)	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,3
SO2-4 (mg/l)	05	02	29	30	27	400
AL3+ (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
Cu (mg/l)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	1,5
TA (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
TAC (mg/l)	128	45	23	23	12	/
TH (mg/l)	148	150	140	140	116	500
Ca2+ (mg/l)	46,4	55,2	44	43,2	53	200
Mg2+ (mg/l)	7,78	2,92	7,29	7,78	7	150
Cl (mg/l)	14,89	11,91	193,56	188,60	10,92	500
CO2 (mg/l)	4,18	2,86	4,18	3,74	0,00	
KMno4 (mg/l)	0,93	0,34	0,67	0,34	0,23	3
E. coli (UFC)	0,00	0,00	0,00	00	0,00	0UFC/100 ml
Coliforme Totaux (UFC)	0,00	0,00	0,00	01	0,00	≤10UFC/100ml
Streptocoque (UFC)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0UFC/100 ml
A.S.R (UFC)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0UFC/100 ml
Germes à 37°C (UFC)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<20UFC/1ml
Germes à 22°C (UFC)	0,00	0,00	0,10	0,15	0,00	<100UFC/1ml
UV	0,4	10,5	0,6	0,9	0,00	/
RS (mg/l)	74	102	448	492	140	1500
MES (mg/l)	02	0,00	0,00	0,00	0,00	25
Couleur	0,00	01	02	0,00	0,00	25
Turbidité(NTU)	0,16	0,25	0,39	0,28	0,07	5
pH	7,78	7,62	7,85	7,84	7,22	6,5-8,5
Conductivité (µs/cm)	306	287	902	996	283	2800
T C°	14,1	12,2	18,7	20,1	19,7	25 C°
O2	8,77	8,48	8,96	8,87	8,24	>70