

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Sciences Agronomiques"

Spécialité: "Sciences du Sol"

## Thème

**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de sources de Sebain-Wilaya de Tiaret.**

### *Membres Jury:*

- Président: *Mr. DELLAL Abdelkader*
- Promoteur: *Mr. BENAHMED Mohamed*
- Examineur: *Mr. OUADHAH Sahraoui*

### *Présenté Par:*

- Mlle. BADRANE Hadjer*
- Mlle. NATECHE Bakhta*
- Mlle. SOLTANI Fatma*

Année universitaire : 2016-2017

# Dédicaces

*A cœur vaillant rien d'impossible  
Quand il y a la soif d'apprendre*

*A conscience tranquille tout est accessible  
Tout vient à point à qui sait attendre*

*Je dédie ce mémoire à.....*

*Ma famille **SOLTANI**. Mes parents :*

*Mon Père **"MOHAMMED"**: Merci à toi pour le sacrifice opéré pour ma réussite et les différents conseils prodigués à ma personne qui m'ont forgés et ont contribué à la réalisation de ce travail. Que Dieu te récompense pour le travail bien accompli envers ma personne.*

*Ma Mère **"SIDI ABED SAFIA"** : Je te remercie pour toutes les prières et les paroles de bénédiction, le soutien que tu m'as apporté durant les moments difficiles que j'ai traversé tout au long de ma vie, merci également d'être à la fois une mère.*

*Mes Frère **"ABED, MAHFOUD, NOURDINE, EL HADJ, BRAHIME"** : je vous remercie pour le soutien que vous m'aviez apporté chacun à votre manière.*

*Mes Sœurs **"KARIMA, AOIFIA, SORIA, FATIHA"**. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.*

*A Mon oncles et sa famille **"SIDIABED"** : Merci.*

*A la famille **"BERRABAH"** : Je vous souhaite tous les bonheurs du monde et bonne chance dans tous vos projets futurs.*

***BADRANE HADJER et NATECHE BAKHTA** mon trinôme : merci de partager ce modeste travail en ma compagnie, que le bon Dieu te comble de sagesse, d'intelligence et d'un futur prometteur.*

*Mes Amies **"ZAHRA, IMEN, NAWAL, FAIROUZ, HALIMA"**. Merci beaucoup.*

*Plus que des amis **"Promo de Science du sol 2015-2016 et 2016-2017"** : Vous êtes des frères pour moi, merci pour les bons moments et de m'avoir supporté au cours des deux années passé ensemble.*

*Et ne jamais oublier ma petite famille **REDHOINE, MALEK, ILHAM, RAWAN, MOKHTAR**.*

*Et il y a beaucoup d'amis qui partager mes moments de tristesse et de rare joie, je remercie le bon Dieu de vous avoir mis sur mon chemin.*

**SOLTANI FATMA**

# Dédicaces

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,*

*A ma mère, ma raison d'être, ma raison de vivre La lanterne,*

*Qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur*

*Et d'amour.*

*A mon père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude*

*Pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait à mon égard.*

*A l'esprit de mon grand-père Rabah de ma grand-mère.*

*A mes chères sœurs : **Nour Elhouda. Belkais. Sarah**  
et à mes frères. **Mouhamed Elfateh et Khalil Elrahman***

*A toute ma famille **Badrane** et Famille **Haouachine***

*je exprimer ma gratitude à mes collègues **Fatima et Bakhta** pour  
leur patience mes circonstances tout au long de cette année et des coffres spacieux  
vous remercier très bien.*

*Je vous remercie tous ,votre soutien et ve encouragements*

*Me donent surtout **Nour Khafif et Aloui Imene***

*A tous qui ont connu près ou de loin et la promo **2016-2017** surtout la promo de la science  
du sol*

**BADRANE HADJER**

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes Parents*

*Vous avez veillé sur moi depuis ma naissance jusqu'à ce que je suis;*

*Vous m'avez assuré une vie digne;*

*Vous avez manifesté beaucoup de sacrifices afin de*

*Me voir grandir devant vos yeux.*

*Aujourd'hui, vient mon tour pour vous remercier en vous*

*Offrant ce travail qui est le fruit de vos sacrifices **Papa. Maman,***

*A l'esprit de mon grand-père **Mouhamed** de ma grand-mère **Fatma** ‘*

*A mes cheres sœurs :**Fatima-Yassmine***

*et à mon frère. **Ahmad –Ibrahim-Yassin***

*A toute ma famille **Nateche** et Famille **Malek***

*J'exprime toute ma reconnaissance à mes collègues de travail **Hadjer** et **Fatma** sa famille.*

*A tous mes amis **Fadhila, Imane, Rabia, Nacera, Nour, Aziz.***

*A tous qui ont connu près ou de loin et la promo **2016-2017** surtout la promo de la science du sol.*

**NATECHE BAKHTA**

# Remerciements

*Un grand merci, un petit merci, peu importe sa taille il n'a pas de dimension... c'est un petit mot tout simple mais qui pèse lourd quand il vient du fond du cœur.*

*Tout d'abord nous rendons grâce à "Dieu" qui nous a donné la force, la patience et le courage de m'avoir aidé à réaliser et à accomplir ce travail.*

*Nous remercions vivement notre promoteur **Mr. BENAHMED Mohamed**, qui a bien voulu assurer notre encadrement et pour ses conseils et ses encouragements tout au long de ce travail.*

*Nous remercions **Mr. DELLAL Abdelkader**, Pour l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance.*

*Nous remercions **Mr. OUADHAH Sahraoui** Pour l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.*

*Merci à **Mme. BOUCHENAFI Nadia**, chef de spécialité de Science du sol.*

*Toute fois nous adressons nos remerciements Sincères **SAMIRA** et **SAIDA** qui nous aidés et orientations toutes au long de notre activité ou laboratoire de Science du sol dans notre Université "IBN KHALDOUN" wilaya de Tiaret.*

*Nous remercions également toute l'équipe de laboratoire de l'ADE de wilaya de Tiaret.*

*Nous sincères remerciements à nos enseignants et tous les enseignants du département de science de la nature et de la vie pour leurs efforts dans notre formation tout long du cursus universitaire.*

*Nous exprimons notre reconnaissance et notre profonde gratitude à l'égard de ceux qui e près ou de loin pour assistée par leur conseils, leur encouragement et l'élaboration de cette œuvre.*

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1: Cycle générale de l'eau.....</b>	<b>05</b>
<b>Figure 2: Situation géographiques de la wilaya de Tiaret.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 3: Source de Sebain wilaya de Tiaret.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 4: Photo de Source de Sebain.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure 5: Température de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 6: pH de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 7: La Conductivité électrique de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et t J.O.R.A).....</b>	<b>51</b>
<b>Figure 8: La teneur de Calcium de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 9: La teneur de Magnésium de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 10: La teneur de Chlorure de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 11 : La teneur de Sulfate de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 12 : La teneur en Bicarbonate de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 13: La teneur en ammonium de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 14: La teneur en Nitrites de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 15: La teneur en Nitrates de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 16 : La teneur en Phosphore de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 17 : La teneur en Matière organique de l'eau de Source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 18: TDS de l'eau de Source de Sebain selon les normes de l'OMS.....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 19 : TAC de l'eau de Source de Sebain selon les normes de J.O.R.A.....</b>	<b>59</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 : Les types d'eau.....</b>	<b>06</b>
<b>Tableau 2 : Classification des eaux selon la conductivité électrique.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 3 : Relation entre minéralisation et de conductivité électrique.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 4 : La potabilité en fonction des résidus secs.....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de Source de Sebain wilaya de Tiaret.....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 6: Résultat des paramètres bactériologiques de l'eau de Source de Sebain wilaya de Tiaret.....</b>	<b>60</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**°C** : Degrés Celsius  
**°F** : Degré français  
**C** : Carbone de la matière organique ou du CO<sub>2</sub>  
**CE** : Conductivité électrique  
**dS/m** : Décisiemens par mètre  
**Ech** : Echantillon  
**EDTA** : Ethylène diamine tétracétique  
**hm<sup>3</sup>** : Hectomètre cube par seconde  
**Km** : Kilomètre  
**m** : Mètre  
**m/s** : Mètre par seconde  
**m<sup>3</sup>/s** : mètre cube par seconde  
**még/l** : Milliéquivalent par litre  
**mg/l** : Milligramme par litre  
**mm** : Millimètre  
**MO** : Matière organique  
**mol** : Mole  
**mS/cm** : Millisiemens par centimètre  
**N** : normalité  
**O.M.S** : Organisation mondiale de LA santé  
**O.N.M** : Office national météorologique  
**P** : Précipitation  
**pH** : Potentiel d'hydrogène  
**T** : Température  
**TA** : Titre alcalimétrique  
**TAC** : Titre alcalimétrique complet  
**TH** : Titre hydrotimétrique  
**THCa** : Dureté calcique  
**V** : Volume  
**µm** : Micromètre  
**FTU** : Formazing Turbidity Unit  
**E-Coli** : Escherichia Coli

# SOMMAIRE

## SOMMAIRE

## SOMMAIRE

Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	
Introduction Générale.....	01

### Première Partie : Synthèse Bibliographique

#### Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Définition de l'eau.....	03
I.2. Composition de l'eau.....	03
I.3. Cycle de l'eau.....	04
I.4. Les états de l'eau.....	05
I.5. Les Types de l'eau.....	06
I.6. Les propriétés de l'eau.....	06
I.6.1. Propriétés physiques.....	06
I.6.2. Propriétés chimiques.....	07
I.6.3. Propriétés biologiques.....	08
I.7. Répartition de l'eau dans la terre.....	08
I.8. Les eaux d'approvisionnement.....	09
I.8.1. Eaux de surface.....	09
I.8.2. Eaux souterraines.....	09
I.9. Source.....	09
I.9.1. Définition.....	09
I.9.2. Les différents types de sources.....	10
I.9.2.1. Sources d'affleurement.....	10
I.9.2.2. Sources de déversement.....	10
I.9.2.3. Sources d'émergence ou artésienne.....	10
I.9.3. Traitement de l'eau de source.....	10
I.10. Les nappes d'eau.....	10
I.10.1. Définition.....	10
I.10.2. Les Différents types de nappe.....	11
I.11. Qualité des eaux.....	11
I.12. Conséquence sur la qualité de l'eau.....	13
I.13. L'importance de l'eau.....	14
I.13.1. L'eau et l'être vivant.....	14

## SOMMAIRE

I.13.2. L'eau et d'industrie.....	14
I.13.3. L'eau et l'agriculture.....	14
I.13.4. L'eau dans les aliments.....	15
I.14. Potabilité de l'eau.....	15
I.14.1. Paramètres organoleptiques.....	15
I.14.2. Paramètres physico-chimiques.....	16
I.14.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH ».....	17
I.14.2.2. Température.....	17
I.14.2.3. Turbidité.....	18
I.14.2.4. Solides totaux dissous (TDS).....	18
I.14.2.5. Conductivité Electrique.....	18
I.14.2.6. Minéralisation globale.....	19
I.14.2.7 Résidu sec.....	19
I.14.2.8. Matières en suspension.....	20
I.14.2.9. Matières organiques dissoutes.....	20
I.14.2.10. Dioxyde de carbone libre (CO2 libre).....	21
I.14.2.11. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	21
I.14.2.12. Titre Alcalimétrique (TA et TAC).....	21
I.14.2.13. Sels Minéraux Dissous.....	21
I.14.3. Paramètres microbiologiques.....	23
I.14.3.1. Coliformes.....	23
I.14.3.2. Streptocoques fécaux.....	24
I.14.3.3. Clostridium Sulfito-réducteurs.....	24
I.14.3.4. Germes totaux.....	24

### Chapitre II : Pollution des eaux

II.1. Pollution des eaux.....	25
II.2. Les polluants présents dans l'eau.....	25
II.3. Lutte contre les pollutions.....	26
II.4. Les pollution au niveau chimique ou biologique.....	27
II.4.1. La pollution organique.....	27
II.4.2. La pollution par les détergents.....	28
II.4.3. La pollution par les métaux.....	28
II.5. Eau et santé publique.....	29
II.5.1. Maladies d'origine hydrique.....	29
II.5.1.1. Maladies d'origine bactérienne.....	29

## SOMMAIRE

II.5.1.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.....	29
II.5.1.1.2. Choléra.....	30
II.5.1.1.3. Légionelles.....	30
II.5.1.1.4. Gastroentérites aiguës et diarrhées.....	31
II.5.1.2. Maladies d'origine parasitaire.....	33
II.5.1.2.1. Protozoaires.....	33
II.5.1.2.2. Virus.....	33

### Deuxième Partie : Matériel & Méthodes

I.1. Présentation de wilaya de Tiaret.....	35
I.2. Présentation de la Source de Sebain.....	34
I.2.1. Situation de la Source "Sebain".....	35
I.3. Le climat.....	37
II. Prélèvement des échantillons.....	37
II.1. Prélèvement aux griffons des sources.....	37
II.2. Mode de prélèvement des échantillons.....	38
III. Analyses physico-chimiques.....	38
III.1. Potentiel hydrogène (pH).....	38
III.2. La température (T).....	38
III.3. La conductivité électrique (CE).....	39
III.4. L'oxygène dissous.....	39
III.5. L'alcalinité «Méthode volumétrique».....	39
III.6. Détermination du titre alcalimétrique (TA).....	39
III.7. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC).....	40
III.8. Mesure de la dureté totale et calcique.....	40
III.8.1. Dureté totale (TH).....	40
III.8.2. Détermination de la dureté calcique (THCa).....	41
III.9. Les sulfate.....	41
III.10. Détermination du calcium ( $Ca^{2+}$ ) et du magnésium ( $Mg^{2+}$ ).....	42
III.11. Dosage du sodium et du potassium.....	43
III.12. Détermination des chlorures (Cl).....	43
III.13. Détermination des Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ).....	43
III.14. Détermination de l'alcalinité ( $HCO_3^-$ ).....	43
III.15. Détermination de Matière Organique (MO).....	44
IV. Analyses biochimiques.....	44
IV.1. Dosage de l'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ).....	44

## SOMMAIRE

IV.2. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	44
IV.3. Dosage des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	44
IV.4. Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	45
V. Analyses microbiologiques.....	45
V.1. Recherche des germes indicateurs de contamination.....	45
V.1.1. Dénombrement des germes totaux.....	45
V.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes (Colimétrie).....	46
V.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	47
V.1.4. Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs.....	48

### Troisième Partie : Résultats & Discussion

I. Résultats des paramètres physico chimiques.....	49
I.1. Température.....	50
I.2. Le pH.....	50
I.3. Conductivité électrique.....	51
I.4. Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ).....	51
I.5. Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ).....	52
I.6. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).....	53
I.7. Sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ).....	53
I.8. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	54
I.9. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	55
I.10. Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).....	55
I.11. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).....	56
I.12. Phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ).....	57
I.13. Matière Organique.....	57
I.14. Totale Solide Dissous (TDS).....	58
I.15. La dureté Totale (TH).....	59
I.16. Titre Alcalimétriques (TA) et (TAC).....	59
I.17. Oxygène Dissous ( $\text{O}_2$ Dissous).....	60
II. Les paramètres bactériologiques.....	60
Conclusion générale.....	61
Références bibliographiques.....	62
Annexe.....	67
Résumé	

# **Introduction Générale**

## **Introduction**

L'eau est la substance la plus répandue à la surface de la terre dont elle couvre plus des deux tiers. L'eau se trouve souvent en quantité abondante et sculpte fréquemment même les terres dites sèches. Elle est toujours présente dans l'atmosphère sous forme de vapeur, même dans les climats les plus secs. L'eau est l'essence même de la vie, l'élément constitutif principal des plantes et des animaux. Malgré cela, l'eau demeure en quelque sorte une énigme, une substance dont les propriétés uniques restent en partie sans explication (Pauling L., 1960).

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

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

L'eau de source étant une eau issue des nappes phréatiques souterraines, elle n'est pas polluée et ne contient pas ou très peu de nitrates contrairement aux eaux provenant des nappes de surface. L'eau de source est donc une eau pure et naturelle dont la composition s'avère bénéfique pour la santé.

En effet, bien que retrouvés à des concentrations différentes selon les régions, les minéraux présents dans les eaux de source sont indispensables au bon fonctionnement de notre corps. Découvrons ensemble pourquoi votre eau de source peut devenir un excellent complément alimentaire. Les eaux souterraines constituent un stock important d'eau pour l'humanité, leurs qualités irréprochables font d'elles les plus convoitées pour l'approvisionnement en eau potable des collectivités.

Dans la région de Sebain située au Sud-ouest de la ville de Tiaret, la source « Sebain » approvisionne une bonne partie de la population du fait qu'elle coule avec un débit presque constant. Le thème que nous avons développé est dans le cadre de la protection et la sécurité alimentaire, et notamment l'eau qui est le plus consommé par tous les êtres vivants. Notre travail est une contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et

bactériologique des eaux de sources d'eau de Sebain située dans la région du Tiaret et qui constituent un moyen d'approvisionnement des populations riveraines.

La présente étude est structurée en trois parties :

❖ Dans la Première Partie : Synthèse Bibliographique

Une synthèse bibliographique sur les paramètres de qualité et la méthodologie d'étude des eaux de sources.

➤ Chapitre I: Généralités sur l'eau

➤ Chapitre II: Pollution des eaux

❖ Dans la Deuxième Partie : Matériel & Méthodes

➤ Présentation de la zone d'étude

➤ expose les matériels et méthodes utilisés dans la présente étude, pour évaluer la qualité physico chimique et bactériologique des eaux échantillonnées.

❖ Troisième Partie Résultats & Discussion est consacré aux différents résultats et leurs interprétations.

Enfin, une conclusion générale et des recommandations seront données

**Première Partie**  
**Synthèse Bibliographique**

# **CHAPITRE I**

## **Généralités sur l'eau**

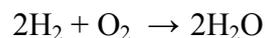
## Chapitre I : Généralités sur l'eau

### I.1. Définition de l'eau

L'eau est le monde de la vie, l'élément indispensable à fixer en un lieu toute population, la source des activités agricoles, la substance la plus consommée par les industries et l'économie domestique au quotidien. Mais l'eau sait aussi détruire, ravager les littoraux par ses raz-de-marée ou inonder de vastes portions de terrain lors de crues. L'homme sait donc qu'il faut également s'en prévenir (Armand C., 2003).

L'eau, une molécule originale, un composé vital, un véhicule fatal, un enjeu mondial ou une question de chimie banale. L'eau est tout à la fois : une originalité physique, une curiosité chimique et par la même un véhicule de pollution, mais aussi une richesse et donc un enjeu économique. (L'eau est la chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie mais elle peut facilement être corrompue) (Mireille D., 1996).

L'eau est formée d'oxygène et d'hydrogène, on ne les sait que depuis deux siècles : deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène donnent deux volume d'eau.



Dans cette petite molécule si simple, chacun des atomes d'hydrogène apporte à l'oxygène son électron unique, complétant ainsi à huit la couche externe des électrons de l'oxygène pour constituer deux liaisons de valence simple, très stables, faisant un angle de 104,45°.

La molécule d'eau mesure 0,343 nanomètre et une mole d'eau (1 mole =  $6,022 \cdot 10^{23}$  molécule élémentaires) pèse 18 g (Jen-Louis C., 2012).

L'eau joue un rôle important pour la vie, la santé, l'accès à l'hygiène et au confort. Elle constitue d'un autre côté le vecteur de nombreuses maladies à transmission hydrique comme la brucellose, la tuberculose, la fièvre typhoïde, le choléra et les diarrhées, pour ne citer que ces quelques maladies qui tuent des milliers de personnes chaque année à travers le monde (Ouahdi A., 1995).

### I.2. Composition de l'eau

La structure moléculaire de l'eau et sa charge ont de nombreux effets géographiques. Les propriétés de l'eau pure sont à l'origine des échanges à plusieurs échelles entre l'eau et

l'atmosphère et entre les différentes masses d'eau. Les substances dissoutes ajoutent à la stratification des eaux (Laurent T., 2003).

### a) Composition chimique

L'eau est un corps composé, constitué des éléments oxygène et hydrogène. Ces deux éléments existent chacun sous trois formes isotopiques :

$^1_1\text{H}$  (Hydrogène),  $^2_1\text{H}$  (deutérium),  $^3_1\text{H}$  (tritium) d'une part et  $^{16}_8\text{O}$ ,  $^{17}_8\text{O}$ ,  $^{18}_8\text{O}$  d'autre part.

Les proportions relatives des isotopes  $^3_1\text{H}$ ,  $^{17}_8\text{O}$  et  $^{18}_8\text{O}$  sont très faibles. L'eau donc un mélange de trois molécules,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  et  $\text{HDO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  constituant la fraction la plus importante du mélange (> 99,99%). La proportion d'eau lourde  $\text{D}_2\text{O}$  est de l'ordre de 1/5500 (Mohand, Saïd O., 2001)

### b) Structure de la molécule d'eau

La composition chimique et la masse molaire de l'eau ne peuvent pas expliquer ses propriétés spécifiques.

Caractéristiques géométriques :

- La molécule H-O-H est coudée,
- Angle de valence de  $105^\circ$ ,
- Distance internucléaire H-O =  $0,958 \text{ \AA}$

D'après (Mohand et Saïd O., 2001), La différence d'électronégative entre l'oxygène et l'hydrogène confère à la molécule d'eau un moment dipolaire  $\mu = 1,86 \text{ D}$  (gaz) et  $\mu = 2,01$  à  $3,0 \text{ D}$  (liquide).

## I.3. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau pris dans son ensemble regroupe deux branches bien distinctes, le cycle couplées entre elles : le cycle de l'eau dans l'atmosphère d'une part, le cycle de l'eau dans le sol d'autre part. La première branches, atmosphérique, est la partie la plus visible du cycle (nuages, précipitation...), elle est caractérisée par une circulation rapide de l'eau, essentiellement sous forme vapeur (le temps moyen de résidence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère est de l'ordre de 8 jours), et elle interagit directement avec le fonctionnement de l'atmosphère elle-même. Par contraste, le cycle de l'eau dans le sol se passe essentiellement en phase liquide, il est marqué par une vitesse de circulation de l'eau relativement lente, et l'eau qui parcourt cette branche du cycle est pour un temps soustraite à toute interaction avec

la branche atmosphère. Du fait même de la présence de deux branches distinctes du cycle, les processus physiques qui se produisent à leur interface revêtent une grande importance comme nous le verrons (Gerard G., 1999).

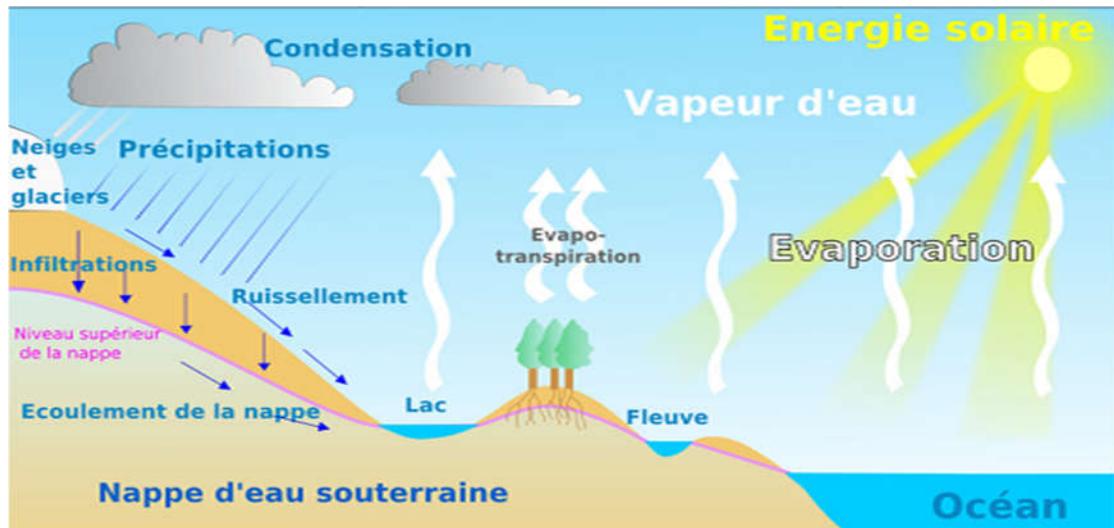


Figure 01 : Cycle général de l'eau (site internet 1).

Si l'on excepte l'eau contenue dans la lithosphère, qui ne participe pas aux échanges dans les mêmes ordres de grandeur temporels, la terre compte environ un milliard de milliards de kilomètres cubes d'eau. Ce volume est, à l'échelle de temps humains, immuable. Il est composé de masse d'eau de formes différentes, liquide, solide et gazeuse, dont la répartition géographique est distincte. Le cycle de l'eau est succession des phénomènes permettant à l'eau de passer d'une forme à l'autre et d'un lieu à l'autre. Le terme porte une connotation de circuit en boucle, bien que le transfert subisse de nombreux arrêts et décalages. La rétention procède de plusieurs échelles de temps (Laurent T., 2003).

#### I.4. Les états de l'eau

Les trois états physiques de l'eau

➤ **L'état liquide** : est caractérisé par une forme non définie (qui est la plus souvent celle du récipient qui le contient). Il a, contrairement aux gaz, une surface libre horizontale, mais, comme les gaz, il a la propriété de couler (Mireille D., 1996). Au cours de la fusion de la glace, les liaisons hydrogène se rompent, le cristal s'effondre et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4°C sous 1 atmosphère (Mohand et Saïd O., 2001).

➤ **L'état gazeux** : est caractérisé par une absence de forme et de physiques (s'il n'est pas enfermé dans un récipient), de plus un gaz peut « couler ». L'exemple le plus courant est celui de l'air ambiant (Mireille D., 1996).

➤ **L'état solide** : est caractérisé par une forme définie ; il ne coule pas. On distingue les solides cristallins ou les atomes, les ions ou les molécules qui le composent sont rangés régulièrement (glace sucre), et les solides amorphes ou les molécules qui le composent ne sont pas rangés régulièrement (le verre d'une vitre, le beurre). A l'état solide, nous connaissons la glace, la neige et le givre, il s'agit de différents solides eau à basse température (Mireille D., 1996).

## I.5. Les Types de l'eau

**Tableau 01: Type d'eau (Boualem R., 2007).**

Type d'eau	Volume (millions de km <sup>3</sup> )
Glaciers	27,5
Eaux souterraines	8,2
Humidité des sols	0,007
Lacs d'eau douce	0,1
Rivières	0,017
Mers intérieures	0,105
Atmosphère	0,013
Biosphère	0,0011

## I.6. Les propriétés de l'eau

### I.6.1. Propriétés physiques

Nous avons brièvement vu que l'eau possède un certain nombre de propriétés dues à la relation covalente d'une part et, d'autre part, à la liaison hydrogène existante entre les molécules d'eau. Au-delà des aspects moléculaires de l'eau, la première propriété physique de ce corps est bien évidemment sa mobilité, son aptitude à s'écouler, à s'étaler dans l'espace et remplir aisément les récipients. Cette propriété de mobilité est fondamentale et l'observation de l'eau et de ses mouvements a été au cœur des développements de la mécanique des fluides, que ce soient des gaz ou des liquides. Cette mobilité est due, et ceci bien que certains chercheurs ne soient pas tout à fait d'accord sur les processus physiques sous-jacents, aux liaisons hydrogène. En effet, cette mobilité est parfois assimilée à la rupture des liaisons puis

en leur recombinaison ou encore parfois, à la déformation possible des liaisons sans autant qu'il y ait un mécanisme de rupture (Andre M et Christophe H., 2004).

Parmi les autres propriétés physiques de l'eau, nous avons déjà évoqué le fait que la masse volumique de la glace est plus faible que celle de l'eau. En fait, la densité maximale de l'eau est obtenue pour une température de 3,984 degrés Celsius (Andre M et Christophe H., 2004).

On soulignera encore qu'à l'exception de l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , l'eau est le corps qui possède la plus grande chaleur spécifique. Ceci explique sa mauvaise conductivité thermique d'une part et, d'autre part, sa grande capacité régulatrice en terme climatique. Cette capacité régulatrice est encore renforcée par des valeurs de chaleur latente de fusion et de chaleur d'ébullition très élevées. Il s'ensuit qu'il est donc nécessaire d'aborder une grande quantité de chaleur à l'eau pour augmenter sa température ainsi que pour l'évaporer (Andre M et Christophe H., 2004).

Enfin, rappelons encore que l'eau se présente comme un liquide claire, incolore sous faible épaisseur, bleu verdâtre sous forte épaisseur et inodore (Andre M et Christophe H., 2004).

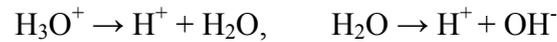
### **I.6.2. Propriétés chimiques**

L'eau est un excellent solvant. En effet, l'eau est le liquide qui dissout le plus grande nombre de substances. Ceci explique le fait que l'eau soit un milieu favorable au développement de la vie puisque l'on y trouve un grand nombre d'éléments primaires qui lui sont nécessaires. De plus, la dissolution des gaz dans l'eau permet par exemple aux poissons de respirer puisqu'ils vont pouvoir extraire l'oxygène dissous. La salinité de l'eau de mer résulte également du pouvoir dissolvant de l'eau. Ce pouvoir dissolvant est dû à sa forte constante diélectrique qui est définie comme le rapport entre l'intensité d'un champ électrique dans le vide et le champ dans le corps considéré (Andre M et Christophe H., 2004).

En guise d'illustration, le constant diélectrique de l'eau à température ordinaire est de 80, c'est-à-dire que deux charges électriques opposées s'attirent avec une force qui est 80 fois plus faible que la force d'attraction dans le vide (Andre M et Christophe H., 2004).

Un second aspect particulier de l'eau est son caractère amphiprotique. L'eau doit être considérée non seulement comme une base c'est-à-dire comme producteur d'ions  $\text{OH}^-$  mais aussi comme un acide, c'est-à-dire comme un producteur d'ions  $\text{H}^+$ . la déshydratation de l'ion hydronium  $\text{H}_2\text{O}^+$  qui est un acide conduit à considérer l'eau comme sa base conjuguée tandis

que la dissociation de l'eau montre que l'ion  $\text{OH}^-$  peut être considéré comme la base conjuguée tandis que la dissociation de l'eau montre que l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  peut être considéré comme la base conjuguée de l'eau, alors vue comme en acide. Les deux relations suivantes illustrent cette propriété (Andre M et Christophe H., 2004) :



### I.6.3. Propriétés biologiques

S'il ne nous appartient pas ici développer de manière détaillée le rôle de l'eau dans les mécanismes de l'apparition de la vie sur terre et son maintien, il n'en reste pas moins qu'il est nécessaire de souligner l'importance de l'eau pour le milieu vivant. On considère généralement que l'atmosphère primitive de la terre était constituée d'un mélange d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de carbone. Cette composition a permis la formation de molécules très stables telles que le méthane, l'ammoniac et l'eau qui sont à l'origine des constituants élémentaires indispensables à la vie. L'eau va ainsi jouer un rôle fondamental dans les réactions qui vont conduire à la formation d'acides aminés (Andre M et Christophe H., 2004).

A titre d'illustration, la combinaison de l'eau et du méthane permet d'obtenir une molécule de formaldéhyde qui, combinée avec de l'acide cyanhydrique (mélange de méthane et d'ammoniac), conduit à la formation d'un acide aminé simple, la glycine. D'un autre côté, l'addition de cinq molécules de formaldéhyde donne du ribose tandis que l'addition de cinq molécules d'acide cyanhydrique forme de l'adénine (Andre M et Christophe H., 2004).

Un second exemple du rôle «biologique» de l'eau réside dans le mécanisme de transformation de l'énergie solaire en énergie chimique essentiel au fonctionnement du milieu vivant. Cette réaction, la photosynthèse, utilise du gaz carbonique et de l'eau pour former une molécule de glucose. L'eau constitue ainsi une source d'électrons mais aussi d'oxygène gazeux nécessaire à la respiration (Andre M et Christophe H., 2004).

### I.7. Répartition de l'eau dans la terre

D'après (Friedli C., 2002), L'eau est de loin le liquide le plus abondant sur la terre dont elle recouvre les 72% de la surface, représentant un volume total estimé à  $1,4.10^9 \text{ Km}^3$ . Les mers et les océans représentent 97, 4% de la totalité des eaux terrestres. Les quatre cinquièmes des eaux dites douces sont constitués par les sommets enneigés et les glaciers et la quasi-totalité du cinquième restant est localisé dans des nappes phréatiques. L'eau indispensable à la

survie de l'espèce vivante terrestre, représente donc moins d'un pour cent de l'eau douce soit environ 0,014% de l'eau totale.

C'est pourquoi il est impératif que ce bien de l'humanité soit protégé et utilisé avec le plus grand respect dans le sens de développement durable, défini comme le développement qui couvre les besoins de la société actuelle sans détruire pour autant les possibilités des générations futures de découvrir leur propre besoin (Friedli C., 2002).

## **I.8. Les eaux d'approvisionnement**

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières) (Degremont G., 2005).

### **I.8.1. Eaux de surface**

Les eaux de surface qui circulent ou sont stockées à l'air libre proviennent soit de l'émergence de nappes souterraines sous forme de source, soit de la pluie qui ruisselle avant de s'infiltrer dans le sol. Leur température et leur niveau sont variables selon les saisons et les précipitations; leur goût, leur odeur et leur composition chimique dépend des terrains dont elles altèrent les composants sur leur parcours. Les eaux de surface des cours d'eau sont très mobiles, celles des lacs et des retenues de barrages sont quasi immobiles (Jen-Louis C et Maryvonne P., 2012).

### **I.8.2. Eaux souterraines**

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des eaux d'infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellentes qualités physico-chimiques et bactériologiques (Cardot C., 1999). D'après (Margat J, 1992), elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable.

## **I.9. Source**

### **I.9.1. Définition**

Contre-plongée sur le bassin, regard équivoque de la cariatide au sourire empreint de séduction, à la chair suave et à la chevelure qui file comme l'eau vive, tel est l'archétype de la Source, peint par Ingres. Couler de source, tenir de bonne source, citer ses sources, source de vie ou source d'ennui, autant d'expressions qui définissent la source comme première origine visible d'une entité qui va vivre sa vie (Jen-Louis C et Maryvonne P., 2012).

## **I.9.2. Les différents types de sources**

### **I.9.2.1. Sources d'affleurement**

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

### **I.9.2.2. Sources de déversement**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (Bonnin J, 1982).

### **I.9.2.3. Sources d'émergence ou artésienne**

Qui sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (c'est sources sont plus susceptibles de tarissement). Leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe et des précipitations saisonnières (Bouziani M, 2006).

## **I.9.3. Traitement de l'eau de source**

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine.

Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer et le manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (Lunc J. et Lagradette M., 2004).

## **I.10. Les nappes d'eau**

### **I.10.1. Définition**

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (Pomerol C. et Renard M., 1997).

«L'aquifère», ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (Kettab A., 1992).

### I.10.2. Les Différents types de nappe

#### a) Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (Bonnin J., 1982).

#### b) Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive (Bonnin J., 1982).

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

✓ Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.

✓ Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (Dupont A., 1974).

### I.11. Qualité des eaux

**a) Qualité physique :** La plupart des eaux naturelles transportent des éléments minéraux ou organiques en suspension, susceptibles d'obstruer les filtres, les pompes ou les équipements de distribution, de se déposer dans les réservoirs et les canaux et sur les terres irriguées (Marc S et *al.*, 2007).

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépend de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension et, en quantité limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération de micro-organismes. Les particules minérales, à l'exception colloïdes d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou filtration (filtre à sable et filtre à tamis). La petite taille des micro-organismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit être accompagnée d'un traitement chimique. L'eau souterraine ne contient en général que peu d'éléments minéraux et organiques en suspension, mais peut présenter des concentrations en fer ou en calcium élevées (Marc S et *al.*, 2007).

La température optimale de l'eau d'irrigation est de l'ordre de 20 à 25°C. Un arrosage effectué avec une eau plus chaude ou plus froide peut porter préjudice aux cultures, en

particulier en aspersion par grosse chaleur, si une eau froide est pulvérisée sur le feuillage surchauffé. En irrigation localisée, la température de l'eau et son effet sur la viscosité peuvent affecter les débits délivrés si bien que ce paramètre doit être pris en compte lors du dimensionnement des installations (Marc S et *al.*, 2007).

**b) Qualité chimique :** La présence de substances dissoutes dans l'eau (notamment fer et calcium) peut également être à l'origine de phénomènes de colmatage des distributeurs ou présenter un risque de corrosion des parties métalliques (Marc S et *al.*, 2007).

Par ailleurs, la qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédo-climatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physico-chimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modifications de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, accroissement du pH, etc.). A cela s'ajoute l'effet nocif de certains ions (B, Cl, Na, etc.) à l'égard de la croissance des plantes et des nuisances diverses, telles que l'influence d'un excès d'azote sur l'apparence et la qualité de certains fruits et légumes (betteraves, vigne, agrumes, etc.) (Marc S et *al.*, 2007).

**c) Qualité biologique :** La présence micro-organismes (algues, bactéries, champignons, etc.) peut contribuer à colmater les orifices de distribution en irrigation localisée, voire même à obturer plus ou moins gravement les conduites (Marc S et *al.*, 2007).

**d) Qualité de l'eau d'alimentation :** La qualité de l'eau d'alimentation est régulièrement mise en question ces dernières années (Cruyter K. et Deneg K., 1993). Elle est considérée souvent comme un symbole de pureté, l'eau est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et est soumise aux normes de qualité les plus sévères (Defrancheschi M., 1996).

**e) Qualité des eaux souterraines :** Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (Unicef, 1999). Elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire (Fiambsch, 1998). Dans la réalité, les eaux souterraines sont rarement stables tout au long de l'année. Il faut étudier leur évolution surtout pendant les précipitations importantes où elles peuvent devenir troubles ou même être souillées par une nappe phréatique d'une rivière voisine. Elles peuvent être également polluées à partir du sol par des épandages de pesticides et des rejets d'eau

résiduaire d'origine animale ou humaine. Si cette pollution est plus rare et plus limitée d'ordinaire dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface, les accidents ont un effet plus durable sur la première, étant donné les faibles vitesses de percolation et la teneur à retrouver l'équilibre perdu (Gaujour D., 1995).

### **I.12. Conséquence sur la qualité de l'eau**

Les conséquences sur la qualité des eaux sont de différente nature :

1. La plus importante est l'accroissement de la matière organique et des nutriments. Même si l'augmentation de la concentration en matière organique dissoute, exprimée en carbone organique dissous (COD), peut être reliée dans certains cas à la diminution des précipitations acides (Montheilhe D *et al.*, 2007). Et composés phosphorés (Arheimer B *et al.*, 2005). La saturation des sols et le transport de particules de sol peuvent notamment expliquer le phénomène. Corrélativement, l'accroissement du COD entraînera une difficulté supplémentaire pour la production d'eau potable à partir d'eau de surface (surtout pour les petites unités) et une augmentation des risques liés aux sous-produits de désinfection (Wiender C *et al.*, 2007).

2. La deuxième est l'accroissement prévisible des crises de cyanobactéries, liées à la problématique du phosphore et de l'azote, mais aussi et surtout à l'augmentation de la température et des fortes précipitations. Une étude récente (Wiender C *et al.*, 2007). A montré que l'accroissement de la biomasse algale peut être d'autant plus important que la croissance des cyanobactéries peut reprendre tôt dans l'année, ce qui est attendu dans le futur proche du fait de l'élévation de température. Comme précédemment, le traitement des eaux sera plus difficile avec la présence possible de cyanotoxines.

3. La modification du régime hydrique devrait se traduire par la diminution du nombre de jours de pluies mais par un accroissement de leur intensité. Ceci pourra se traduire par une forte augmentation des effets de ruissellement, d'érosion et de transport solide. Par exemple l'entraînement des formes réduites de l'azote (azote Kjeldahl : ammoniacal + organique) est beaucoup plus important pendant une forte pluie, par écoulement de surface mais aussi par drainage, dans des zones forestières (Bhat S *et al.*, 2007). Corrélativement, les périodes de sécheresse peuvent avoir des impacts négatifs sur l'oxygène dissous, l'eutrophisation, ou les concentrations de certaines substances, et des impacts positifs sur les nitrates et métaux adsorbés sur les particules comme le plomb ou le mercure (Van V *et al.*, 2008).

4. Enfin, le risque associé aux maladies hydriques provoquées par les changements climatiques ne peut être écarté, même si peu d'études en font état (Charron D et *al.*, 2004). À titre d'exemple, l'épidémie de Walkertown au Canada pourrait s'expliquer par la survenue d'un épisode de pluies exceptionnellement fortes après une période de sécheresse. Les chercheurs ont établi que plus de la moitié des épidémies de maladies d'origine hydrique qui se sont déclarées aux Etats-Unis entre 1948 et 1994 avaient été précédées d'épisodes de précipitation intenses (Curriero F et *al.*, 2001). Il est également possible que l'élévation des températures accentue les problèmes de contamination de l'eau, notamment par la prolifération des algues ou de micro-organismes (Olivier T., 2009).

### **I.13. L'importance de l'eau**

L'eau a une importance considérable car d'une part, elle intervient dans la nutrition des plantes à la fois directement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous et d'autre part c'est l'un des principaux facteurs de la pédogenèse qui conditionne la plus part des processus de formation des sols (Duchaufour Ph., 1988).

#### **I.13.1. L'eau et l'être vivant**

L'eau est le constituant major des êtres vivants, elle assure l'alimentation et le drainage cellulaire. L'eau intervient dans la dégradation des macromolécules (phénomène d'hydrolyse), comme elle s'intègre aux structures colloïdales lors de reconstruction des molécules nouvelles. Elle intervient aussi dans la photosynthèse car elle consiste à utiliser l'énergie solaire pour briser la molécule d'eau en O<sub>2</sub> et en hydrogène, cette dernière constitue une force réductrice destinée à transformer le gaz carbonique en hydrates de carbonés (Zella L et Smadhi D., 2006).

#### **I.13.2. L'eau et d'industrie**

D'après (Blieffert et Perraud., 2008), dans l'industrie, l'eau a de multiples fonctions par exemple : est une substance primaire de refroidissement ou un milieu réactionnel (exemple : dans l'industrie chimique), l'eau est utilisée comme moyen d'alimentation et d'évacuation un moyen de transport des substances polluantes jusqu'à la mer par les cours d'eau, ainsi que pour la circulation des véhicules et le transport.

#### **I.13.3. L'eau et l'agriculture**

Les besoins agricoles sont très importants pour le développement de l'élevage et de l'agriculture afin d'assurer une autosuffisance alimentaire. Pour l'irrigation, les besoins

varient selon les régions et selon le type de plante (de 360 à 760 ml d'eau au m<sup>2</sup> pour le blé) (Bouziani M., 2000).

#### **I.13.4. L'eau dans les aliments**

D'après (Benedicte R., 1997), L'eau représente le constituant le plus abondant de nos aliments à l'état naturel, graines exceptées. Elle a par conséquent un rôle essentiel dans les caractéristiques physico-chimiques et propriétés des denrées végétales et animales dont nous nous nourrissons.

#### **I.14. Potabilité de l'eau**

L'eau potable doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, divisés en différents groupes: les qualités organoleptiques (odeur, couleur, saveur), les éléments microbiologiques (virus, bactéries), les substances indésirables (nitrate, fluor), toxiques (chrome, plomb), les pesticides ainsi que la composition naturelle de l'eau (pH, taux de calcium,...) (Encyclopédie Médical., 1997).

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (Hubert P. et Marin M., 2001).

##### **I.14.1. Paramètres organoleptiques**

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Genoudet., 2001).

###### **a. Couleur :**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier J et *al.* ,2009).

Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/l de platine cobalt (Lefèvre J.G., 1991).

**b. Odeur :**

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

Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation et celle-ci a donc un caractère personnel. L'eau potable doit être sans odeur, non seulement au moment du prélèvement, mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 26°C. Les odeurs proviennent soit des produits chimiques, soit de matière organiques en décomposition, soit de protozoaires, soit d'organismes aquatiques (Rodier J et al. ,2009).

**c. Goût et saveur :**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier J et al. ,2009).

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier J., 2005).

**I.14.2. Paramètres physico-chimiques**

La régularité des maladies d'origine hydrique dues aux pathogènes microbiologiques peut avoir des manifestations rapide et/ou à court terme suivant le type de microbe. De même les contaminants chimiques de l'eau peuvent engendrer aussi d'épidémies qui ne sont à majorité détectable à long terme après la contamination du point d'eau comme dans le cas de l'arsenic. Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau destinée à la consommation est nécessaire pour s'assurer que leur teneur demeure en deçà des valeurs pouvant engendrer une toxicité chez l'homme comme stipulé par les normes de qualité des eaux potable de l'OMS (OMS, 2006).

Les paramètres régulièrement suivi lors des contrôles de qualité physico-chimiques comprennent : la turbidité, le pH, la température, les teneurs en pesticides et en minéraux qui

présentent des risques néfastes pour la santé tels que les nitrates, l'arsenic, le plomb, et les ions métalliques en solution (Miquel G, 2003).

#### **I.14.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »**

L'eau naturelle pure est neutre. Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre (Rodier J., 2005).

Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs la chloration diminue le pH (Rodier J., 1996).

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire). Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6,5 et 8,5 dans les eaux naturelles (Ghazali et al, 2013).

#### **I.14.2.2. Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH ...etc (Rodier J., 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS., 1994). Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier J., 2005).

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Ghazali et al, 2013).

**I.14.2.3. Turbidité**

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (Lanteigne J., 2003).

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis L., 2005).

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (Jean J.C., 2002).

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (Rodier J., 2005).

La turbidité se mesure en unité néphélogéométrie. (NTU) (Lanteigne J., 2003). Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité. La turbidité se mesure en unité néphélogéométrie (NTU) (Ghazali et *al.*, 2013).

**I.14.2.4. Solides totaux dissous (TDS)**

Les TDS rendent compte de la quantité de substance minérale dans l'eau. La concentration des TDS dans l'eau varie considérablement dans différentes régions géologiques à cause de la différence de solubilité des minéraux (OMS., 2006).

**I.14.2.5. Conductivité Electrique**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier J., 2005).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane., 2000).

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre (μS/cm) (Gaujour D., 1995).

**Tableau 2 : Classification des eaux selon la conductivité électrique (Rodier J., 2005).**

Type d'eaux	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

#### I.14.2.6. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (Degremont G., 1990).

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (Rodier J., 2005).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier J., 2009).

**Tableau 3: Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique (Kemmer., 1984).**

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation très faible
100 < C.E < 200 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation faible
200 < C.E < 333 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation importante
C.E > 1000 $\mu\text{s} / \text{cm}$	Minéralisation élevée

#### I.14.2.7. Résidu sec

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (Rodier J., 2005).

Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (WHO., 1994).

**Tableau 4: La potabilité en fonction des résidus secs (Rodier J., 2005).**

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

#### **I.14.2.8. Matières en suspension**

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (Satin M. et Selmi B., 1999).

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (Rodier J., 2005).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (Degremont G., 2005).

#### **I.14.2.9. Matières organiques dissoutes**

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (Codex Stan et Coin., 1981).

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales (Codex Stan et Coin., 1981).

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (Jean J.C., 2002).

**I.14.2.10. Dioxyde de carbone libre (CO<sub>2</sub> libre)**

D'après (Dupont A., 1974), Le gaz carbonique CO<sub>2</sub> joue un rôle important dans la chimie des eaux, le CO<sub>2</sub> combiné à l'eau, possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium.

**I.14.2.11. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)**

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (Marcel F.R., 1986).

Le TH peut subdiviser en T Ca (titre calcique) et T Mg (titre magnésien) :

$T\ Ca + T\ Mg = TH$  (Berne F. et Cordonnier J., 1991).

**I.14.2.12. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH<sup>-</sup> » et une valence de carbonates. Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogène carbonates (Berne F. et Cordonnier J., 1991).

**I.14.2.13. Sels Minéraux Dissous****❖ Ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) :**

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

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (Mercier J., 2000).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium (Rodier J., 2005).

**❖ Ions Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) :**

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

**❖ Ions de Sodium ( $\text{Na}^{2+}$ ) :**

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

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

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

**❖ Ions de Potassium ( $\text{K}^+$ ) :**

Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (Mercier J., 2000).

Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (Kemmer F., 1984).

**❖ Ions Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniacque ( $\text{NH}_4^+$ ) (Gaujour D., 1995).

**❖ Ion Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) :**

Le fer se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Ce méta là l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 À 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier J., 2005).

**❖ Ions Carbonates et Bicarbonates ( $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )**

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du  $\text{CO}_2$  à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier J., 2005).

**❖ Ions Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :**

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier J., 2005).

**❖ Ions Sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) :**

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

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

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

**❖ Ions nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Gaujour D., 1995).

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

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (Coulais J.M., 2002).

Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (Ganjour D., 1995).

**I.14.3. Paramètres microbiologiques**

Une eau potable ne doit pas contenir d'organismes pathogènes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires, ou des champignons. La détection de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination d'origine fécale. La présence de ces germes pathogènes dans une source d'approvisionnement en eau peut engendrer des épidémies de maladies d'origine hydrique (Ouandaogo., 2008).

**I.14.3.1. Coliformes**

En générale : tout bacille Gram-négatif, non-sporulant, anaérobie facultatif, capable de fermenter le lactose dans les 48 heures, avec formation d'acide et de gaz, à 37°C (Paul S., 2005).

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* présumé » 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 C.M. et Mesclé J., 1996).

#### **I.14.3.2. Streptocoques fécaux**

Ils 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 C.M. et Mesclé J., 1996).

Sous la dénomination générale de «Streptocoques fécaux», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (Rodier J., 2005).

#### **I.14.3.3. Clostridium sulfito-réducteurs**

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 C.M. et Mesclé J., 1996).

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

#### **I.14.3.4. Germes totaux**

Ce sont des germes qui 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 C.M. et *al.*, 1991).

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (Rodier J., 2005).

# **CHAPITRE II**

## **Pollution des eaux**

**Chapitre II : Pollution des eaux****II.1. Pollution des eaux**

L'abondance apparente de l'eau dans le monde a donné la fausse impression dans le passé qu'elle était une ressource inépuisable : elle était gaspillée. De plus, les besoins en eau à la surface du globe subissent un formidable accroissement avec le développement économique et démographique des pays. Entre 1950 et 1980 la consommation mondiale d'eau a juste doublé, mais un Français consomme trois fois moins d'eau qu'un Américain, mais sept fois plus qu'un Africain. Cette consommation accrue est accompagnée d'une inévitable augmentation des rejets ménagers, agricole ou industriels et donc de la pollution. Il n'y a pas si longtemps, les lacs, les rivières et les fosses marines étaient considérés comme des poubelles, puis la période du traitement des eaux est intervenue avec l'augmentation du nombre des stations d'épuration. De nos jours, le problème de la prévention se pose : nous sommes à l'époque l'anti-pollution (Mireille D., 1996).

L'eau, compte tenu de ses propriétés physico-chimiques, est trop souvent utilisée comme un vecteur d'évacuation de déchets ; ainsi polluée, elle devient alors un vecteur de pollutions. Cette situation fréquemment rencontrée est d'autant plus regrettable que l'eau est le principal élément constitutif des êtres vivants et des végétaux (Emilian K., 2004).

Jadis, les polluants étaient essentiellement d'origine ménagère et facilement biodégradable. Pour préserver son équilibre, la nature évacue les déchets selon un cycle bien défini. Mais les régions très peuplées ou industrielles menacent cette harmonie. Les eaux douces et océaniques sont devenues le réceptacle de pollutions multiples chimiques, organiques, radioactives, microbiologiques d'origine variées : urbaine, industrielle, agricole. (Emilian K., 2004).

**II.2. Les polluants présents dans l'eau**

Les eaux usées véhiculées par le réseau d'assainissement contiennent toutes sortes de résidus rejetés par les utilisateurs de l'eau courante, citoyens, industriels, mais aussi de l'eau de pluie après ruissellement sur les chaussées, trottoirs et toitures de la ville. On trouve dans ces eaux résiduaires des flottants, des matières en suspension et des matières dissoutes (Emilian K., 2004).

On distingue plusieurs catégories de polluants :

- Les *sels minéraux* représentent, à la fois par les masses mise en cause et par leurs effets biologiques, des polluants majeurs. Ils nuisent à la potabilité des eaux superficielles et même aux usages industriels si leur concentration est importante.

- Les *acides et alcalis*, déchargés par l'industrie chimique et d'autres installations industrielles, sont indésirables non seulement pour les activités récréatives (nage, pêche, navigation) mais aussi pour la vie aquatique. Il est généralement admis que, pour la survie des poissons, le pH doit se situer dans une fourchette comprise entre 4,5 et 9,5. Le fonctionnement d'une station d'épuration est également perturbé par la présence de ces polluants car, dans le cas de certains coagulants, ils gênent la formation de floc (Emilian K., 2004).

- Les *matières en suspension* (MES) désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent. Les MES diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu, et les espèces animales en souffrent (Emilian K., 2004).

- Les *matières organiques* (MatO) sont tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, le sucre ou le lactosérum des industries agroalimentaires. À l'inverse des MES, ces matières constituent une nourriture de choix pour les micro-organismes (MO) de l'eau et provoquent leur prolifération. Les MO se mettent alors à vider le milieu se retrouve totalement vidé de son oxygène, les MO vont le chercher dans les sulfates dissous ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène en engendrant une odeur d'œufs pourris (Emilian K., 2004).

Les mélanges de polluants peuvent avoir des effets plus dangereux que les polluants pris isolément et aux mêmes doses, à la suite de réactions souvent difficiles à prévoir (Emilian K., 2004).

### II.3. Lutte contre les pollutions

Les pollutions de l'eau, de l'air et de sol, la production de déchets, les bruits, les odeurs ont été longtemps considérées comme des conséquences inévitables de l'activité humaine de production et de consommations. La nécessité d'épuration et d'économie s'est cependant progressivement imposée et la triptyque gestion rationnelle des matières premières,

économie d'énergie, protection de l'environnement est devenue l'une des priorités des nations industrialisées et, en même temps, la règle de base de tout nouveau développement (Emilian K., 2004).

La lutte pour la sauvegarde de l'environnement implique des mesures à deux niveaux, juridique (prévention) et technique (assainissement), ainsi que la poursuite d'un programme international de recherches et de développement. En vingt ans, la pollution industrielle a été réduite de 50%. Et par rapport à la pollution à laquelle on aurait pu s'attendre si rien n'avait été fait, on estime la réduction à 80 % (Emilian K., 2004).

Après avoir diminué pendant plusieurs années, le niveau de pollution industrielle a tendance à se stabiliser. Pour progresser et réduire ce seuil, il faut agir sur la performance et la sécurité de fonctionnement des installations de dépollution, d'autant plus qu'on observe ces dernières années deux phénomènes aggravants : la concentration des unités industrielles d'une même société et le regroupement d'activités industrielles diverses au sein de zones industrielles en périphérie de villes (Emilian K., 2004).

Dans un contexte réglementaire évolutif, la *prévention* se traduit par des normes de rejets de polluants de plus en plus sévères (Emilian K., 2004).

#### **II.4. Les pollution au niveau chimique ou biologique**

L'activité humaine qu'elle soit industrielle (industries chimiques, des papiers et cartons), urbaine ou agro-alimentaire (abattoirs séries, sucreries...) engendre des rejets dans la nature qui finissent dans la grande majorité des cas, dans l'eau des mers, des cours d'eau, des lacs ou des nappes phréatiques et entraîne, si l'on n'y prend garde, une pollution. Cependant, les apports extérieurs ne présentent pas tous le même degré de gravité. Il faut en particulier, différencier les polluants biodégradables (essentiellement les rejets domestique \_d'environ 200 litres par jour et par personne), qui peuvent devenir toxiques s'ils sont déversés massivement, et les polluants non biodégradables (essentiellement industriels), qui se dispersent parfois sur des distances énormes (Mireille D., 1996).

##### **II.4.1. La pollution organique**

Avec les étés particulièrement secs qui ont été vécus en Europe la pollution organique a souvent été à la une l'actualité : c'était tantôt les lisiers tantôt les nombreux poissons morts d'une rivière qui étaient évoqués (Mireille D., 1996).

D'après (Mireille D., 1996), La pollution d'origine animale par le lisier (c'est-à-dire les urines), le purin, les cadavres d'animaux résulte de la présence, dans l'eau, de composés organiques biodégradables. Ce qui les rend polluants est leur importante concentration dans une région donnée car les capacités d'autoépurations de milieu ne suffisent plus à les dégrader: la demande biologique en dioxygène est trop grande pour milieu. Pour éviter ces excès, la législation interdit de déverser des eaux de plus de 20 ppm de demande biologique en dioxygène. Lorsque la quantité d'oxygène dissous dans une eau diminue, la vie animale commence à souffrir ; ce sont les poissons qui requièrent le plus haut taux d'oxygène dissous ; les invertébrés un niveau moyen les bactéries le moins. Parallèlement, la vie végétale disparaît et, de façon beaucoup moins visible, on passe des conditions aérobies (nécessitant du dioxygène) de dégradation aux conditions anaérobies (absence de dioxygène) dans lesquelles des produits toxiques ( $\text{NO}_2^-$  au lieu de  $\text{NO}_3^-$ ) ou à odeurs désagréables ( $\text{H}_2\text{S}$  au lieu de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  par exemple) sont formés.

#### **II.4.2. La pollution par les détergents**

Le problème de la pollution de l'eau par les détergents remonte au début des années 1960 où les rivières commencèrent à se recouvrir de mousse. Les détergents biodégradables firent alors leur apparition ; de nos jours, le problème pose est celui des phosphates que l'on tente d'éliminer de la composition des détergents (Mireille D., 1996)

Les poudres ou liquides employés pour le lavage du linge, de la vaisselle, de l'entretien ménager ou pour la toilette sont des mélanges de produits devant remplir différentes fonctions (encadré 3). Ils sont à des degrés divers des sources de pollution (Mireille D., 1996).

La majorité des agents lavant est obtenue par action de l'acide sulfurique sur des oléfines. Jusqu'à une époque récente, les oléfines utilisées étaient très ramifiées les détergents n'étaient pas détruits par des micro-organismes et étaient, en conséquence, responsables de la pollution de bien des plans d'eau qui se transformaient en gigantesques bains moussants. Pour rendre les détergents biodégradables, il a suffi de remplacer les chaînes ramifiées par des chaînes droites ; un exemple de produit utilisé à l'heure actuelle est le laurylsulfate de sodium (Mireille D., 1996).

#### **II.4.3. La pollution par les métaux**

Le premier accident grave imputé avec certitude à un métal (en l'occurrence le mercure) se produisit au Japon en 1953 : une usine de fabrication de matières plastiques évacuait ses déchets dans une baie. Les populations des littoraux environnants consommant

beaucoup de poissons et fruits de mer furent victimes, quelques années plus tard, de nombreux troubles osseux graves, pouvant conduire au décès, auxquels fut donné le nom de maladie de Minamata (Mireille D., 1996).

Diverses activités humaines sont responsables de la pollution métallique :

- les insecticides et fongicides, l'électronique, l'électricité l'automobile... Le problème essentiel lié à la pollution métallique est que les métaux ne sont pas biodégradables ils polluent un site jusqu'à ce qu'ils soient éliminés ou transportés sur des distances parfois très grandes (Mireille D., 1996).

Ce n'est que récemment que certains métaux ont été identifiés comme polluants. A l'état de traces, certains d'entre eux sont essentiels à la vie des organismes (par exemple, le fer entre dans la composition de l'hémoglobine, le chrome est lié à l'activité de l'insuline et le cobalt à la vitamine B<sub>12</sub>), mais c'est à nouveau en grande quantité qu'ils deviennent particulièrement toxiques. En cas de pollution, l'amplification biologique des concentrations de métaux dans les chaînes alimentaires est un facteur aggravant la très haute toxicité des métaux. Deux métaux ont des effets particulièrement désastreux : le mercure et le plomb (Mireille D., 1996).

## **II.5. Eau et santé publique**

### **II.5.1. Maladies d'origine hydrique**

#### **II.5.1.1. Maladies d'origine bactérienne**

##### **II.5.1.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes**

Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *salmonella typhi* et *paratyphi* A, B et C. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le typhos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (Roland V., 2010).

### II.5.1.1.2. Choléra

#### ✓ Epidémiologie

Le choléra est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riziformes. Elle s'accompagne de vomissements et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en l'absence de réhydratation et d'antibiothérapie (Roland V., 2010).

#### ✓ Contagiosité

##### • Transmission hydrique

Son impact lors de l'épidémie de 1832-1837 a été confirmé, il y a seulement quelques années, par le regretté *P<sup>r</sup>A. Dodin*, alors chef du service du choléra à l'Institut Pasteur de Paris (Roland V., 2010).

Il avait été remarqué à l'époque que, dans la rue Quentin-Bauchart, anciennement rue de Chaillot, 40 habitants d'un côté de la rue habités en majorité par des (ouvriers) avaient contracté la maladie alors que de l'autre côté, habités par des (bourgeois), il n'y avait eu que 4 cas. La politique s'en est mêlée et l'opinion en avait retenu à l'époque que les bourgeois avaient empoisonné les ouvriers. Quoiqu'il en soit, les successeurs de Laennec ne trouvèrent aucune explication à ce phénomène. C'est le, *P<sup>r</sup>A. Dodin*, après examen des archives du service des eaux de la ville de Paris, qui a découvert que le côté de la rue habités par les bourgeois était alimenté par l'eau du canal de l'Ourcq, récemment creusé et de bonne qualité, alors que le côté habités par les ouvriers recevait l'eau de la pompe à feu de Chaillot puisée directement en Seine et livrée telle qu'elle sans traitement (Roland V., 2010).

##### • Transmission par contact

L'eau n'est pas, tant s'en faut, le seul vecteur du choléra. A titre d'exemple, le *P<sup>r</sup> Dodin* décrit l'évolution d'une épidémie survenue au Sultant de Gouffey en Afrique.

Cet exemple démontre que la transmission du choléra n'est pas uniquement hydrique mais se fait également, sinon majoritairement, par poignée de main, voire encore par la poignée de chasse d'eau (Roland V., 2010).

### II.5.1.1.3. Légionelles

Agent causal de la maladie des légionnaires, cette affection a été mise en évidence pour la première fois en 1976 à l'occasion d'un congrès de l'American Legion dans un hôtel de Philadelphie. Plus de 200 participants ont été atteints et 40 en sont morts (Roland V., 2010).

Le réservoir est principalement hydrique. Les sources de contamination incriminées lors d'épidémies sont les installations qui favorisent la multiplication des légionelles dans l'eau avec une température avoisinant 37°C suivie d'une aérosolisation. Parmi celles-ci, on trouve les circuits d'eau chaude sanitaire (douches), les climatisations et tours aéroréfrigérantes, les aérosols médicaux pour traitements respiratoires, les eaux thermales. Pour l'instant, aucune transmission interhumaine n'a été rapportée (Roland V., 2010).

#### II.5.1.1.4. Gastroentérites aiguës et diarrhées

##### ➤ *Escherichia coli*

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme germes-tests de contamination fécale des eaux.

Bien que fort nombreuses, ces bactéries ne sont guère pathogènes : 5 à 6% des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires. Une grande partie des sérotypes concernés est caractérisée par leur aptitude à produire des toxines comme la shigatoxine (shiga Toxin *E. Coli* : STEC).

Outre les eaux contaminées par les matières fécales de l'homme et des animaux, on retrouve ces pathogènes dans le tractus gastro-intestinal des ruminants qui sont porteurs sains. Les viandes bovine et ovine (soit hachées et/ou mal cuites) ont été fréquemment signalées comme source de contamination (Roland V., 2010).

##### ➤ *Campylobacter Jejuni*

Bien qu'étant l'une des causes les plus courantes de gastroentérites, ce n'est que vers la fin des années 1970 que cette bactérie a été reconnue comme agent d'infection gastro-intestinale. Son taux d'infection dans la population est estimé à 1% et plus de 2000000 de cas par an sont comptabilisés aux États-Unis. Il en est de même au Royaume-Uni et dans d'autres nations développées. C'est une infection sporadique apparaissant en été, le plus souvent à la suite de manipulations de nourriture mal cuite, essentiellement de produits avariés (Roland V., 2010).

##### ➤ *Yersinia enterocolitica*

De nombreuses espèces animales constituent le réservoir de cette bactérie : porcs, lapins, mulots. Le lait, les coquillages, les crèmes glacées et les crudités (carottes râpées,

salades, légumes) peuvent et ont conduit à des milliers d'infections. Il est à notre l'aptitude de ce microorganisme à se développer à +4°C, ce qui rend suspecte la nourriture ayant séjourné longtemps au réfrigérateur. En ce qui concerne l'eau, sa transmission est oro-fécale. Elle provoque une entérocologie souvent sanglante qui régresse au bout d'une semaine. Des complications abdominales peuvent néanmoins survenir laissant penser parfois à une crise d'appendicite ayant pu conduire à une appendicectomie inutile (Roland V., 2010).

➤ ***Salmonella sp***

Il existe plusieurs centaines de salmonelles dont la classification a été modifiée de nombreuses fois et qui n'est toujours pas bien stabilisée. Leur transmission par voie hydrique est oro-fécale.

Les *Salmonelles non typhiques* sont une des plus importantes causes de maladies alimentaires dans les pays développés. On les distingue des fièvres typhoïdes dues à 2 *salmonelles* spécifiques *Salmonelle* et *Para Typhi A* et *B*. L'origine des *salmonelles* remonte à la nuit des temps (Roland V., 2010).

➤ ***Shigella dysenteriae***

Les dysenteries bacillaires sont dues à des bactéries du genre *Shigella* et ne représentent que de l'ordre de 0,7% des gastroentérites de patients hospitalisés, dont 80% sont des enfants de 1 à 15 ans. Extrêmement infectieuses, elles sont caractérisées par un syndrome gastro-intestinal comportant des douleurs abdominales, des expulsions de selles non fécales nombreuses (de 4 à 20 par jour) sanguinolentes et glaireuses (Roland V., 2010).

➤ ***Aeromonas***

Bien que le genre *Aeromonas* soit peu cité pour ce qui concerne son association avec les gastroentérites, il n'en demeure pas moins qu'il serait responsable en troisième, voire seconde, position des gastroentérites des mois d'été aux États-Unis.

Dans sa forme légère la gastroentérite provoquée par les *Aéromonas* se présente comme une diarrhée aqueuse, très semblable à celle causée par de nombreux autres entéropathogènes et ce n'est que très rarement qu'elle présente un caractère cholériforme (Roland V., 2010).

## II.5.1.2. Maladies d'origine parasitaire

### II.5.1.2.1. Protozoaires

#### ➤ *Cryptosporidium parvum*

Ce sont des coccidies parasites obligatoires de tissus, habitant la muqueuse de l'intestin grêle. Occasionnellement, ils peuvent infecter les cellules d'autres organes chez des hôtes immunodéprimés. Les effets cliniques des infections à *Cryptosporidium* peuvent être divisés en deux groupes : les patients à fonctions immunitaires intactes et les patients immunodéprimés. A l'origine hydrique, il convient cependant d'ajouter les contaminations liées à une nourriture contaminée mal cuite ou encore la voie oro-fécale (Roland V., 2010).

#### ➤ *Giardia lamblia*

Ce sont des flagellées habitant les régions intestinales et atriales. L'infection est oro-fécale par ingestion de kyste (Roland V., 2010).

#### ➤ *Amibes*

L'amibiase est l'une des maladies parasitaires les plus meurtrières du monde. Selon l'OMS, 10% de la population mondiale serait infectée par *Entamoeba histolytica*. Cette amibe, parasite spécifique de l'homme, est responsable de la dysenterie amibienne que l'on ne rencontre pas sous nos climats. Elle induit les symptômes classiques des entérocolites avec crampes et diarrhée muco-sanglante dans les cas sévères. Elle peut diffuser dans tout l'organisme à travers le système porte et engendrer des abcès foie, du poumon et du cerveau (Roland V., 2010).

### II.5.1.2.2. Virus

#### ➤ Entérovirus

Les entérovirus sont parmi les plus courants et les plus importants agents pathogènes pour les humains. Le virus est éliminé dans les selles des convalescents ou encore celles de très nombreux sujets (90 %) ayant fait une poliomyélite inapparente. Sa transmission est exclusivement interhumaines et s'effectue par voie oro-fécale d'eaux ou d'aliments contaminés par les selles (Roland V., 2010).

#### ➤ Hépatite A

Egalement nommée hépatite infectieuse, elle est provoquée par un virus de la famille des *Picornaviridae*. Sa transmission est oro-fécale. Les mollusques bivalves jouent un rôle

certain dans leur transmission mais les épidémies qu'ils provoquent ne représentent qu'un faible pourcentage du total des hépatites déclarées associées à la consommation d'eau mais aussi de fruits et légumes frais contaminés (Roland V., 2010).

➤ **Hépatite E**

Si l'on estime que l'homme est l'hôte naturel du virus, l'hépatite E peut également être considérée comme étant une zoonose, maladie pouvant être transmise à l'homme par l'animal, notamment les porcs, chèvres, vaches, moutons, rongeurs.

D'expression clinique comparable à l'hépatite A, l'hépatite E peut également se manifester par un syndrome gastrique fébrile. Son excrétion dans les selles dure de l'ordre de 2 semaines (Roland V., 2010).

➤ **Gastroentérites virales**

Il existe de nombreux virus impliqués dans les syndromes diarrhéiques. A côté des Rotavirus et virus de type Norwalk, les plus courants, on trouve des Coronavirus, des Astrovirus et des Calicivirus (Roland V., 2010).

- *Ratavirus.*
- *Caliciviridae.*
- *Adénovirus.*
- *Astrovirus.*

# **Deuxième Partie**

## **Matériel & Méthodes**

### I.1. Présentation de wilaya de Tiaret

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest de l'Algérie. Elle est limitée au nord par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane, à l'est par la Wilaya de Djelfa, à l'ouest par les wilayas de Mascara et de Saïda et au sud par les wilayas de Laghouat et de Bayadh. Elle s'étend sur une superficie de 20086,62 km<sup>2</sup> et regroupe 42 communes et plus de 846823 habitants (selon les données du recensement général de la population et de l'habitat de 2008 de l'office national des statistiques).

La ville de Tiaret, le chef-lieu, est située comme suit :

- Latitude : 35°23' 17" Nord.
- Longitude : 1°19' 22".
- Altitude en : 1100m.

La wilaya de Tiaret présente trois grandes zones distinctes : une zone montagneuse de l'Atlas tellien au nord, les hauts plateaux au centre et au sud des espaces semi arides.

Le climat de la wilaya est caractérisé par deux périodes principales durant l'année : un hiver rigoureux, accompagné souvent par des chutes de neige, avec une température moyenne de 7,3°C et un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C. En période normale, Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluie par an avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 157,1 mm en hiver à 31 mm en été.

Tiaret est concernée par deux grands bassins versants, celui du Chlef (de superficie de 43750 km<sup>2</sup>) et des hauts plateaux Oranais (superficie de 49350 km<sup>2</sup>). La longueur de son réseau hydrographique est de 1 938 km. Les principaux cours d'eau sont Oued Touil, Oued Mina et Nahr Ouassel.

Les nappes aquifères reconnues à travers le territoire de la wilaya recèlent d'importantes ressources hydriques dont 53% sont utilisées au profit de l'alimentation en eau potable, à l'irrigation et l'alimentation des unités industrielles. Ces nappes sont mal délimitées et mal quantifiées. Elles nécessitent un bilan hydrogéologique et un suivi rigoureux. On cite la nappe de Chott Chergui de 45,97 Hm<sup>3</sup> (dont 48% est exploité), la nappe de Oued Taht et Oued El-Abd qui donnent 13,03 Hm<sup>3</sup>/an (dont 7,02 Hm<sup>3</sup> sont exploités pour l'AEP et l'irrigation) et la nappe de Nahr Ouassel (04 Hm<sup>3</sup>/an est exploité pour l'AEP et l'irrigation).

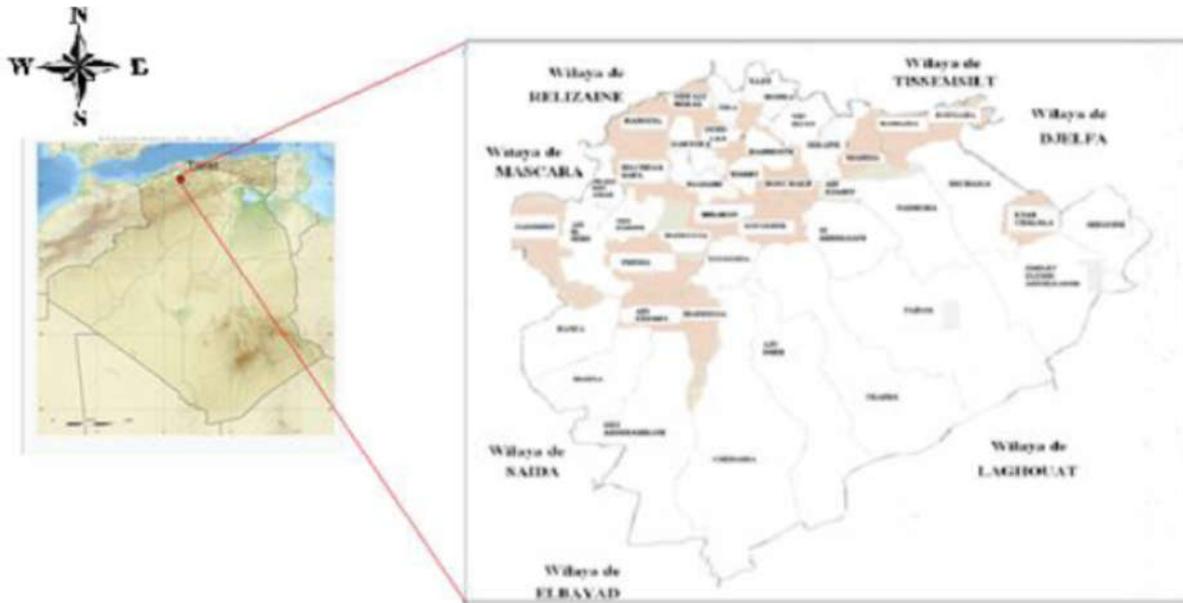


Figure 2: Situation géographique de la wilaya de Tiaret (Site internet 2).



Figure 3: Source de Sebain, wilaya de Tiaret (site internet 3).

## I.2. Présentation de la Source de Sebain

### I.2.1. Situation de la Source “Sebain”

La source de Sebain est située à 01 km du village de Sebain, lui-même situé à 31 km de la ville de Tiaret et à une altitude de 904 m avec une altitude de 35°27'42" N et longitude de 1°36'20" E. Le village de Sebain est entouré par : Si Hous (9,3km), Sidi Hosni (10,2km), Oulad Merhraoui (10,7km), Oulad el Hadj (12,5km), Nouasseur (13,3km), Oulad Mokhtar (13,8km), Oulad Abed (15,3km), Oued Nahr Ouassel (16 km), Dahmouni (16,7 km), Ain Dzarit (16,7 km), et Messouket (17,2km).



**Figure 4 : Photo de source de Sebain.**

### I.3. Le climat

Le climat de la région de Tiaret est de type semi-aride, froid et humide en hiver, chaud et sec en été. La hauteur moyenne annuelle de précipitations est d'environ 350 mm se produisant essentiellement en hivers et au printemps. La moyenne thermique maximale (26 °C) est enregistrée au mois d'août et la moyenne minimale (6 °C), au mois de janvier.

## II. Prélèvement des échantillons

### II.1. Prélèvement aux griffons des sources

Il convient d'isoler en premier lieu le point d'émergence de l'eau, et de préparer un emplacement de captage, soit en enfonçant dans le griffon un tuyau qui canalisera l'eau et facilitera le prélèvement soit, si l'eau sort sans jaillissement du sol, en aménageant une rigole. De toutes façons, ces travaux doivent être faits immédiatement avant le prélèvement, mais au moins 14 heures à l'avance (Rodier J et *al.*, 2005).

## II.2. Mode de prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en verres de 250 ml stérilisées pour les échantillons qui font objet d'une analyse bactériologiques et les flacons en verre de 1 litre pour l'analyse physico-chimique. Les flacons sont rincés avec l'eau distillées, puis remplies jusqu'au bord et fermés directement sans laisser de bulles d'air, quand les bouteilles remplies, ont conservées dans une glacière 4°C et 6°C, les analyses microbiologiques ont fait même jours de prélèvement, pour les analyses microbiologiques l'eau ne dépasse pas 8 heures pour éviter la modification de la population bactérienne.

Pour cela, nous utilisons des flacons en verre d'une capacité de 250 ml soumis au préalable à un nettoyage rigoureux (un rinçage à l'eau potable puis 3 rinçage à l'eau distillée) séchés, bouchés, enveloppés séparément dans un morceau de papier filtre (Rodier J., 2005) puis stérilisés à l'autoclave à une température de 121° C pendant 15mn (OMS., 1983). Les flacons stériles sont plongés à une profondeur d'environ 50 cm de la surface de l'eau puis ouverts à contrecourant.

Une fois remplis, ils sont refermés sous l'eau pour éviter la formation de bulles d'air et tout risque de contamination lors du transport.

Une fois les prélèvements effectués, les flacons sont étiquetés et placés dans une glacière à l'abri de la lumière et à une température de 4°C car la teneur en germes des eaux risque de subir des modifications dans les flacons, après le prélèvement. L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs ; température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

## III. Analyses physico-chimiques

### III.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

### III.2. La température (T)

Une température élevée cause une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). C'est ainsi par exemple que l'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation.

L'effet catalytique des enzymes en fonction de la température, passe par un maximum entre 33 et 35°C, mais toutes ces réactions consomment de l'oxygène, si leur importance augmente. Les réactions chimiques ralentissent avec la diminution de la température jusqu'à un seuil où elles s'arrêtent totalement (moins de 5°C), tandis qu'une température très élevée cause la mortalité des quelques espèces d'êtres vivants.

### III.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S/m = 104 μS/cm = 10<sup>3</sup> S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau.

### III.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques.

### III.5. L'alcalinité «Méthode volumétrique»

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide en présence d'un indicateur coloré. On distingue deux types d'alcalinité:

TA: titre alcalimétrique qui représente la teneur en bases fortes contenues dans l'eau (OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)

TAC: titre alcalimétrique complet qui représente la teneur en bases fortes et en bases faibles (OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Rodier, 1984).

### III.6. Détermination du titre alcalimétrique (TA)

On prélève 25 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer, on ajoute à 2 gouttes de phénophtaléine.

Une coloration rose se développe. Et dans le cas contraire le TA est nul; c'est le cas des eaux qui ont un pH inférieur à 8,3. A l'aide d'une burette, on verse doucement l'acide dans un Erlenmeyer jusqu'à décoloration de la solution. On note le volume 'V' de l'acide versé (Rodier, 1984).

### III.7. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

On ajoute à l'échantillon précédant (s'il n'est pas coloré) 2 gouttes de solution méthyle orange. Ensuite on le titre à nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune orangé qui correspond au  $\text{pH} = 4,3$  et on s'assure qu'une goutte supplémentaire d'acide provoque le passage de la coloration jaune orangé au jaune rose ( $\text{pH} = 4$ ). On note alors le volume ( $V'$ ) d'acide versé depuis le début de dosage (Rodier, 1984).

#### Expression des résultats

TA : Titre Alcalimétrique

Exprimé en meq/litre :  $\text{TA} = [(V.N)/V_e] * 103$

Exprimé en mg/litre de  $\text{CaCO}_3$  :  $\text{TA} = [(V.N)/V_e] * 50 * 103$

Où : N : normalité de l'acide. V : volume titré.  $V_e$  : volume d'échantillon.

50 : masse équivalent de  $\text{CaCO}_3$ .

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

Exprimé en meq/litre :  $\text{TAC} = [(V.N)/V_e] * 103$

Exprimé en mg/litre de  $\text{CaCO}_3$  :  $\text{TAC} = [(V.N)/V_e] * 50 * 103$

Pour éliminer le chlore résiduel si l'eau en contient, on doit ajouter auparavant une goutte de solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) N/50.

### III.8. Mesure de la dureté totale et calcique

#### III.8.1. Dureté totale (TH)

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique (EDTA). Lors du titrage, l' $\text{EDTANa}_2$  réagit d'abord avec les ions de calcium et de magnésium libre en solution puis, au point d'équivalence avec les ions de calcium et de magnésium combinés avec l'indicateur, l'excès de l'indicateur libre provoque un changement de couleur du violet au bleu.

On prélève 25 ml d'eau à analyser et on chauffe à environ 25-30 °C. On ajoute 1 ml de la solution tampon ( $\text{pH} = 10$ ) et quelques mg d'indicateur coloré net, on verse la solution d' $\text{EDTANa}_2$  jusqu'au virage de violacé au bleu ciel et soit V le volume de la solution d'EDTA versée.

**Expression des résultats**

TH : Dureté Totale

Exprimée en meq/litre :  $TH = [(V.N)/V_e] * 103$

Exprimée en mg/litre de  $CaCO_3$  :  $TH = [(V.N)/V_e] * 5 * 104$

Exprimée en °F :  $TH = [(V.N)/V_e] * 5 * 103$

Où : N : normalité de l'EDTA- $Na_2$ . V : volume l'EDTA- $Na_2$ .  $V_e$  : volume d'échantillon en ml.

**III.8.2. Détermination de la dureté calcique (THCa)**

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. En milieu très basique, pour les valeurs de  $pH > 10$ , le magnésium précipité sous forme d'hydroxydes, et en présence du rouge de Murexide, on dose uniquement le calcium.

Dans un Erlen de 250 ml, on verse 25 ml d'eau à analyser, on ajoute 1 ml de NaOH (1N) et 0,05g d'indicateur Murexide, puis on amène l'échantillon à 25-30 °C. Et on titre avec la solution d'EDTA- $Na_2$  (0,02N), jusqu'au virage du rose au pourpre.

Expression des résultats

THCa : Dureté Calcique

Exprimée en mg/litre de  $CaCO_3$  :  $THCa = [(V.N)/V_e] * 5 * 104$

Exprimée en mg/litre de Ca :  $[Ca^{2+}] = [(V.N)/V_e] * 2 * 102$

Où : N : normalité de l'EDTA- $Na_2$ . V : volume l'EDTA- $Na_2$ .  $V_e$  : volume d'échantillon en ml.

**III.9. Les sulfate**

L'appareil utilisé pour déterminer le taux des sulfates contenu dans les eaux est un spectrophotomètre à flamme. Les teneurs obtenues sont exprimées en ppm (mg/l). Le dosage des sulfates se fait selon le mode opératoire suivant :

**➤ Etalonnage de l'appareil**

- Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, on prépare un essai témoin de nombre de 7 solutions d'étalons dans les concentrations en  $NaSO_4$  (solution d'étalon), sont : 0 ; 1 ; 3 ; 5 ; 7 ; 9 et 10, et on termine jusqu'au 50 ml par de l'eau distillée.

- On agite bien les étalons, et on les laisse se reposer pendant 15 min, puis on remplit les cuves et on les dose en spectrophotométrie, à la longueur d'onde de 650 nm.

➤ **La mesure des échantillons**

Dans des fioles jaugées de 50 ml, on introduit un volume de 25 ml de l'échantillon et on complète avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml

- On ajoute 1 ml de l'acide chlorhydrique, et 5 ml de la solution de chlorure de baryum stabilisant (nommée TWAAN 20).

- On agite bien et on laisse les échantillons reposer au moins 15 min, après le repos on remplit les cuves et on les dose comme pour les étalons à l'aide d'un spectrophotomètre.

### III.10. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. La détermination de la quantité de calcium est donnée par la formule suivante:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = V1 \times 0.01 \times F \times 40.08 \times 1000/50$$

Donc

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = V1 \times F \times 8.016$$

V1: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée

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

M $\text{Ca}^{2+}$  : Masse molaire du calcium en g

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

F : Facteur de dilution

La détermination de la quantité en magnésium est donnée par la formule suivante:

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V2-V1) \times \text{CEDTA} \times F \times \text{MMg}^{2+} \times 1000/\text{PE}$$

D'où :

V2 : Volume total d'EDTA

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée

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

MM $\text{g}^{2+}$  : Masse molaire du Magnésium en g

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

F : Facteur de dilution

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times 0.01 \times F \times 24.3 \times 1000/50$$

Donc

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4.86 \text{ (ISO 6059, 1989).}$$

### III.11. Dosage du sodium et du potassium

La photométrie de la flamme (JENWAY) est un des procédés les plus rapides et sensibles, d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Il est utilisé pour la présente mesure l'appareil. Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO 9964/3,1990).

### III.12. Détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation. L'expression des résultats est donnée par (Ladjel., 2009):

$$\text{Cl}^- \text{ (mg/l)} = V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times \text{MCl/PE} = V_{\text{AgNO}_3} \times 0.01 \times F \times 1000/5$$

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

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour le dosage de l'échantillon

$N_{\text{AgNO}_3}$  : Normalité d'AgNO<sub>3</sub>

MCl : Masse des chlorures

F : Facteur de correction du titre d'AgNO<sub>3</sub>

PE : Prise d'essai

$$F = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

### III.13. Détermination des Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Les sulfates sont dosés par spectrophotométrie UV visible à 420 nm, après que les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum, en présence de BaCl<sub>2</sub>.

L'expression des résultats est donnée par :

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/l)} = \text{Valeur lue} \times \text{facteur de la dilution (Ladjel., 2009).}$$

### III.14. Détermination de l'alcalinité (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates, de carbonates et d'hydroxydes. La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première

détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (Rodier et *al.*, 2005).

$$F.G = VA \times NA \times MHCO_3^- \times 1000/PE = VA \times 0,1 \times 61 \times 1000/100$$

$$F.S : VA1 \times 61 = HCO_3^-$$

VA : Volume d'acide versé

NA : normalité d'acide versé

MHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Masse des bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

PE : Prise d'essai.

### III.15. Détermination de Matière Organique (MO)

La matière organique totale a été évaluée par la méthode de l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) en milieu acide à chaud vue sa rapidité.

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution de permanganate de potassium à N/80 dont l'excès est dosé après 10 minutes d'ébullition.

La différence du volume à analyser et du volume de KMnO<sub>4</sub> utilisé pour le titrage de l'eau distillée (témoin) va donner la teneur de KMnO<sub>4</sub> en mg O<sub>2</sub>/l (Rodier, 1996).

## IV. Analyses biochimiques

### IV.1. Dosage de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (ISO 5664, 1990).

### IV.2. Dosage des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après couplage avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichlorure donne une coloration rose mesurée à 543 nm (ISO 6777, 1994).

### IV.3. Dosage des Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (ISO 7890/3, 1994).

#### IV.4. Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se fait par méthode colorimétrique (Spectrophotomètre UV-visible), après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, puis réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ISO 6878/1, 1994).

### V. Analyses microbiologiques

#### V.1. Recherche des germes indicateurs de contamination

##### V.1.1. Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles ( $22^\circ\text{C}$ ) et les microorganismes mésophiles ( $37^\circ\text{C}$ ). Le milieu de culture est de la gélose Nutritive fondue puis refroidie à  $45\pm 2^\circ\text{C}$ . Les dilutions décimales vont de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ , en double dans des boîtes de Pétri. Après ensemencement les boîtes sont partagées en deux séries distinctes:

- La première série est incubée à  $22\pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68\pm 4$  heures,
- La seconde série est incubée à  $36\pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44\pm 4$  heures.

Le calcul ensuite de la valeur du nombre (N), de microorganismes revivifiables à  $22\pm 2^\circ\text{C}$ , et celle du nombre (N) de microorganismes revivifiables à  $36\pm 2^\circ\text{C}$  à part, en tant que moyenne pondérée, sera fait suivant l'équation :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$$

**c** : Somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues

**d** : Taux de dilution correspondant à la première dilution

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à  $22^\circ\text{C}$  et à  $37^\circ\text{C}$  par ml d'eau est exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par  $10^x$  où x est la puissance appropriée de 10 (Lebres et Mouffok., 2008). Si les boîtes ensemencées, contiennent plus de 300 colonies, les résultats sont exprimés  $3.10^2$  (ISO 6222, 1990).

##### V.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes (Colimétrie)

Pour la recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane, il faut au préalable un essai standard; qui débute par une stérilisation de l'entonnoir gradué en acier

inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen, les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique, une membrane de porosité minimale de 0,45  $\mu$  entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante. Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen. Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane. Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose tergitol au chlorure de 2,3,5-triphényltetrazolium (TTC) et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol7) préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant  $21\pm 3$  heures voire  $44\pm 4$  heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli*.

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

Pour les tests à l'oxydase, il faut effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose tryptonée au soja (TSA) à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à  $36\pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant  $21\pm 2$  heures, puis imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique. La réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé.

Pour le test à l'indole, il faut transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à  $44\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  pendant  $21\pm 3$  heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

Est considérée comme colonie de coliformes, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole. Et est considérée comme bactérie d'espèce *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à  $44^{\circ}\text{C}$ . Calculer ensuite la valeur a du nombre

de bactéries coliformes lactose positives et des *Escherichia coli*. Le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} C$$

où :

**b** : nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte,

**A** : nombre de colonies repiquées,

**C** : nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

Un essai rapide pour un deuxième test dit test rapide peut être effectué parallèlement à l'essai standard et dans les mêmes conditions. Il consiste à filtrer une seconde fois 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen à travers une seconde membrane qui sera placée dans un premier temps sur une plaque de gélose tryptonée au soja (TSA) à la caséine à incuber couvercle en bas d'abord à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 4 à 5 heures puis transférer la membrane sur gélose tryptonée contenant des sels biliaires (TBA) à incuber à  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant 19 à 20 heures. Cette méthode sert à la recherche sélective des *Escherichia coli*.

Après la période d'incubation spécifiée, transférer la membrane sur un papier filtre imbibé de réactif de Kovacs puis l'irradier sous une lampe UV pendant 10 à 30 minutes. Seront considérés comme des *Escherichia coli*, les colonies qui prennent une coloration rouge: à dénombrer. Le nombre d'*Escherichia coli* sera rapporté à 100 ml d'eau à analyser.

### V.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La méthode de recherche se fait selon la méthode de (Lebres et Mouffok (2008), qui est la streptométrie par filtration. Tout comme la colimétrie par filtration, c'est aussi une méthode rapide, simple, et normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration.

Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen. Le refroidir soit avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique une membrane de  $0,45 \mu$  entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dernier avec la pince correspondante. Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose Slanetz et Bartley. Cette membrane sera incubée à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures. Après incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées. Transférer aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et Bartley sur une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à  $44^\circ\text{C}$ . Cette dernière sera incubée à son

tour à  $44\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  pendant 2 heures. Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

#### **V.1.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs**

Au sens de cette méthode, on entend par bactéries Clostridium Sulfito-Réducteurs des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à gram positif et qui en se développant à température de  $37^{\circ}\text{C}$  en 24 heures à 48 heures en gélose Viande de Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. La présence de Spore (Clostridium Sulfito-Réducteurs) dans les eux, sans flore d'accompagnement constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne.

A partir de l'eau à analyser, prend un flacon qui contient 20 ml d'eau à analyser, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $80^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes, dans le but d'éliminer toutes les formes végétative des bactéries Clostridium Sulfito-Réducteurs éventuellement présentes. Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet (choc thermique) et répartir ensuite le contenu de ce flacon dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube. Ajouter environ de 15 à 20 ml de gélose Viande de Foie et on mélange le milieu en évitant d'introduire des bulles d'air, on laisse les tubes solidifier, puis incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures, 48 heures (On a deux lectures). On fait la lecture des Résultats par le dénombrement de toute colonie noire, en rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20ml d'eaux à analyser.

# **Troisième Partie**

## **Résultats & Discussion**

### I. Résultats des paramètres physico chimiques

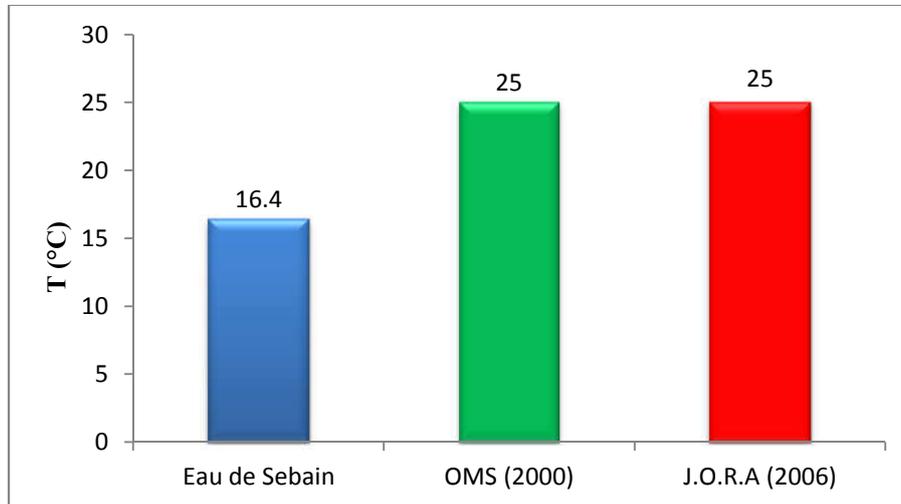
Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau prélevée au niveau de la source Sebain (wilaya de Tiaret) sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 5: Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de Source de Sebain wilaya de Tiaret.**

Les paramètres	Les résultats	Normes (OMS)	Normes Algériennes
T (°C)	16,4	< 25	< 25
pH	7,44	6.5< pH <8.5	6.5< pH <8.5
CE (µm/ml)	909	2000	< 2800
TDS	582	1000	/
O <sub>2</sub> Dissous (ppm ou %)	5,56 ou 60,5	/	/
TH (mg/l)	489	/	/
TA (°F)	0	/	/
TAC (°F)	244	/	500
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	112	200	75 à 200
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	48,48	150	150
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	106,5	300	200 à 500
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	68,85	400	200 à 400
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	24,4	300	300
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	< 0,02	0.5	0.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	< 0,02	0.1	0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	89,71	50	50
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	< 0,02	0.5	0.5
MO (mg/l)	0,45	5	3

### I.1. Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

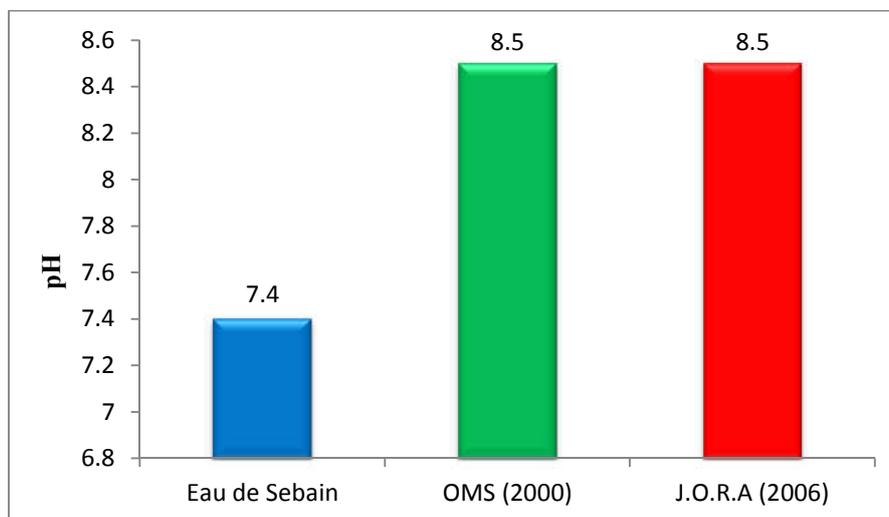


**Figure 5: Température de l'eau de source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).**

D'après la figure 5, la température de l'eau de source de Sebain est de 16,4°C, cette valeur est inférieure aux normes de l'OMS (2000) et Algériennes J.O.R.A (2006) qui indiquent une température de <25°C pour les eaux potable. On peut dire que cette eau de source de Sebain est une eau potable d'une qualité normale.

### I.2. Le pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité.

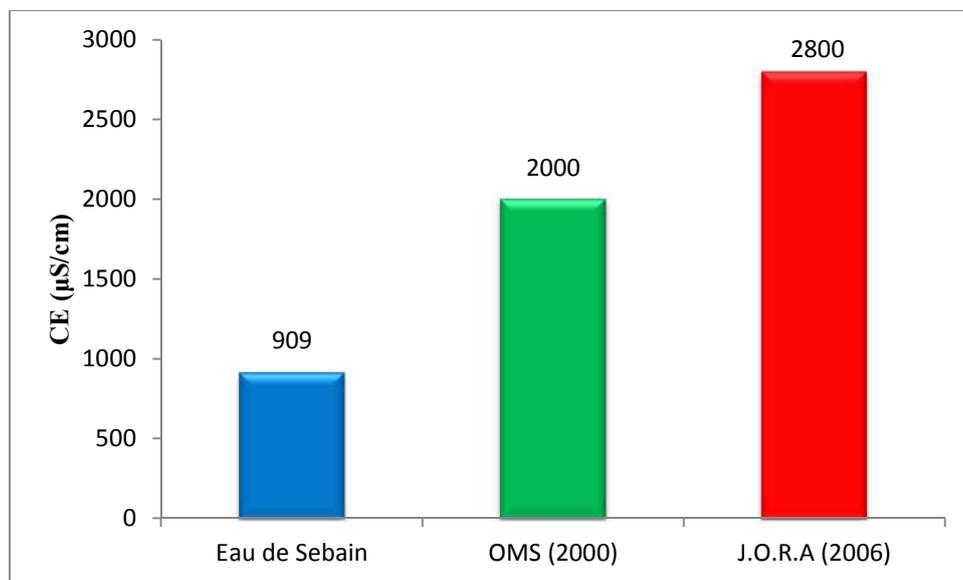


**Figure 6 : pH de l'eau de source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).**

Le pH de notre échantillon est de 7,4, cette valeur est voisine de la neutralité. La (figure 6) présente la valeur du pH de l'échantillon selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006) qui indique que le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5. Donc le pH de l'eau de source de Sebain conforme aux normes admises.

### I.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

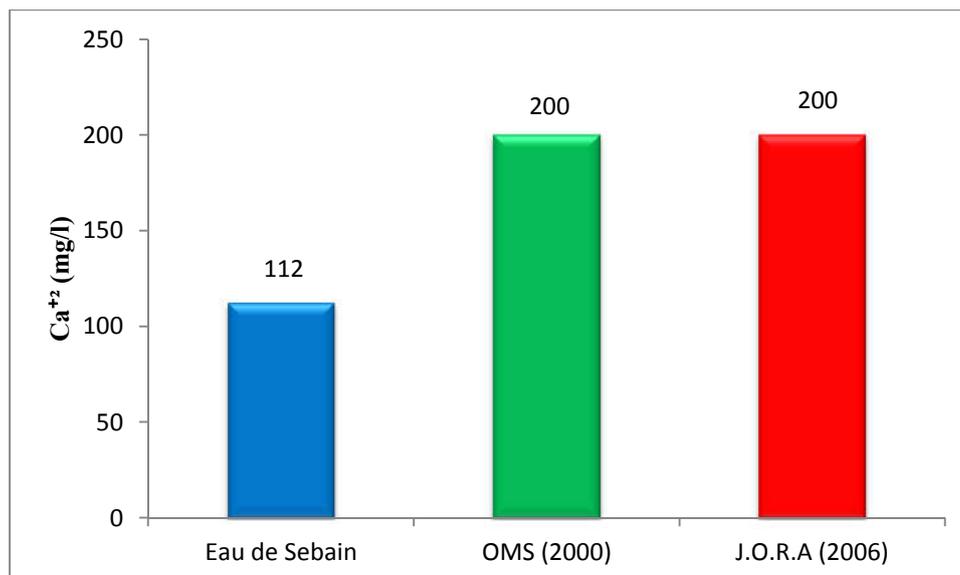


**Figure 7 : La conductivité électrique de l'eau de source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).**

Selon la (figure 7) la conductivité électrique de notre échantillon est de 909 µS/cm, cette valeur est inférieure par rapport aux normes des eaux potables (2000 µS/cm) fixée par l'OMS (2000) et les normes de J.O.R.A (2006) qui fixe une valeur maximale de 2800 µS/cm. La conductivité électrique permet d'avoir la qualité des sels minéraux dans l'eau.

### I.4. Calcium $Ca^{+2}$

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

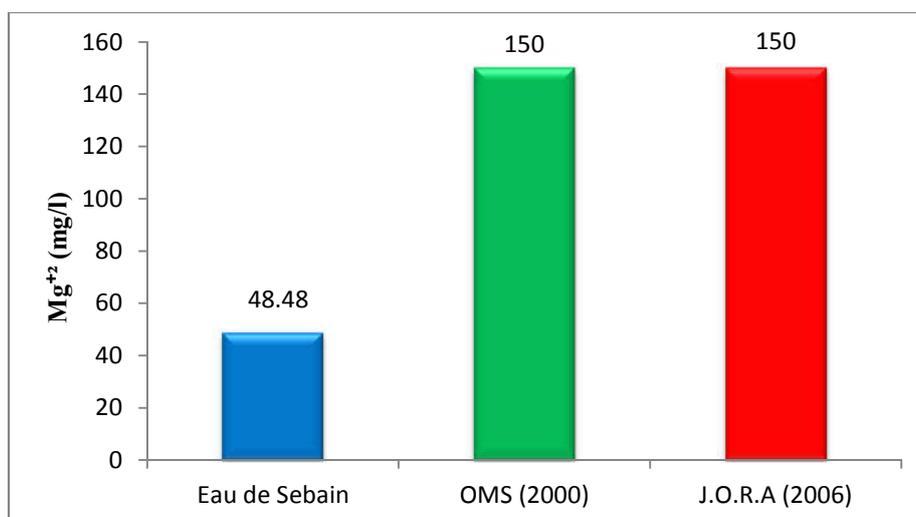


**Figure 8 : La teneur en calcium de l'eau de source de Sebain selon les normes (OMS et J.O.R.A).**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes de l'OMS (2000) et J.O.R.A (2006) préconisent une concentration maximale (200 mg/l). D'après la figure 8, l'eau de notre source de Sebain la valeur est conforme aux normes de l'OMS (2000) et J.O.R.A (2006) de l'eau potable.

### **I.5. Magnésium Mg<sup>+2</sup>**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie).

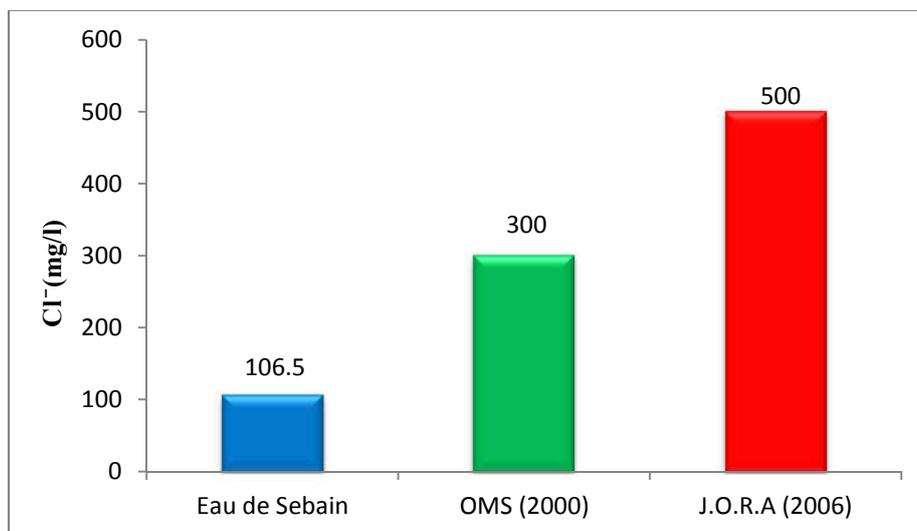


**Figure 9 : La teneur en Magnésium de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

D'après les résultats obtenus (figure 9), le taux de  $Mg^{+2}$  de l'eau de source de Sebain est de 48,48 mg/l. Cette valeur est inférieure aux normes de l'OMS (2000) et législation Algérienne J.O.R.A (2006) donc la teneur en  $Mg^{+2}$  dans l'eau de source étudiée est une teneur acceptable puisque ne dépasse pas les normes admises qui est de 150 mg/l.

### I.6. Chlorure $Cl^-$

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.



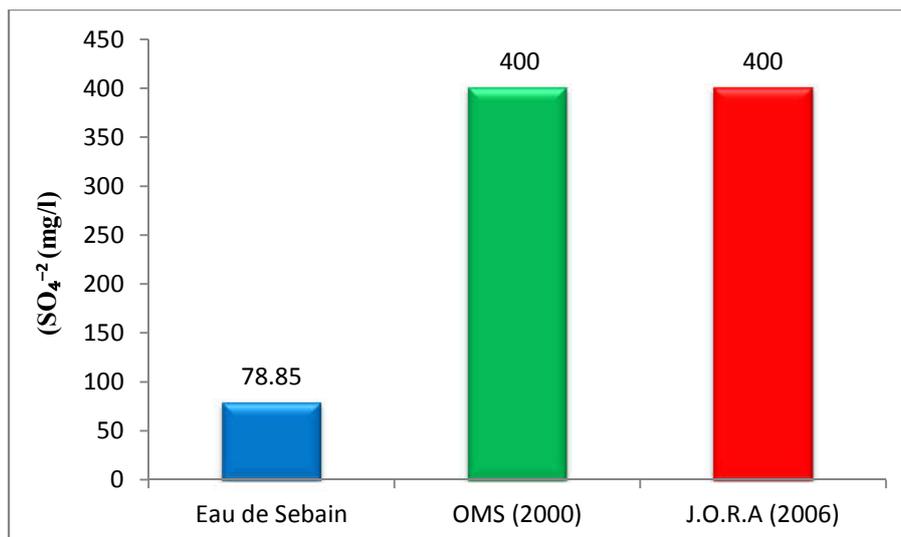
**Figure 10: La teneur en Chlorure de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

D'après les résultats obtenus (figure10), on remarque que la teneur de chlorure de notre échantillon est de 106,5 mg/l, est inférieure à la valeur des normes de l'OMS (2000) qui fixe une concentration maximale de 300 mg/l, la concentration maximale de J.O.R.A (2006) est variée entre 200 et 500 mg/l.

Les chlorures provenant essentiellement de la dissolution des sels naturels provoquée par lessivage des terrains salée présence des chlorures dans les eaux de source peut avoir une origine essentiellement agricole ou industrielle ou domestique par es égouts.

### I.7. Sulfate $SO_4^{-2}$

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

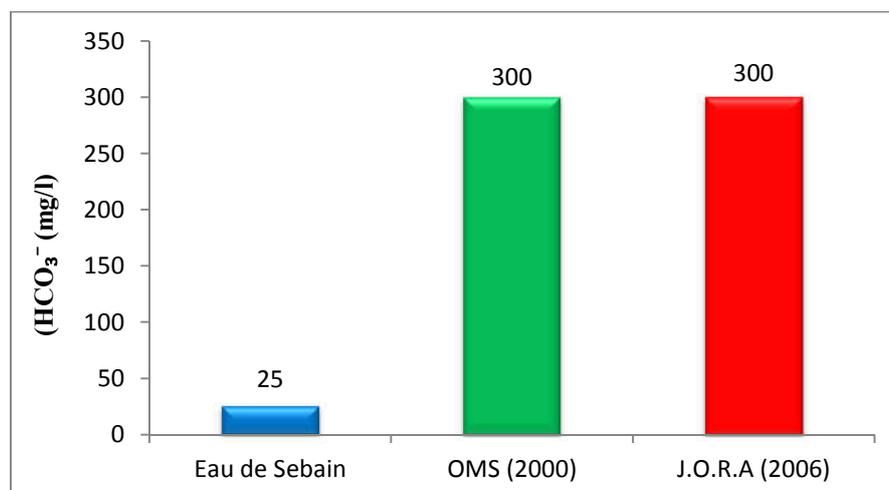


**Figure 11: La teneur en Sulfate de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

D'après les résultats obtenus (figure 11), la teneur en sulfates trouvée dans l'eau source de Sebain est de 68,85 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale fixée par les normes de l'OMS (2000) est de 400 mg/l même pour les normes de législation Algérienne J.O.R.A (2006) qui indique des concentrations en sulfate comprises entre 200 et 400 mg/l pour la qualité des eaux potables.

### I.8. Bicarbonate $\text{HCO}_3^-$

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du  $\text{CO}_2$  à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier J., 2005).

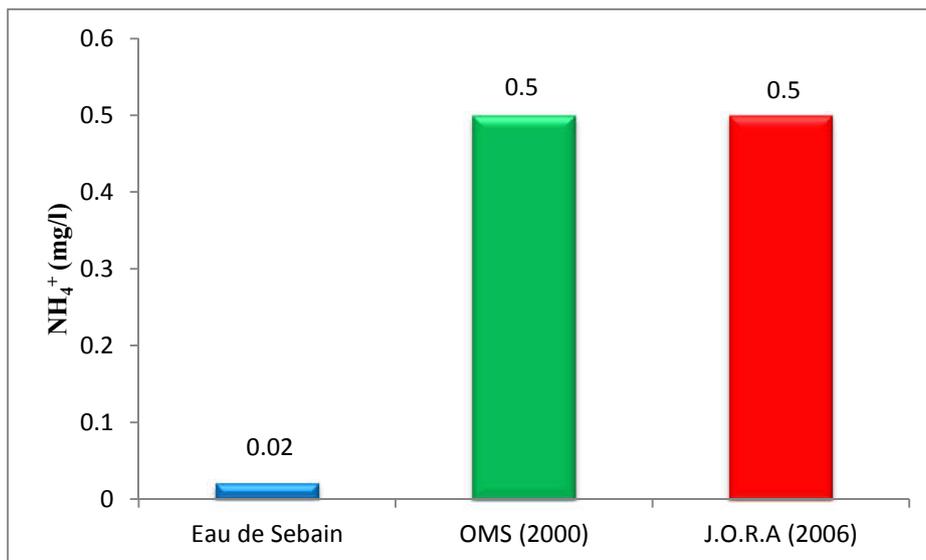


**Figure 12: La teneur en bicarbonate de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

La valeur de la teneur en  $\text{HCO}_3^-$  est de 24,4 mg/l (figure 12), elle est inférieure aux normes des eaux potables admises par l'OMS (2000) et législation Algérienne J.O.R.A (2006) qui indiquent une valeur de  $\text{HCO}_3^-$  est de 300 mg/l.

### I.9. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites.

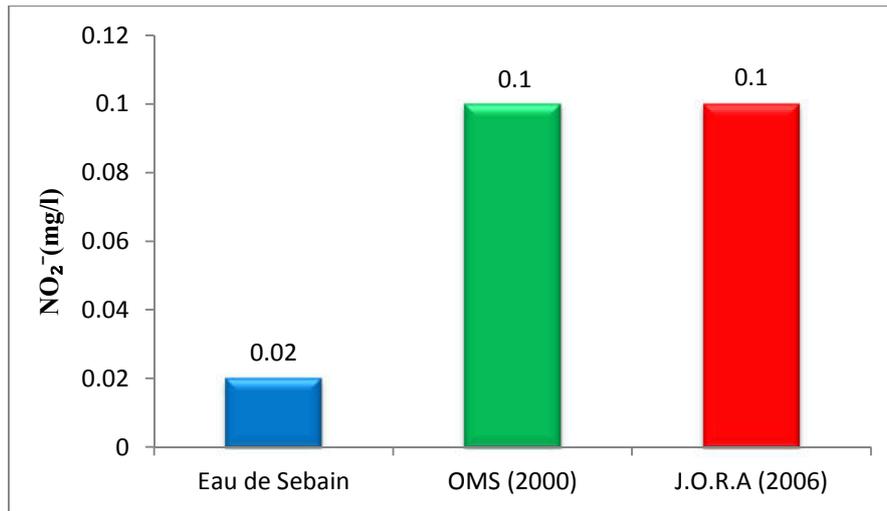


**Figure 13: La teneur en ammonium de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

Concernant l'ammonium, le résultat obtenu est de 0,02 mg/l (figure13) est favorable pour l'eau potable destinée à la consommation humaine selon les normes fixées par l'OMS (2000) et législation Algérienne J.O.R.A (2006) 0,5 mg/l. Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries.

### I.10. Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Considéré comme un élément toxique, le  $\text{NO}_2^-$  est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium  $\text{NH}_4^+$ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels.



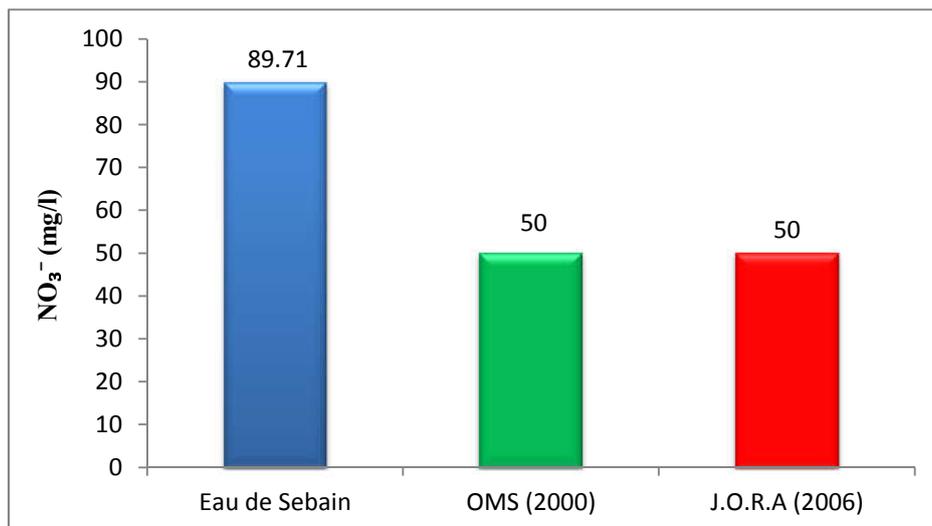
**Figure 14: La teneur en Nitrites de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

D'après les résultats obtenus (figure 14), la teneur en nitrites dans l'eau de source étudiée est de 0,02 mg/l, cette teneur est inférieure à la norme admise par l'OMS (2000) et législation Algérienne J.O.R.A (2006) qui est de 0,1 mg/l.

Les nitrites est un indicateur de pollution. Elle provienne soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

### I.11. Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble.



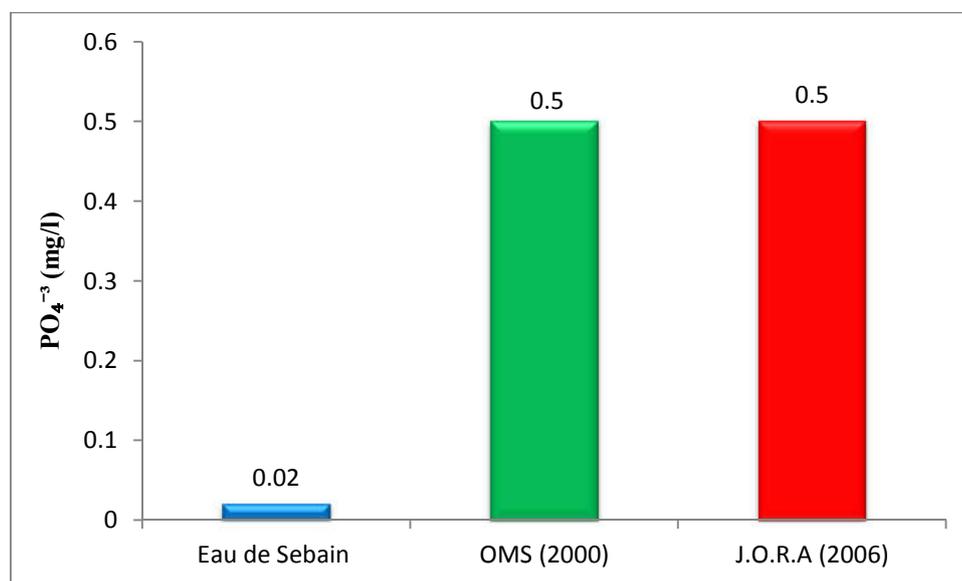
**Figure 15: La teneur en nitrates de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

Le résultat obtenu (figure 15) montre une teneur très élevée en nitrates dans l'eau de source de Sebain (89,71 mg/l) est supérieure à la norme de l'OMS et J.O.R.A (2006) qui est de 50mg/l pour les eaux potable. Cette élévation de concentration est due à une pollution de l'eau de source.

Le taux des nitrates dans la source de Sebain peut être justifié par une infiltration des engrais azotés utilisés par les agricultures de la région de Sebain.

### I.12. Phosphates $\text{PO}_4^{-3}$

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières.

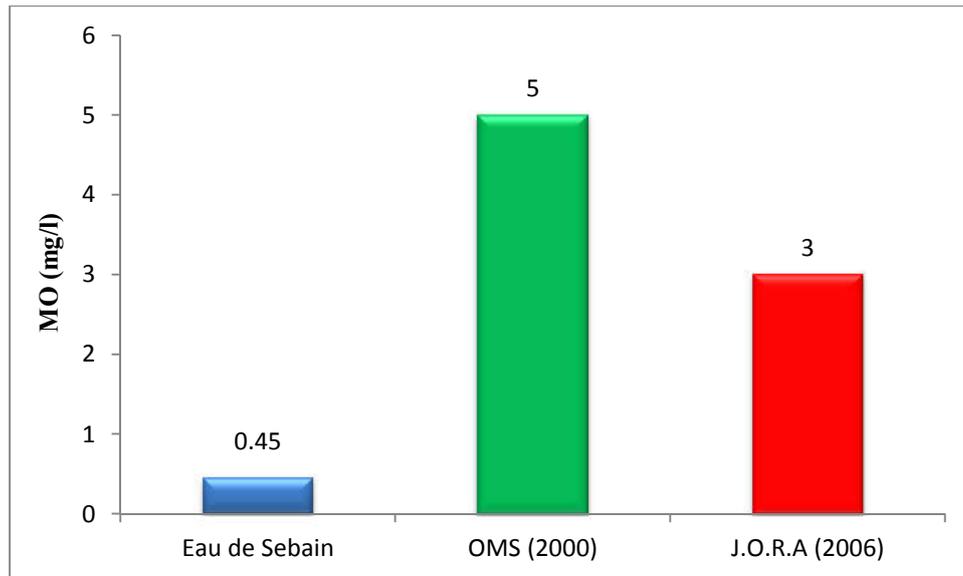


**Figure 16: La teneur en phosphates de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

D'après la figure (figure 16), la valeur trouvée pour les phosphates est de 0,02 mg/l est conforme aux normes de l'OMS (2000) et J.O.R.A (2006) qui ne doit pas dépasser 0,5 mg/l. Les teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas de notre eau de source de Sebain.

### I.13. Matière organique

Les matières organiques et oxydables représentent l'ensemble des substances dont la présence est susceptible de provoquer une consommation de l'oxygène dissous des cours d'eau. La pollution par la matière organique est causée par la surabondance, dans l'eau, de matière organique d'origine humaine, animale ou végétale.

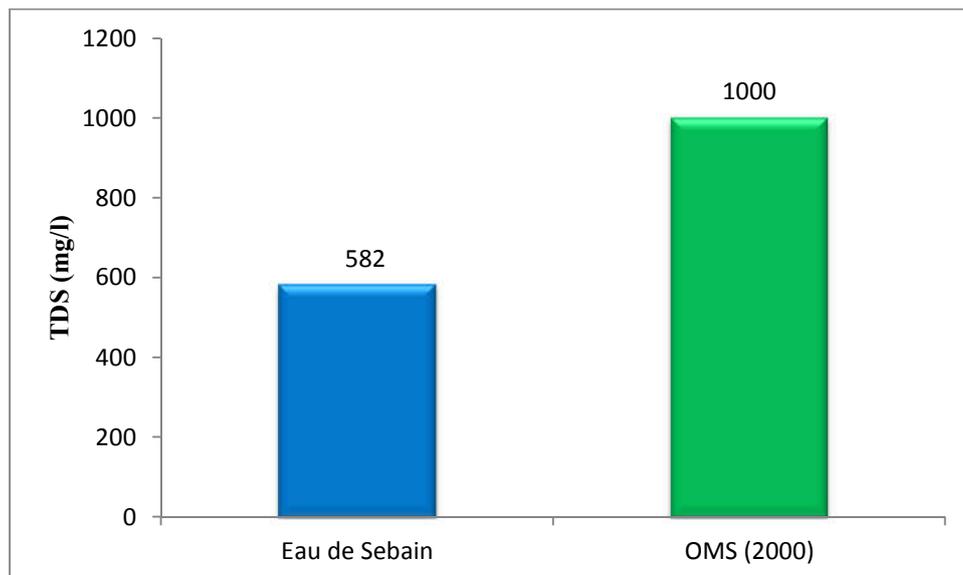


**Figure 17 : La teneur en matière organique de l'eau de source de Sebain selon les normes OMS (2000) et J.O.R.A (2006).**

Selon la figure 17, nous avons trouvé que la matière organique est de 0,45 mg/l, cette valeur est inférieure aux normes de l'OMS (2000) qui exprime 5mg/l et les normes Algériennes J.O.R.A (2006) 3mg/l.

#### **I.14. Totale Solide Dissous TDS**

La salinité est depuis 1978 officiellement mesurée à partir de la conductivité électrique de l'eau à une certaine température et pression.



**Figure 18 : TDS de l'eau de source de Sebain selon les normes de l'OMS.**

Selon la figure 18, pas de valeur guide mais optimum en dissous de 1000 mg/l pour l'OMS, le totale solide dissous de l'eau de source de Sebain et de 582mg/l, elle est conforme aux normes de l'OMS.

### I.15. La dureté Totale (TH)

La dureté totale d'une eau indique globalement sa teneur en ions alcalino-terreux ; en particulier les ions calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ) ; qui résultent principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques.

La dureté totale de l'eau de source de Sebain est de 489°F, elle répond aux normes indiquée par la réglementation Algérienne indiquant une valeur représentative de 50 mg/l.

### I.16. Titre Alcalimétriques (TA) et (TAC)

#### ➤ Le titre Alcalimétriques (TA) :

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH- » et une valence de carbonates.

Concernant le titre Alcalimétriques, le résultat obtenu est de 0°F c'est la valeur de notre eau de source de Sebain.

#### ➤ Le titre Alcalimétriques Complete (TAC) :

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

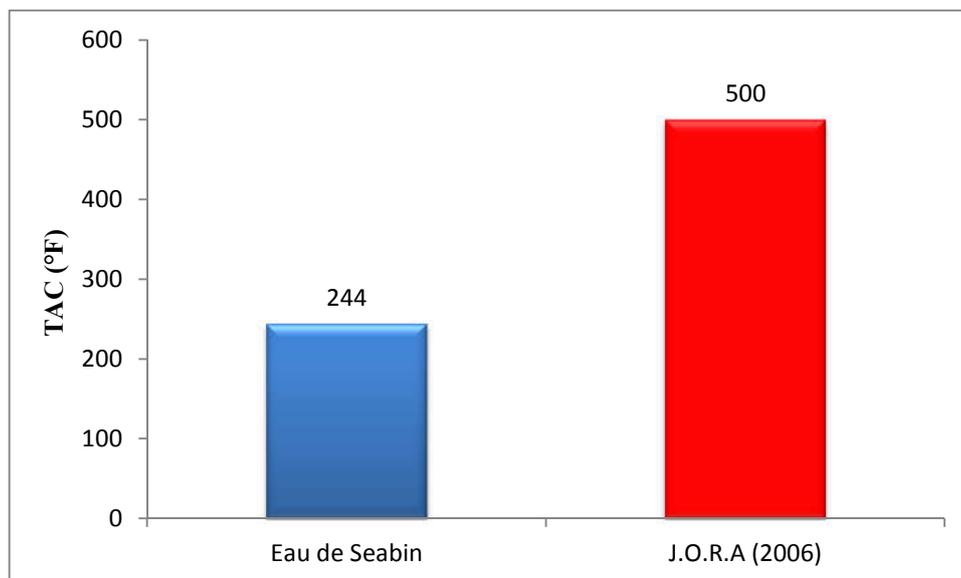


Figure 19: TAC de l'eau de source de Sebain selon les normes de J.O.R.A (2006).

Le résultat obtenu de l'eau de source de Sebain est de 244°F est inférieurs à la valeur de législation Algérienne qui est de 500°F (Figure 19).

### I.17. Oxygène Dissous (O<sub>2</sub> Dissous)

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre.

La valeur obtenue de l'Oxygène Dissous de l'eau de source étudiée est de 5,56 ppm. ou bien 60,5%.

## II. Les paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux sont les plus importants pour la protection de la santé publique, elles permettent de détecter les bactéries qui présentent un risque pour la santé.

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau prélevées au niveau de la source de Sebain (wilaya de Tiaret) sont résumés dans le tableau suivant.

**Tableau 6 : Résultats des paramètres bactériologiques.**

Paramètres	Les Coliformes (colonies/100ml)		Les Streptocoques (colonies/100ml)	Les spores (nbr de spore/20ml)	Les Germes Totaux (germe/ml)
	Totaux	Fécaux			
<b>Résultats</b>	Absent		Absent	Absent	Absent
<b>Normes</b>	0/100 mg/l		0/100 mg/l	< 100/ml 2/20ml	/

Selon les normes de bactériologies et biologiques de l'eau potable (Masschelein., 1996), les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de source de Sebain est nuls, ce qui nous indique que l'eau de cette source n'est pas contaminée car elle ne contient pas de germes pathogènes.

D'après les résultats d'analyses obtenues (tableau 6), nous avons noté une absence totale de Coliformes Totaux et Fécaux, Streptocoque Fécaux, les Spores (*Clostridium Sulfito-Réductrice*) et les Germes Totaux.

# Conclusion Générale

## Conclusion Générale

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation Journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan physico-chimique et microbiologique.

La présente étude, qui a pour objectif de déterminer et de quantifier les paramètres physico-chimique et microbiologique des eaux de sources Sebain situées dans la ville de Tiaret destinée à la consommation humaine.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de consommation provenant de la source de Sebain révèlent que la température de l'eau de la source est déterminée par l'influence du climat régionale et de la source prélèvement d'eau. Le pH de cette source (7,4). On remarque que l'eau étudiée présente une teneur très élevé en nitrates (89,71 mg/l) est supérieure à la norme de l'OMS et législation Algérienne J.O.R.A (2006) qui est de 50mg/l pour les eaux potables. Cette élévation de concentration est due à une pollution de l'eau de source. Par conséquent, la qualité de l'eau physico-chimique a été révélée être un danger pour le consommateur.

Les analyses microbiologiques des eaux montrent également l'absence totale de coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux, germe totaux et les spores. Ces résultats montrent que l'eau de source de Sebain est de très bonne qualité bactériologique. Aucune bactérie n'a été isolée à 22°C; et à 37°C tous les prélèvements ont une valeur nulle.

Selon les normes de l'eau potable de la législation de l'Organisation mondiale de la santé et J.O.R.A Algérie (2006), on peut conclure que l'eau fournie au consommateur de la source Sebain n'est pas de bonne qualité physico-chimique et de bonne qualité bactériologique.

# Références Bibliographiques

## Références Bibliographiques

- Abiven S., 2004.** Relations entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol. Rennes, Agrocampus. 262p.
- André M, Christophe H., 2004.** Hydrologie 1 Une science de la nature, première Ed.
- Andriamiradis L., 2005.** Mémento technique de l'eau. 2<sup>ème</sup> Ed Degremont. P8.
- Arheimer B, Andréasson J, Fogelberg S, Johnsson H, Pers C.B et Persson K., 2005.** Climate Change Impact on Water Quality: Model Results from Southern Sweden, Ambio. P7, 34, 559-566.
- Armand C., 2003.** Hydrologie mers, fleuves et lacs. P7.
- Armand L., 1996.** Mémento technique de l'eau. Ed Tec et Doc. P 37.
- Bénédicte R., 1997.** L'hygiène alimentaire, Ed Marie-Odile Morin, France. 160p.
- Berne F et Cordonnier J., 1991.** Traitement des eaux. Ed Tec. P 6-14.
- Bhat S, Hatfield K, Jacobs J.M, Lowrance R et Williams R., 2007.** Surface runoff contribution of nitrogen during storm events in a forested watershed, Biogeochemistry, P85, 253-262.
- Blieffert et Perraud, 2008.** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets, 2<sup>ème</sup> Ed, 478p.
- Bonnin J., 1982.** Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Ed Eyrolles. P23-33.
- Boualem R., 2007.** La problématique de l'eau en Algérie. 2<sup>ème</sup> Ed. Office des publications universitaires. Place Centrale De Ben-Aknoun (Alger).P162.
- 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. Ed Lavoisier Tec et Doc. P 260- 261.
- Bourgeois C.M., Mescle J.F., 1996.** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed Lavoisier. P5- 6.
- Bouziani M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed Ibn khaldoune. P247.
- Bouziani M., 2006.** L'eau dans tous ses états, Ed Dar El Gharb, P31, 113.
- Cardot C., 1999.** Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus : génie de l'environnement. Ed Elipses. P71.
- Charron D.F, Thomas M.K, Waltner-Toews D, Aramini J.J, Edge T, Kent R.A, Maarouf A.R et Wilson J., 2004.** Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 67, 1667-1677.
- Codex S et Coin., 1981.** La pratique de l'eau : usages domestiques. Collectif et industriel. Éd Moniteur. Paris. P 3-29-326-327.
- Coulais J. M., 2002.** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Ed des ateliers.

- Cruyker K, Deneg K., 1993.** La qualité de l'eau à la sortie du robinet: Revue de tribune de l'eau. Ed Cebedoc.
- Curriero F.C, Patz J.A et Lels S., 2001.** The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States 1948-1994. Am J Public Health, P1194.
- Defranceschi M., 1996.** L'eau dans tous ses états. Ed Ellipses. P61.
- Degremont G., 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome1. 2ème. Ed Copyright Dégremont. P129.
- Degremont G., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10ème Ed Tec et doc. P3- 38.
- Duchaufour Ph., 1988.** Abrégé de pédologie, 2ème Ed coll «Abrégés de Sciences», Masson, Paris, 232 p.
- Dupont A., 1974.** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux». Tome1. 3ème Ed Eyrolles. Paris .P26-28-34-64.
- 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. France .P5.
- Emilian K., 2004.** Traitement des pollutions industrielles, Dunod, Paris, P424.
- Encyclopédie Médical, 1997.** PUBLICATIONS.
- Fiambach H.B., 1998.** Chang from chlorine residual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system. Water supply. Vol 6 N°3/4. Germany. P145-152.
- Friedli C., 2002.** Chimie générale pour ingénieur. Ed presse polytechniques.
- Gaujour D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2ème Ed Lavoisier. P49.
- Genoutdet., 2001.** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
- Gérard G., 1999.** L'eau tome1 milieu naturel et maîtrise.
- Ghazali D, Zaid A., 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc), Larhyss Journal 12, P25-36.
- Hubert P, Marin M., 2001.** Quelle eau boirons-nous demain? Ed Fabienne Travers. P64-124.
- ISO, 1989.** Qualité de l'eau. Dosage de la somme du Calcium et du magnésium. Méthode
- ISO, 1990.** Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.
- ISO, 1990.** Qualité de l'eau. Dosage du sodium et du potassium. Méthode par spectromètre d'émission à flamme. NA 1653, ISO 9964-3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- ISO, 1994 :** Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

- ISO, 1994.** Qualité de l'eau. Dosage du phosphore par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.
- Jean Luc Celleric., 2002.** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Ed Ministère de l'agriculture et de la pêche. Direction de l'espace rural et de la forêt. Paris.
- Jen-Louis C. et Maryvonne P., 2012.** Les 100 mots de l'eau, Dépôt légal- 1re Ed, 2e tirage Presses Universitaires de France, avenue Reille, 75014 Paris, P128.
- Kemmer F., 1984.** Manuelle de l'eau. Ed Lavoisier technique et documentation. P95- 96-112.
- Kemmer F.N., 1984.** Nalco-Manuel de l'eau. Éd Paris. Technique et Documentation Lavoisier, (4e tirage revu, 1983). Livre.
- Kettab A., 1992.** Traitement des eaux. Les eaux potables. Ed Office des Publications Universitaires. Alger 4. P11, 118, 123.
- Ladjel S., 2009.** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.
- Lanteigne J., 2003.** Encyclopédie de l'agora.
- Laurent T., 2003.** Hydrologie Mers, Fleuves et lacs, Armand Colin /VUEF, P190.
- Lebres E. A., Mouffok F., 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, 53 p
- Lefèvre J.G., 1991.** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- Lepeltier S., 2005. Un bon état écologique des eaux.**
- Lunc J, Lagradette M., 2004.** L'eau potable et l'assainissement. Ed Johannes. Paris.
- Marc Soutter, Andre Meroud et Andre Musy., 2007.** Ingénierie des eaux et du sol processus et aménagements.
- Marcel F.R., 1986.** Dictionnaire français d'hydrologie de surface. Ed Masson. P: 94.
- Margat J., 1992.** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Ed Harmattan.
- Mens et Derouane., 2000.** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- Mercier J., 2000.** Le grand livre de l'eau. Ed La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. P91.
- Miquel G., 2003.** Office Parlementaire d'évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques. Rapport sur la qualité de l'eau et l'assainissement en France. Rapport N°215. Tome I. Sénat.
- Mireille D., 1996.** L'eau dans tous ses états.
- Mohand et Saïd O., 2001.** Cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux. P3.

- Montheith D.T, Stoddard J.L, Evans C.D, Wit H.A., Forsius M, Hogasen T, Wilander A, Skjelkvale B.L, Jeffries D.S, Vuorenmaa J, Keller B, Kopacek J et Vesely J., 2007.** Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry, Nature, P450, 537-541.
- Olivier T., 2009.** Management de l'eau et santé. Presses De L'école des hautes études en santé publique. P254p.
- OMS., 1994.** Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2<sup>ème</sup> Ed. Volume1. Genève:18.
- OMS., 2006.** La guerre de l'eau - The water conflict.
- Ouahdi A., 1995.** Les maladies à transmission hydrique. Santé plus Alger N°45.
- Ouandaogo., 2008.** Ressources en eau souterraine du centre urbain d'Ouagadougou au Burkina Faso, qualité et vulnérabilité.
- Paul S., 2005.** Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies, 6<sup>ème</sup> Ed Dunod, Paris. Pour la traduction française, Dunod, Paris, 1999, pour l'ancienne présentation.
- Pauling L., 1960.** The Nature of chemical bond. Cornell univ, press. Theca. New-York. P33.
- Pomerol C et Renard M., 1997.** Élément de géologie. 1<sup>ère</sup> Ed Masson. P523.
- Rodier J, Legube B, Merlet M et Brunet R., 2009.** L'analyse de l'eau. Ed Dunod, Paris, 1600 p.
- Rodier J. C, Bazin J.P, Brouin P, Chambon H, Champsaur L et Rodi., 2005.** L'analyse de L'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> Ed Dunod, Paris. P751.
- Rodier J., 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris. P722.
- Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris.
- Rodier J., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9<sup>ème</sup> Ed Dunod, Paris.
- Roland V., 2010.** Eau, environnement et santé publique Introduction à l'hydrologie, 3<sup>ème</sup> Ed Lavoisier.
- Roux M., 1978.** Office international de l'eau : l'analyse biologique de l'eau. Ed TEC et DOC. Paris. 229P.
- Satin M. et Selmi B., 1999.** Guide technique de l'assainissement. 2<sup>ème</sup> Ed Moniteur. P75. titrimétrique à la l'EDTA. NA752, ISO 6059. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.
- Unicef., 1999.** Manuel sur l'eau. N°2. P42-43.
- Van V, Zwolsman J., 2008.** Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse River. Journal of Hydrology.

**Vilagines R., 2000.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, Ed Tec et Doc Lavoisier.

**WHO (World Health Organization), 1994.** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2ème Ed Vol 2. Genève.

**Wiedner C, Rüggemann R et Nixdorf B., 2007.** Climate change affects timing and size of populations of an invasive *cyanobacterium* in temperate regions. *Oecologia*, P152, 473-484.

**Zella L et Smadhi D., 2006.** L'eau : la gouvernance et l'éthique, Ed Office des publications universitaires. P131.

**Site web :**

**Site Internet 1 :** <https://fr.pinterest.com/pin/422212533791342765/>.

**Site Internet 2 :** Site officiel de la wilaya-[www.wilaya-Tiaret.dz](http://www.wilaya-Tiaret.dz), 2014).

**Site Internet 3:** [www.google earth](http://www.google earth), 2016.

# Annexes

## ANNEXES

### ❖ Détermination des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

#### Préparation des réactifs

##### ➤ Réactifs :

- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- Peser 1,479 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ..... 1000 ml d'eau distillée.

##### ➤ Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique (c) ..... 60 ml.
- Ethanol.....200 ml.
- Chlorure de sodium..... 150 g.
- Glycérol.....100 ml.
- Eau distillée..... Q.S.P. 1000 ml.

##### ➤ Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum..... 150 g.
- Acide chlorhydrique..... 5 ml.
- Eau distillée..... Q.S.P. 1000 ml.

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

#### Préparation des réactifs

##### ➤ Réactifs :

##### ➤ Solution d'E.D.T.A N/50 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) : (0,02N ou 0,01M)

- EDTA..... 3,725 g. après déshydratation à  $80^\circ\text{C}$  pendant 2 h.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... q.s.p 1000 ml.

##### ➤ Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) 2 N

- $\text{NaOH}$  (pastilles)..... 80 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... q.s.p 1000 ml.

##### ➤ Solution d'hydroxyde d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) pH = 10,1

- Chlorure d'ammonium..... 67,5 g.
- $\text{NH}_4\text{OH}$  (25%)..... 570 ml.
- $\text{HCl}$  concentré ..... PH = 10,1.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée.....q.s.p 1000 ml.
- Noir eriochrome T.

##### ➤ Solution étalon de référence, $c(\text{CaCO}_3)=0.01\text{mol/l}$

### ❖ Détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

#### Préparation des réactifs

##### ➤ Solution de nitrate d'argent à 0,01 N

- 1,6987 g d' $\text{AgNO}_3 \rightarrow 1000$  ml d'eau distillée.

##### ➤ Indicateur coloré $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ à 10 %

- 10 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow$  Q.S.P 100 ml d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée.

## ANNEXES

### ➤ Solution de chlorures à 71 mg/l

- 0.107g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ..... 1000ml d'eau distillée.

### ❖ Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )

#### Préparation des réactifs

### ➤ Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N

### ➤ Solution d'HCl à 0,1 N

- d'HCl à 1 N..... 100 ml.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... Q.S.P 1000ml.

### ❖ Dosage de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

#### Préparations des réactifs

### ➤ Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique..... 2 g.
- Hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ )..... 32 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... Q.S.P 1000 ml.

### ➤ Réactif II (coloré) :

- Trictrate de sodium..... 130 g.
- Salicylate de sodium..... 130 g.
- Nitropruciate de sodium..... 0.97 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... Q.S.P 1000 ml.

### ❖ Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Préparation des réactifs

### ➤ Réactif Mixte :

- Sulfanilamide..... 40 g.
- Acide phosphorique..... 100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine..... 2 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distillée..... Q.S.P 1000 ml.

### ❖ Dosage des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

#### Préparation des réactifs

### ➤ Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (Renouveler toutes les 24 h).

- 0.5 Gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

### ➤ Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

- 30 Gr de  $\text{NaOH}$  dans 100 ml d'eau distillée.

### ➤ $\text{H}_2\text{SO}_4$ concentré.

### ➤ Tartrate double de sodium et de potassium.

- Hydroxyde de sodium  $\text{Na OH}$ ..... 400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium..... 60 g.
- Eau distillée..... qsp 1000 ml.

## ANNEXES

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

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

- Nitrate de potassium anhydre ..... 0.722 g.
- Eau distillée..... 1000 ml.
- Chloroforme..... 1 ml.

### ❖ Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### Préparation des réactifs

##### ➤ Réactif Mixte :

A

- Heptamolybdate d'ammonium..... 13 g.
- Eau distillée..... 100 ml.

B

- Tartrate d'antimoine..... 0.35 g.
- Eau distillée..... 100 ml.

C

- Acide sulfurique pur..... 150 ml.
- Eau distillée..... 150 ml.

(A + B) + C → 500 ml d'eau distillée.

##### ➤ Acide ascorbique à 10 %:

- Acide ascorbique.....10g.
- Eau distillée.....100ml.

##### ➤ Solution mère à 50 mg/l $\text{PO}_4^{3-}$

##### ➤ Solution fille à 2 mg/l $\text{PO}_4^{3-}$

## ANNEXES

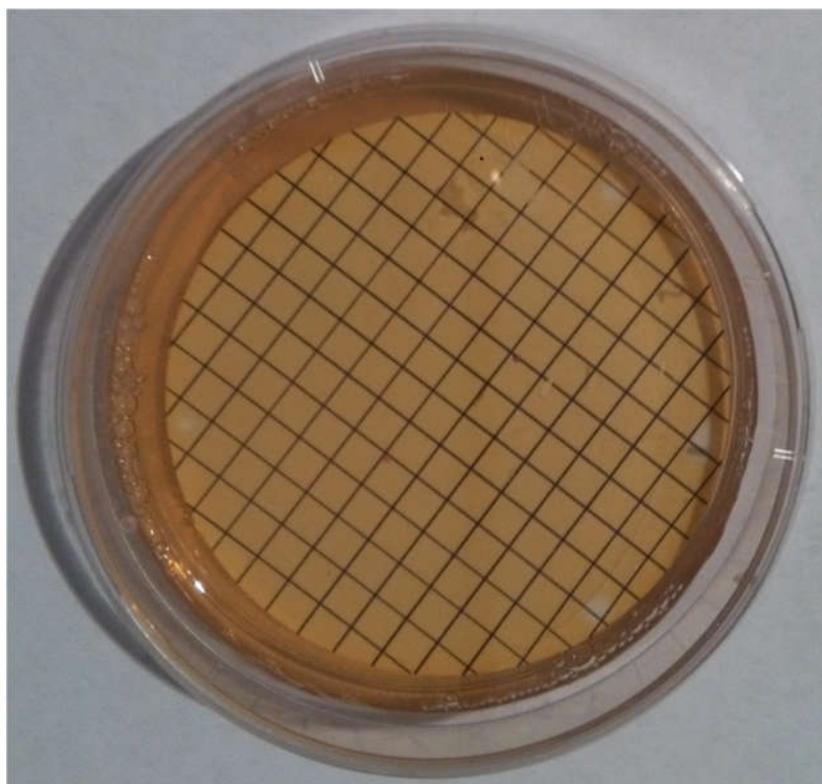


**Photo 1 : Rampe de filtration.**



**Photo 2 : Multi-paramètres.**

## ANNEXES

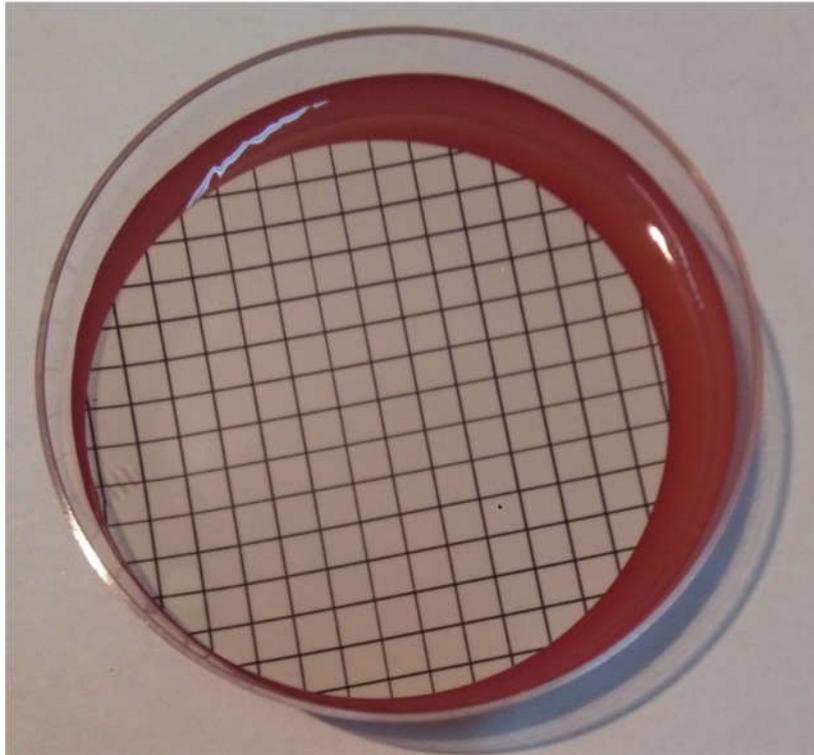


**Photo 3 : Résultats des coliformes fécaux à 44°C/24h.**

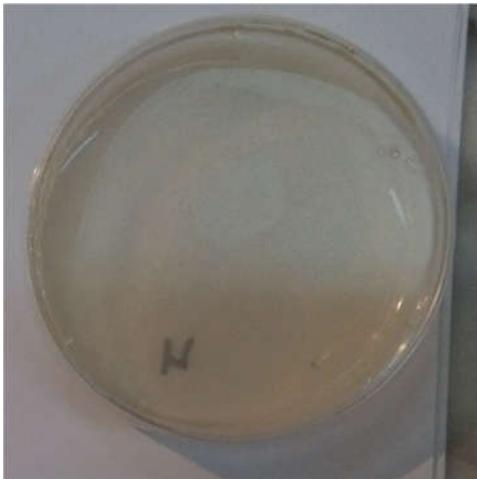


**Photo 4 : Résultats des spores à 37°C/ 24h, 48h.**

## ANNEXES



**Photo 5 : Résultats des streptocoques Fécaux 37°C /48h.**



**Photo 6 : Les Germes totaux 22°C/72h.**



**Photo7 : Les Germes totaux à 37°C/48h.**

## Résumé :

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit-elle-même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique. L'eau de la source de Sebain représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants du village de Sebain (wilaya de Tiaret). Cette étude concerne la contribution à l'étude de qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de la source de Sebain en se basant sur les normes Algériennes et les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), ces normes pour les eaux potable, ceci pour assurer la santé le bien être du consommateur. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que cette eau est pure. Cependant, les résultats obtenus elle confirme les normes de potabilité de l'eau à l'exception des nitrates, concernant l'analyse bactériologiques, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination. On conclue que cette eau est de qualité suspecte du point de vue qu'elle est riche on nitrate. Elle est impropre à la consommation humaine.

**Mots clés :** Eau de source, potabilité, source de Sebain, qualité physico-chimique, qualité bactériologique.

## ملخص:

مصادر والمياه الجوفية ويفضل عادة الموارد المائية لمياه الشرب، وأكثر في مأمّن من التلوث من المياه السطحية. ومع ذلك، هناك حاجة معينة متطلبات الحد الأدنى بالنسبة لهم لاستخدامها في إنتاج مياه الشرب يجب نفسها تلبية معايير الجودة البيولوجية الفيزيائية والكيميائية. مياه السبعين مصدر مورد هام لمياه الشرب لسكان قرى السبعين (ولاية تيارت). وتتعلق هذه الدراسة مساهمة لدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية الجودة من مصدر مياه السبعين على أساس المعايير الجزائرية ومعايير منظمة الصحة العالمية، وهذه معايير مياه الشرب، وهذا لضمان صحة رفاة المستهلك. وأظهرت نتائج التحليل الفيزيائية أن هذه المياه غير النقية. ومع ذلك، فإن النتائج التي تم الحصول عليها تؤكد معايير الصلاحية للشرب الماء مع استثناء من النترات. وفيما يتعلق التحليل البكتريولوجي، أظهرت النتائج عدم وجود أية مؤشرات التلوث. خلصنا إلى أن هذه المياه من نقطة جودة المشبوهة نظر أنها غنية هي نترات وهي غير صالحة للاستهلاك البشري.

**الكلمات المفتاحية :** ماء المنبع، الصالحة للشرب، مياه السبعين، جودة فيزيائية، جودة ميكروبيولوجية.