

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie

Par : M^{elle} **BOUHAFS Maroua**
M^{elle} **KIHOUL Aïcha**

Thème

**Caratérisation physico-chimiques et
bactériologique des eaux potables dans la ville de
Ghardaïa.**

Soutenu publiquement le : 25/06/2018

Devant le jury :

M. BOUNAB Choayb

MAA

Univ. Ghardaïa

Président

M. GUERGUEB El-Yamine

MCB

Univ. Ghardaïa

Encadreur

M. AGOUN M^{ed} Salah

MAA

Univ. Ghardaïa

Examineur

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

Avant tout nous devons remercier notre Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la patience et la force pour arriver au terme de ce modeste travail.

*C'est pour nous un grand honneur que le jury soit présidé par **M. BOUNAB Choayb** (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa), lui exprime toute nous gratitude d'avoir apporté une attention particulière à ce travail.*

*Toute notre gratitude pour notre encadreur du mémoire monsieur **GUERGUEB El-Yamine** (Maitre de conférences –B- à la faculté de Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Ghardaïa) pour la confiance qu'il nous a témoignée tout au long de ce travail, pour son soutien et ses conseil, grâce à qui nos efforts ont pu aboutir.*

*Nous remercions également l'examineur de ce travail : **M. AGGOUN Med Salah** (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa).*

Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants du Département de Biologie, particulièrement les enseignants de Sciences de l'environnement.

Ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a consacré. Un grand merci aux personnels de l'A.D.E, principalement les techniciens du laboratoire qui nous ont facilité le travail.

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont Toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des Enseignants qui ont contribué à notre formation.

AICHA et MAROUA



Dédicace

Je dédie ce travail a :

A cœur vaillant rien d'impossible souhaitant que le fruit de nos efforts fournis jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleur.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A ma mère : la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de près pour moi tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie leurs études

A mon père : école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les gardes et les protège.

; A mes frères : Ahmed, Abd Malek, Kouider, Achref, Akrem;

A mes sœurs :

kheira, friha, Hayat, Hiba, Msouda, Oualha, Saida; mes amies : Soufiane, Moudjeb, Imane, Safaa, Nssima ; A tous ceux qui me sont chères ; A tous ceux qui m'aiment ; A tous ceux que j'aime.

AICHA



Dédicace

Je dédie ce travail a:

*A cœur vaillant rien d'impossible souhaitant que le fruit
de nos efforts fournis jour et nuit, nous mènera vers le
bonheur fleur.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond
amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et
t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A ma mère : la source de tendresse et l'exemple du
dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de près
pour moi tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que
ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie leurs études*

*A mon père : école de mon enfance, qui a été mon ombre
durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au
long de ma vie .*

*à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que
dieu les gardes et les protège.*

*A mes adorables soeurs : **Chahed. Boutina. Mounira. Fatima
Zohra. Sabrina;** A mes frères : **Oussama. Aid. Abd El
Hak. Ahmed;***

*A mes amies ; A tous ceux qui me sont chères ; A tous ceux
qui m'aiment ; A tous ceux que j'aime.*

MAROUA



Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014).	11
02	Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014).	12
03	Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014).	13
04	Caractéristiques des points de prélèvements.	17
05	Classifications des eaux d'après leur pH.	21
06	Classifications des eaux 'après leur conductivité.	22
07	Classes de turbidité usuelles.	24
08	Résumé le mode opératoire de TH.	30
09	Microorganismes des eaux potables	36
10	Résultats de dénombrements des microorganismes	65

Liste des figures

N°	Titres	Pages
01	Cycle de l'eau.	03
02	Graphique des cumuls pluviométriques annuels de la période (1970-2014).	11
03	Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014)	13
04	Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le Climagramme D'Emberger	14
05	Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région de Ghardaïa (2006-2015)	15
06	Carte de répartition des points de prélèvements	18
07	Variations de la température de l'eau des réservoirs.	45
08	Les variations des (pH) par rapport les normes OMS/ALG.	46
09	Les variations de conductivité électriques (CE) par rapport les normes OMS/ALG	47
10	Les variations de turbidité par rapport les normes OMS/ALG.	48
11	Les variations de Salinité par rapport les normes OMS/ALG.	49
12	Les variations de (T.D.S) par rapport normes OMS/ ALG.	50
13	Les variations de concentrations du Calcium par rapport les normes OMS/ALG.	51
14	Les variations des concentrations de TH.	52
15	Les variations de concentrations du Magnésium par rapport les normes OMS/ALG.	53
16	Les variations des concentrations du Chlorure	54
17	La variation de TAC par rapport aux normes OMS /ALG.	55
18	La variation de l'ammonium par rapport aux normes OMS /ALG.	56
19	La variation des concentrations des nitrites par rapport aux normes OMS/AIG.	57
20	La variation de concentrations de Fer par rapport aux normes OMS/AIG.	58
21	La variation des concentrations des Ortho phosphates par rapport aux normes OMS/AIG.	59
22	La variation des concentrations des sulfates par rapport aux normes OMS/ALG	60
23	La variation de teneur de résidus sec par rapport aux normes OMS/AIG.	61
24	La variation des Nitrates par rapport aux normes OMS et AIG	62

Liste des photos

N°	Titres	Pages
01	Le pH mètre (Type WTW model pH 320).	20
02	Conductimètre. (Type WTW modèle LF 538).	21
03	Turbidimètre.	23
04	Matériel utilisé pour l'analyse de Résidu sec.	24
05	Matériel utilisé pour l'analyse du Sulfate (SO ₄ ⁻).	25
06	Dosage de Chlorure (Cl ⁻).	26
07	Dosage de Calcium (Ca ⁺²).	27
08	Titration de TH.	29
09	Dosage de l'Alcalinité (TAC).	31
10	Dosage D' Ammonium (NH ₄ ⁺).	32
11	Dosage de Phosphate (PO ₄ ⁻³).	33
12	Dosage des Nitrites (NO ₂ ⁻).	34
13	Dosage du Fer (Fe ⁺²).	36
14	Incubateur	40
15	La présence des Coliformes totaux dans le milieu TSA	63

Liste des abréviations

ADE: Algérienne des eaux.

ALG : Algérienne.

AEP : Approvisionnement en eau potable.

ANRH: Agence National Ressources hydraulique.

ARS: Agence régionale de santé.

CE: Conductivité électrique.

C.E.C : capacité d'échange cationique.

CF : Coliformes Fécaux

DPAT : Direction de planification et d'aménagement des territoires.

EC : *Escherichia Coli*

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique.

EPE : Exploitation d'eau potable.

Evapo : Evaporation.

HSN : Acide Calcane Carboxylique.

Moy : Moyenne.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM: Office National Météorologique.

ORGM: Office national de Recherche Géologique et Minière.

P : Précipitations.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PP : Poids plein de la capsule.

PV : Poids vide de la capsule.

RS : Résidu sec.

SAR: Sodium Absorption Ratio.

T °:Température.

TAC : Alcalinité totale.

TA : Titre alcalimétrique.

TDS : Taux De Salinité.

TH : Titre Hydrométrie.

UV : Ultra – Violet.

µS/cm : Micro Siemens par centimètre.

VEDTA : volume Ethylène Diamine Tétra Acétique.

Sommaire

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 01

Chapitre I : Généralité sur L'eau

I.1. Définition 03

I.2. Cycle de l'eau 03

I.3. Notion de potabilité de l'eau 03

I.3.1. Critères organoleptiques (saveur- odeur- couleur) 04

I.3.2. Critères physio- chimiques 04

I.3.3. Critères chimiques 04

I.3.4. Critères microbiologiques 04

I.3.5. Critères micropolluants 04

I.3.6. Critères bactériologiques 04

I.4. Pollution des eaux 04

I.4.1. Les type de pollution d'eau 04

I.4.2. Les conséquences de pollution d'eau 05

I.5. Maladies à transmission hydrique 05

I.6. Les maladies causées par l'eau contaminée par des déchets humains ou animaux 06

I.6.1. La diarrhée 06

I.6.2. La typhoïde 06

I.6.4. Le choléra 06

I.7. Maladies causées par les excès des éléments chimiques 07

I.7.2. Les nitrates 07

I.7.3. Les pesticides 07

I.7.4. Le fluor 07

I.8. Source en eau 07

I.8.1. Les eaux de surfaces 07

I.8.2. Eaux souterraines 08

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Introduction 09

II.2. Présentation de la région d'étude 09

II.3. Etude géographique	09
II.3.1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	09
II.4. Caractéristiques physiques	10
II.4.1. Climatologie	10
II.4.2. Pluviométrie	10
II.4.3. Température (T°)	11
II.4.4. Les vents	11
II.3.5. L'humidité	12
II.3.6. L'évaporation	13
II.5. Synthèse climatique	13
II.5.1. Climato gramme d'Emerger	14
II.5.2. Diagramme Pluvio-thermique de Gaussen et BAGNOULS	14
II.5.3. Végétation	15
II.6. Situation hydrologique	16
II.7. Pédologie	16
II.8. Points de prélèvements	17
II.9. Méthodologie	19
II.9.1. Technique des prélèvements	18
II.9.2. Transport et conservation des échantillons	19
II.10. Méthode d'analyse au laboratoire	19
II.10.1. Les Paramètre physique	19
II.10.1.1. La température (T°)	19
II.10.1.2. L'acidité (Le Potentiel d'Hydrogène (pH))	20
II.10.1.3. La Conductivité.	21
II.10.1.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)	22
II.10.1.5. La Salinité	22
II.10.1.6. La Turbidité	23
II.10.2. Paramètres chimiques	24
II.10.2.1. Paramètre gravimétrique	24
II.10.2.1.1. Résidu sec	24
II.10.2.1.2. Détermination des sulfates (SO₄⁻)	25
II.10.2.2. Paramètre volumétrique	25
II.10.2.2.1. Détermination des Chlorures (Cl⁻)	25
II.10.2.2.2. Dosage de Calcium (Ca⁺²)	26
II.10.2.2.3. Le Magnésium (Mg²⁺)	28

II.10.2.2.4. La Dureté de l'eau (TH) ou hydrotimétrique	28
II.10.2.2.5 L'Alcalinité	30
II.10.2.3. Paramètre de pollution	31
II.10.2.3.1. L'Ammonium (NH_4^+)	31
II.10.2.3.2. Les Phosphates (PO_4^{-3})	32
II.10.2.3.3. Nitrite (NO_2^-)	33
II.10.2.3.4. Détermination du Fer (Fe^{+2})	34
II.11. Les analyses bactériologiques	36
II.11.1. Recherches et dénombrement des bactéries coliforme et Escherichia coli dans les eaux de boisson	37
II.11.2. Recherches et dénombrement des bactéries streptocoques méthodes de filtration sur membrane	42
Chapitre III : Résultats Et Discussions	
III.1. Les résultats des paramètres physico-chimiques	45
III.1.1. Les paramètres physiques	45
III.1.1.1. La température	45
III.1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	46
III.1.1.3. La conductivité électrique (CE)	47
III.1.1.4. La Turbidité	48
III.1.1.5. La Salinité	49
III.1.1.6. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)	50
III.1.2. Les paramètres chimiques	51
III.1.2.1. Le calcium (Ca^{2+})	51
III.1.2.2. La Dureté Total (TH)	52
III.1.2.3. Le Magnésium (Mg^{2+})	53
III.1.2.4. Les Chlorures (Cl^-)	54
III.1.2.5. TAC (Titre Alcalimétrique Complet)	55
III.1.2.6. Ammonium (NH_4^+)	56
III.1.2.7. Nitrites (NO_2^-)	57
III.1.2.8. Le fer (Fe^{+2})	58
III.1.2.9. L'orthoPhosphate (PO_4^-)	59
III.1.2.10. Le sulfate (SO_4^{2-})	60
III.1.2.11. Résidus sec	61
III.1.2.12. Nitrates (NO_3^-)	62
III.2. Les résultats des paramètres bactériologiques	63
III.2.1. Les coliformes totaux	63

III.2.2. <i>Escherichia Coli</i>	64
Conclusion	65
Références bibliographiques	67
Annexes	
Résumé	

Introduction

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. (AOUISSI, 2009)

Selon(OUZIANI ,2000)Elle est le composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière (Solide, liquide ou gazeux) aux températures ordinaires. Leur quantité présente sur la planète est évaluée à 1400 millions de Km², dont 97% est salée (les océans et les mers). Sur les 3 % qui restent qui constituent l'eau douce, les trois quarts sont bloqués dans les glaciers et les nappes très profondes et le quart restant donc utilisable ce qui représente uniquement 0.4 % des disponibilités totales en eau sur terre.

Les eaux souterraines sont les synonymes "d'eaux propres" et répondent naturellement aux normes de potabilité ; faible turbidité, composition chimique constante, absence d'oxygène et grande pureté bactériologique (AMIEUR et ZAHOUANI, 2012).

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés, de l'utilisation intensive des intrants chimiques dans l'agriculture et de la mobilisation désordonnée des ressources en eau qui produisent une modification chimique de l'eau et la rendant impropre aux usages souhaités. (BENZAYET, 2010)

L'Algérie, et plus particulièrement le Sahara, est considéré comme un pays relativement aride. Durant les dernières années, le pays est confronté à nombreuse problèmes de ressources en eau mobilisables qui ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible, mais aussi en termes de qualité acceptable (BEN ZAYET, 2010).

Pour le Sahara Algérien qui s'étend sur les 2/3 de la superficie du pays avec plus de 2 millions de Km², recèle d'importantes ressources en eau souterraines emmagasinées dans les deux grands systèmes aquifères du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Ces dernières, constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970; CDTN, 1992).

Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense comme la région de Ghardaïa (ISSAADI, 2011).

Diverses études ont également porté sur la qualité physicochimique, et parfois bactériologique, des eaux de ce système aquifère. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement. C'est ainsi que des propositions de traitements, adaptés aux paramètres de qualité à corriger, ont été effectuées (ACHOUR & YUCEF, 2001 ; MEGDOUD, 2003 ; BOUCHAHM et ACHOUR, 2008).

À l'échelle mondiale, l'impact des maladies hydriques de type diarrhéique est considérable. Chaque année, 2 millions de personnes meurent de maladies diarrhéiques, dont 90 % d'enfants de moins de cinq ans (soit 5 000 enfants par jour). 88 % de ces maladies sont liées aux problèmes de qualité de l'eau, d'assainissement et au manque de salubrité et d'hygiène. Les populations à risque des pays en développement sont fragilisées par la malnutrition, le manque d'eau potable et le faible accès aux soins hospitaliers (HARTEMAN, 2004).

La présente étude a pour objectif de représenter, la qualité physico-chimique et bactériologiques de l'eau destinée à la consommation humaine de certains réservoirs à utilisation publiques dans la wilaya de Ghardaïa (sud de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité.

Notre travail est structuré suivant la démarche méthodologique suivante :

Le premier chapitre : Généralité sur l'eau : Rassemble des généralités sur l'eau : pollution des eaux, maladies à transmission hydrique.

Le deuxième chapitre : Matériel et Méthodes: Il consacre aux conditions et aux modalités d'échantillonnage, les techniques de mesure et d'analyse de nos échantillons. Il s'articule autour de la présentation de la région d'étude les caractéristiques naturelles de la région de Ghardaïa situation géographique, climatologie, géologique et hydrogéologique.

Le troisième chapitre : Résultats et discussion et une conclusion, Présenté l'ensemble des résultats de différentes paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux analysés (eau potable des réservoirs) pendant une période de deux mois (Mars et Avril 2018) et les résultats obtenus comparés par les normes de l'OMS et les normes Algériennes. Il est esquissé par une conclusion finale.

Chapitre I :

Généralité sur l'eau

I.1. Définition de l'eau :

L'eau potable est une eau qui peut être bue par l'homme sans danger pour sa santé, elle doit pour cela répondre à un certain nombre des normes fixées par l'OMS. L'eau potable ou l'eau destinée à la consommation humaine doit être fraîche (la température comprise entre 20°C et 25°C), limpide, incolore et de saveur agréable. Ainsi que : ses propriétés physico-chimique, ses composés minéraux et organique et sa qualité bactériologique ne peuvent nuire à la santé. (GUERD et MESGHOUNI, 2007).

I.2. Cycle de l'eau :

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

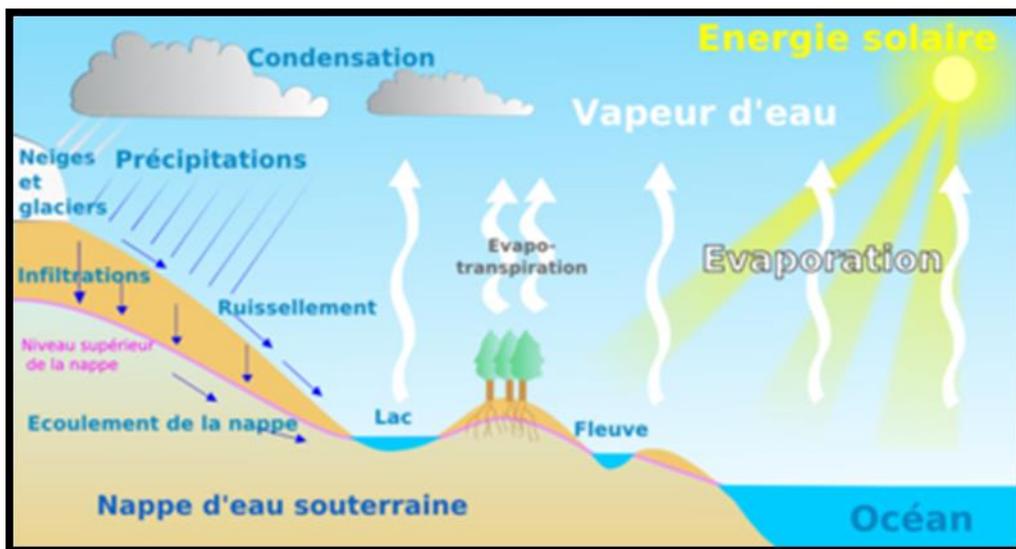


Figure. 01 : Cycle de l'eau (SARI, 2014)

I.3. Notion de potabilité

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine, elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable ou elle subit divers traitements physiques, chimique et biologiques, rendue potable. Ce cycle subit par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grande étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution puis la collecte. (KOUL et *al.*, 2002).

L'eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre des caractéristiques (eau potable doit être limpide, incolore, fraîche (10°-12° C), inodore et de saveur agréable, son pH est de 7. Elle ne peut contenir de substances toxiques minérales ou organiques et elle doit être exempte de germes pathogènes) (OMS, 2014).

Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisqu'une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain. Selon l'arrêté du 11 janvier 2007 du ministère de la Santé une eau potable dit Elle doit répondre à une série de critères, définis par l'arrêté du 11 janvier 2007 du ministère de la Santé.

I.3.1. Critères organoleptiques (saveur- odeur- couleur): ne doit avoir ni saveur, ni odeur désagréable, elle ne doit être ni trouble ni colorée.

I.3.2. Critères physico-chimiques : en relation avec la structure naturelle des eaux (température, pH, chlorures, sulfates).

I.3.3. Critères chimiques : substances indésirables, toxiques.

I.3.4. Critères microbiologiques :

I.3.5. Critères micropolluants : L'eau potable fait l'objet de contrôles sanitaires au point de captage, en production et en cours de distribution. Ces analyses sont effectuées par les Agences Régionales de Santé (ARS) (VOLK et JORET, 1994).

I.3.6. Critères bactériologiques : L'eau est déclarée bactériologiquement pure s'il y a absence de : Bactéries coliformes ; *Escherichia coli*, *Salmonella* ; streptocoques fécaux ; *Clostridium* sulfito-réducteur ; bactériophages ; virus et parasites ; *Pseudomonas aeruginosa* (ou Bacille pyocyanique). (GUERBOUZ, 2006).

I.4. Pollution des eaux :

I.4.1. Les types de pollution d'eau

Selon GUERBOUZ (2006) il y a une :

↳ **Pollution physique :** Elle est due à la présence de matières en suspension, parfois de colloïdes, elle se fait par un trouble ou une coloration prononcée.

- ↳ **Pollution chimique** : Elle est due à des substances en solution, elle se traduit par un changement de saveur (eaux salées ou saumâtres), parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissous est un poison.
- ↳ **Pollution thermique** : elle se traduit par l'accroissement de la température due à des circuits de refroidissement dont le plus souvent relevant de centrales énergétiques.

I.4.2. Les conséquences de pollution d'eau

Les eaux de la nappe phréatique sont plus affectées par des diverses causes de pollution celles-ci sont soit d'origine domestique et/ou urbaine ou encore industrielle (micro-organismes pathogènes, hydrocarbures, solvant, organochlorés,...etc.), soit d'origine agricole le rôle des engrais chimiques est aujourd'hui bien identifié dans le cas de la contamination des nappes aquifères par les nitrates.

Par ailleurs, une augmentation de la teneur en sulfates et en chlorure des eaux souterraines 'observe également depuis quelque années dans les pays industrialisées (DAJOZR, 2008).

I.5. Maladies à transmission hydrique

Les maladies hydriques sont n'importe quelles maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes. [02]

L'image globale de l'eau et la santé a une forte dimension locale avec près de 1.1 billions de personnes encore n'ayant pas d'accès à des sources améliorées en eau potable et près de 2.4 billions à une hygiène adéquate. Aujourd'hui, il est évident que les maladies dues à l'eau ou à l'hygiène expliquent environ 2.213.000 morts tous les ans et une perte annuelle de 82.196.000 d'années de vie corrigée du facteur invalidité (DALY) (GUERBOUZ, 2006).

Certaines maladies transmissibles continuent le poser de sérieux problèmes de santé publique en Algérien soit par la tendance extensive, soit par le danger potentielle qu'elles représentent et contre lequel il y a lieu de se prémunir (BOUZIANI, 2000).

I.6. Les maladies causées par l'eau contaminée par des déchets humains ou animaux

I.6.1. La diarrhée

Chaque jour, 6000 personnes meurent dans le monde à cause de maladies diarrhéiques. En 2001, on a ainsi dénombré près de 2 millions de morts, dont plus de la moitié sont des enfants. Ces maladies ont ainsi tué plus d'enfants au cours des 10 dernières années que tous les conflits armés depuis la fin de la seconde guerre mondiale. [02]

La raison principale de cette situation catastrophique est la pauvreté. Nombre de population ne disposent pas d'eau potable, les aménagements indispensables aux traitements des eaux usées et à la fabrication de l'eau potable étant trop coûteux, ni même des soins que ces affections nécessitent, les infrastructures médicales n'étant pas suffisantes. Cependant, avec de simples mesures d'hygiène, la plupart de ces morts pourrait déjà être évitée. [02].

I.6.2. La typhoïde

La fièvre typhoïde est une infection bactérienne causée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés. Les symptômes sont des maux de tête, des nausées et l'anorexie. Quelque 16 millions de personnes sont infectées par la typhoïde chaque année pour 600000 morts (SASSON, 2005).

I.6.3. Le choléra

Le choléra est une maladie strictement humaine entraînant une diarrhée avec une déshydratation aigue. Après une courte incubation (quelque heure à 5 jours), la maladie débute par une diarrhée fécaloïde, puis aqueuse sans fièvre, associée à des douleurs violentes épigastrique et abdominales et des vomissements en fusées.

La diarrhée devient incoercible, avec des grains riziformes, déshydratation aigue et hypothermique et collapsus cardio-vasculaire [02].

I.7. Maladies causées par les excès des éléments chimiques

I.7.1. Les nitrates

Les nitrates sont principalement toxiques pour les nourrissons et les femmes enceintes. Transformés en nitrites, ils provoquent un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Leur rôle potentiellement cancérigène fait l'objet d'études épidémiologiques, qui ne permettent pas encore de tirer de conclusions (POITOU-CHARENTE, 2015).

I.7.2. Les pesticides

La difficulté avec les pesticides est qu'ils forment une famille très nombreuse: plusieurs centaines de molécules très diverses sont en effet utilisées. En outre, dans la nature, ces molécules se dégradent et en génèrent d'autres. Les toxicités de ces substances, pesticides et produits de dégradation, diffèrent et sont mal connues pour la plupart, l'incertitude portant sur les effets à long terme de doses infimes répétées. Certains sont cancérigènes comme l'atrazine [03].

I.7.3. Le fluor

A faible dose, le fluor est un oligo-élément aux effets bénéfiques (protection contre les caries). A forte dose, il peut provoquer des fluoroses dentaires (tâches sur l'émail et lésions, (POITOU-CHARENTE., 2015).

I.8. Source en eau

I.8.1. Les eaux de surfaces

On peut répartir les eaux de surface en 3 catégories, eaux de rivière partie amont et aval, et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée. (REZZAG et BEN YAHKOUM, 2005).

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes est souvent chargées en pollution toxiques (BOUZIANI, 2000).

I.8.2. Eaux souterraines

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Béchar-Tindouf à l'ouest. (ISSAADI, 2011)

Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili), sont également importantes et se caractérisent aux eaux fossiles au faiblement renouvelables du bas Sahara. Le Continental Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grès, de sable, de grès argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes (ISSAADI, 2011).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

II.1. Introduction

Avant de traiter et discuter les différents résultats d'analyse des données obtenus dans les eaux des réservoirs et sources destinée à la consommation humaine, nous jugeons utile de présenter les conditions et le mode d'échantillonnage, ainsi que les techniques de mesure et d'analyse des échantillons.

Notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau des réservoirs et sources grande utilisation publique dans la ville de Ghardaïa et ses environs, destiné à la consommation humaine par la réalisation des analyses physico-chimiques et Bactériologiques.

Nous avons suivi la qualité de cette eau à travers des analyses qui ont été effectués au niveau de laboratoires de l'unité ADE (Algérienne des eaux) de Ghardaïa.

II.2. Présentation de la région d'étude :

On présentera la région d'étude wilaya de Ghardaïa, qui vont être les zones de prélèvement des eaux potables, et pour les différentes études expérimentales réalisées " in situ " et au niveau du laboratoire.

La wilaya de Ghardaïa compte 146 forages d'eau potable, dont six destinés à l'industrie, avec une capacité globale de 282 000 mètres cubes par jour, ainsi que de 110 réservoirs et châteaux d'eau d'une capacité globale de stockage de 116 470 m³, alors que le réseau d'AEP est de 1 407 km linéaire. Le taux de raccordement à l'eau potable dans la wilaya est estimé à 98% avec une dotation moyenne journalière de 198 litres/habitant.

II.3. Etude géographique

II.3.1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord de Sahara Septentrional, à 600 km au sud d'Alger. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. Elle est située à l'ouest du bassin secondaire du bas-Sahara, sur un plateau subhorizontal (entre 33° et 31°15' de latitude Nord - 2°30' et 5° de longitude Est), composé de calcaire dolomitique ; appelé couramment "dorsale du M'zab ". Il est jalonné par un réseau ramifié d'oueds de direction générale Ouest-Est., telles que l'Oued M'zab, Metlili, Sebseb, Mansourah, N'saa (Berriane) et Oued Zegrir (Guerrara), (EL-GAROUÏ et ZEGAIT, 2015). Les altitudes varient de 650 à 550 m au Nord et le Nord-Ouest, et de 450 - 330 m au Sud et le Sud-Est.

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au nord par la wilaya de Laghouat (200Km),
- Au nord-est par la wilaya de Djelfa (300Km),
- A l'est par la wilaya de Ouargla (200Km),
- Au sud par la wilaya de Tamanrasset (1470Km),
- Au sud-ouest par la wilaya d'Adrar (400Km)
- A l'ouest par la wilaya d'El-Bayad (350Km).

II.4. Caractéristiques physiques

II.4.1. Climatologie :

Le caractère fondamental du climat Saharien est la sécheresse de l'air, mais l'existence des micros-climats jouent un rôle considérable dans les milieux désertiques. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques (microclimat). Au sein d'une palmeraie on peut relever un degré hygrométrique élevé, le degré hygrométrie modifie les effets de la température pour l'homme. (DUBIEF, (1953))

Les éléments qui viennent modifier considérablement les effets de la température par les êtres humains et sur la végétation :

- ✓ L'Humidité
- ✓ Le Rayonnement
- ✓ La composition des sols
- ✓ Le relief,

Il faut tenir compte également du fait que les moyennes de températures sont relevées à l'ombre .et celle-ci est rare au Sahara où la température au sol peut dépasser 60 °C. Le climat Saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée. (DUBIEF, (1953))

II.4.2. Pluviométrie :

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. A Ghardaïa, elles varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze (15) jours par an. A El-Menia, elles varient entre 0,4 mm et 147,5 mm avec une moyenne annuelle de 41,5 mm ; le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois de Janvier et Mars). Les pluies sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels. (O.N.M, 2014).

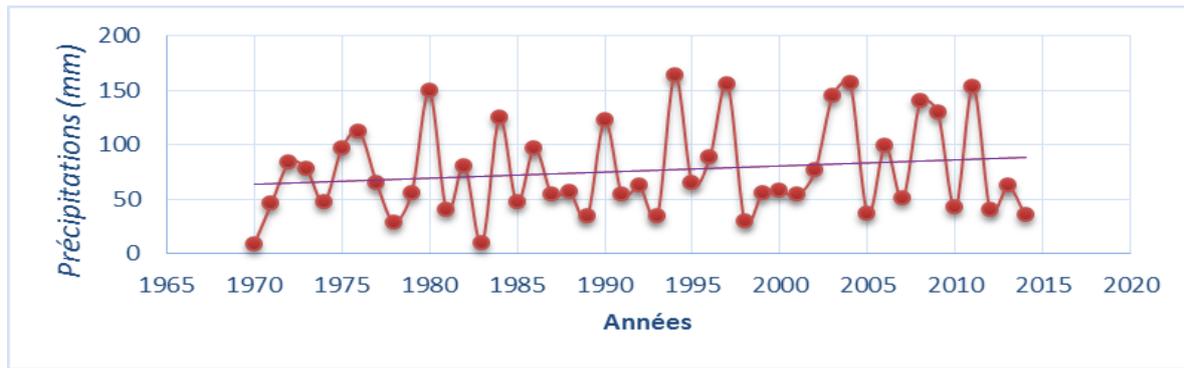


Figure. 02 : Graphique des cumuls pluviométriques annuels de la période (1970-2014).

II.4.3. Température :

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de 36,3 °C, le maximum absolu de cette période a atteint 47 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 9,2 °C, le minimum absolu de cette période a atteint -1 °C. (Tab.01)

Tableau 01 : Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

T moy (°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
Ghardaïa	28,8	22,9	16,2	11,7	10,7	13,1	16,8	20,6	25,9	31,0	34,4	33,9	22,3

II.4.4. Les vents :

Il n'y a pas de désert sans vents. Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en Mars et Avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. (O.N.M, 2015).

L'obscurité règne et toute activité cesse. Ces phénomènes peuvent durer d'un à trois jours et plus, avec cependant une accalmie durant la nuit. Des masses de sable peuvent être transportées à des distances considérables. (O.N.M, 2015).

Pour éviter les effets dévastateurs du vent sur les cultures, il est nécessaire de protéger celles-ci par des écrans suffisants.

En région désertique, le vent et les particules de sable qui l'accompagnent imposent des contraintes à tous les niveaux de la vie sociale et économique. Si l'homme ne peut pas changer les lois de la nature, il est cependant capable d'en prévoir les effets, de réduire ses conséquences néfastes et parfois aussi de les utiliser à des fins économiques. Les éoliennes

peuvent dans certaines conditions apporter un complément non négligeable d'énergie. (O.N.M, 2015).

Les vents qui ne trouvent plus d'obstacles à leur progression sur les régions dénudées apportant la sécheresse. L'érosion éolienne prend la relève de l'érosion hydrique. Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux d'hiver sont froids et humides. Les vents de sable sont très fréquents dans la région d'El-Menia surtout pendant le printemps, les mois d'Avril, Mai et Juin. (O.N.M, 2015).

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Ghardaïa on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de mai à septembre.

Tableau 02: Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
La vitesse moyenne	3.6	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	4.4	4.8	4.5	4.2	3.6	3.3	3.8

II.3.5. L'humidité :

L'humidité relative représente le rapport de la tension de vapeur à la tension maximum correspondant à la même température. Les données recueillies de la station de Ghardaïa donnent une moyenne annuelle de l'ordre de 39,2%. Les moyennes Les vents de sable sont très fréquentes dans la région d'El-Menia surtout pendant le printemps, les mois d'Avril, Mai et Juin. (O.N.M, 2015).

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Ghardaïa on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre.

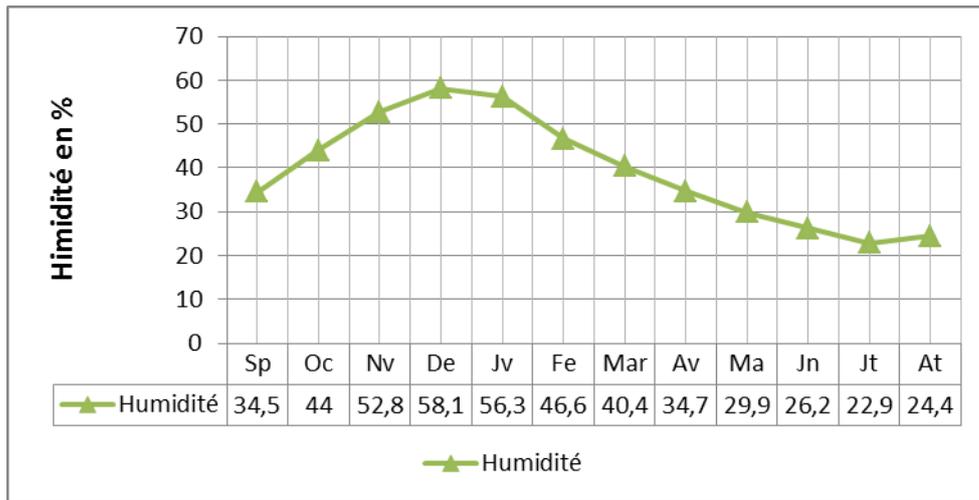


Figure 03: Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015)

II.3.6. L'évaporation :

C'est le processus physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Elle est un paramètre essentiel, car il représente une partie de la fonction de « sortie » dans le bilan hydrologique d'une région donnée. Cependant il est difficile à mesurer, car il dépend de plusieurs facteurs qui sont variables dans l'espace et dans le temps, tels que la température, les précipitations, la vitesse des vents, l'humidité de l'air, l'état du sol et la végétation. (SAOUD, 2014)

Les résultats disponibles pour l'estimation de l'évaporation à la station du Ghardaïa sont mentionnés dans le tableau ci-dessous (Tab.03).

On constate généralement des valeurs élevée (225-310) pendant les périodes chaudes (juin, juillet et août). Les valeurs les moins élevées sont enregistrées au cours du mois de janvier. L'évaporation annuelle à la station de Ghardaïa est de l'ordre de 2178,2 mm.

Tableau 03: Les vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (1990-2014) (ONM, 2015).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Ans
Evaporation (mm)	225	143	96	59	76	102	143	188	250	310	309	276	2178

II.5. Synthèse climatique :

La température et la précipitation représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région données (FAURIE et al, 1984).

II.5.1. Climagramme d'Emberger :

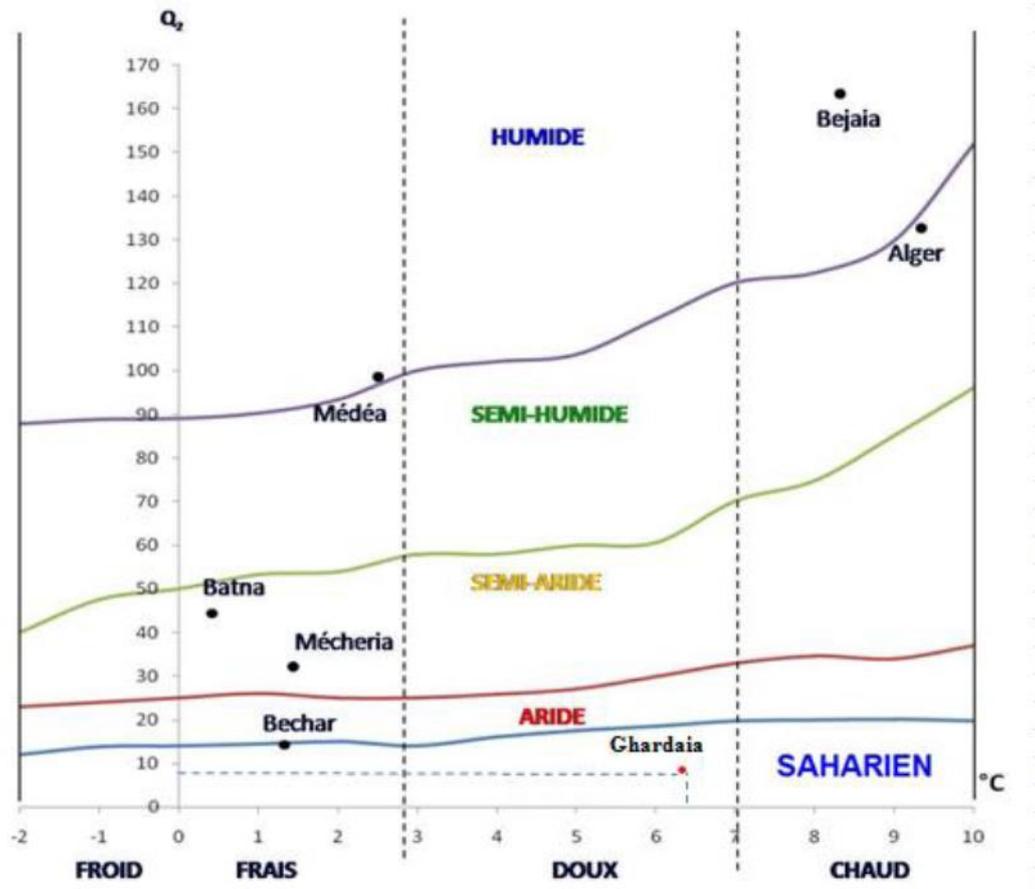


Figure 04 : Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le Climagramme D'Emberger

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (DAJOZ, 1980).

Le quotient pluvio-thermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Où : } Q_2 = 3,43 \times [P / M - m]$$

P : Pluviosité moyenne annuelle (77.647 mm).

M : Température maximale du mois le plus chaud (41.52°C., Juillet).

m : Température minimale du mois le plus froid (6.45°C., Janvier)

Le quotient Q_2 de la région de Ghardaïa est égal à 7,59 La valeur du quotient est portée sur le climatogramme d'Emberger, et situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux

II.5.2. Diagramme Pluvio-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS :

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Pluviothermique de GAUSSEN et BAGNOULS permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- ❖ En abscisse par les mois de l'année.
- ❖ En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de $P=2T$.
- ❖ L'aire comprise entre les deux courbes représente le période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

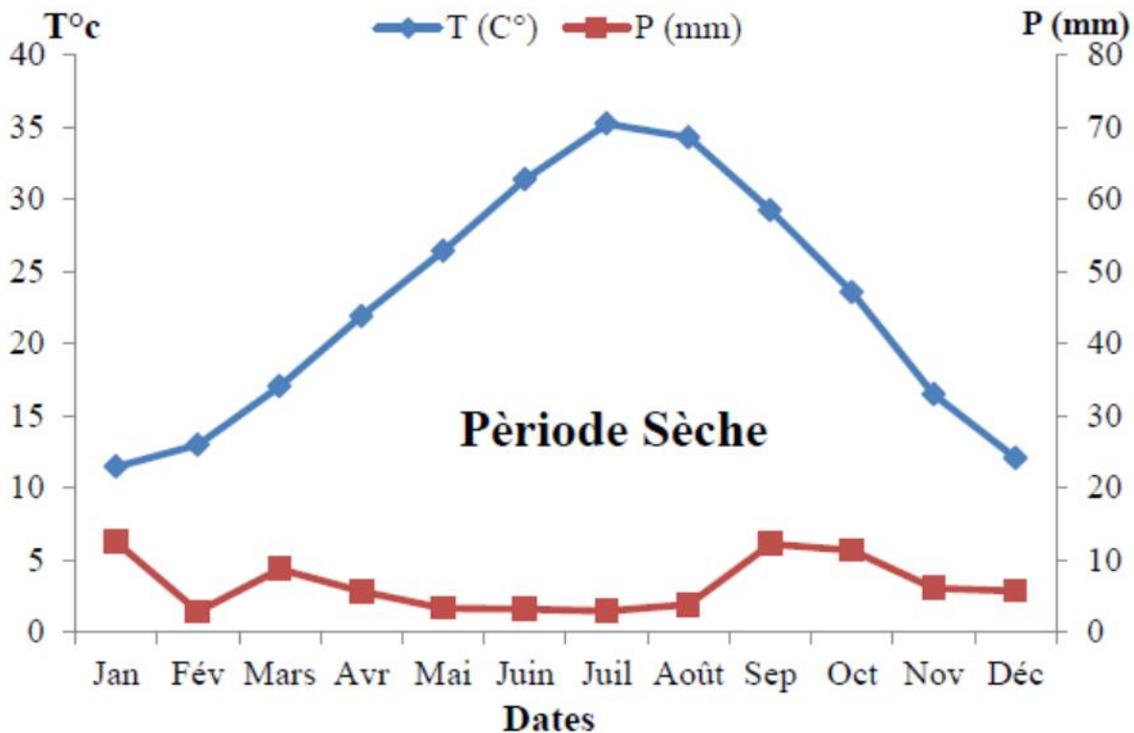


Figure05 : Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région de Ghardaïa (2006-2015)

II.5.3. Végétation :

Les plantes sont un facteur clé dans tous les écosystèmes influant sur la communauté biologique ainsi sur l'ensemble des facteurs abiotique (SCHULZE et *al.*, 2005 in MOSBAH, 2015). La flore du Sahara septentrional dont la région de Ghardaïa est relativement homogène (ABDELAZIZ, 2011).

La végétation désertique est rare, elle comprend des plantes annuelles à croissance rapide qui fleurissent et fructifie après les rares périodes humides. (DAJOZ, 1971)

Ces plantes constituent souvent un tapis continu recouvrant le sol, désigne en langage local "Achab" (OZENDA, 1983).

L'adaptation morphologique est dirigée vers la recherche de l'eau par l'enracinement très profond (permettant d'atteindre la nappe souterraine) ou au contraire largement étalé en surface pour capter au maximum les eaux de pluie ou de condensation .

La diversité floristique est diminuée à la cour de temps, en 2006 le nombre des espèces spontanées est 83, à cause des facteurs naturels (précipitation) et les facteurs anthropiques (l'urbanisation) la majorité des espèces qui disparus sont des plantes éphémères, cette variation est liée avec des conditions non favorables pour développement ces plantes. (ATLAS, 2013)

II.6. Situation hydrologique

Dans le désert non seulement les précipitations sont rares et irrégulières mais l'évaporation est considérable et plus importantes que le niveau de précipitations. Actuellement on utilise, sans compter les réserves d'eau fossile situées dans la couche géologique du continent intercalaire (nappe albienne 1/41). (ACHOUR et *al*, 2010 ; DJOUDI et RAFA, 2009).

Les forages vont chercher l'eau à de grandes profondeurs. On parle d'une fabuleuse réserve de 600.000 Km² située en dessous du grand Erg Oriental mais quelques soient les estimations, il n'y a qu'une certitude : ces réserves ne sont pas réalimentées et donc limitées dans le temps. (BELLI, 2011)

Le développement de nouvelles techniques pour réalimenter les nappes, les dispositifs mis en place pour réduire l'évaporation peuvent certainement faire reculer l'échéance et l'on peut espérer que le génie de l'homme trouvera des solutions appropriées avant l'épuisement total des ressources aquifères. En attendant la vigilance doit être de rigueur et le gaspillage sévèrement contrôlé. (BELLI, 2011)

II.7. Pédologie :

Le sable ne domine pas dans le Sahara, les sols désertiques sont surtout pierreux. Les sols argileux couvrent une grande partie des déserts. La surface d'un sol argileux se des sèches très rapidement après une pluie (D.S.A, 2011).

Les sols de la vallée du M'Zab sont d'apport alluvial et éolien de 6 à 7 m de profondeur, ils sont favorables à l'agriculture, par contre la dorsale du M'Zab qui entoure la vallée appartient aux Regs autochtones.

Les sols de la vallée du M'Zab sont peu évolués, meubles, profonds et présente une texture sablo-limoneux avec un taux de sable proche de 80% et un taux d'argile faible (8 à 10%), sa texture permet un drainage naturel suffisant. (MIOURIGH, 2011).

II.8.Points de prélèvements

Il s'agit de sept réservoirs et sources d'eau destinée à la consommation humaine, réparti dans les grands quartiers populaires de la ville de Ghardaïa et les déférentes agglomérations avoisinées ; les réservoirs choisis sont de natures déférentes (Tab.04)

Tableau. 04. Caractéristiques des points de prélèvements

Points de prélèvements	Numéro	Dates du prélèvement	Nature de réservoir et source
Numérat	(P_01)	13/03/2018 09/04/2018	Conduit direct au forage
Atteuf	(P_02)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir métallique
Sidi Abaz	(P_03)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir métallique
Ben Yezgen	(P_04)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir métallique
Aadira	(P_05)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir en métallique
Theneya	(P_06)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir métallique
Ain Loubou	(P_07)	13/03/2018 09/04/2018	Réservoir métallique

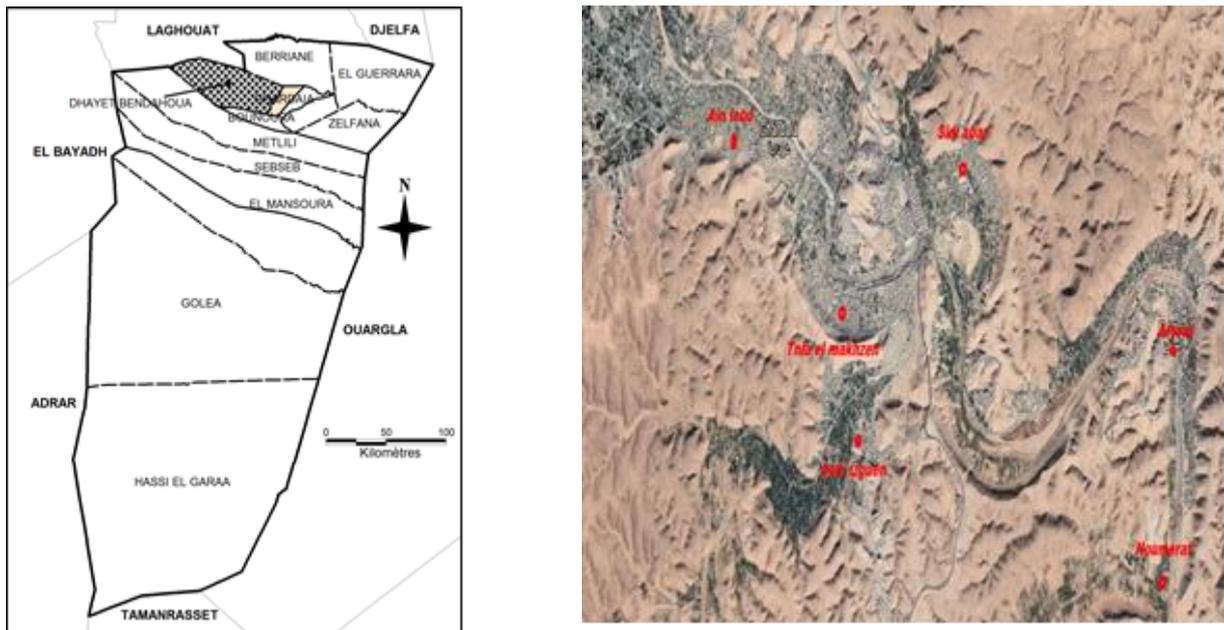


Figure 06 : Situation de la Wilaya de Ghardaïa (ANRH, 2007) / Carte de répartition des points de prélèvements

II.9. Méthodologie

II.9.1. Technique des prélèvements

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont prolongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. (RODIER, 1996)

Analyse physique-chimique : L'échantillonnage destiné à la physico-chimie ne pose pas de problème particulier, des flacons plastiques sont suffisants et le volume de prélèvement est d'un litre pour une analyse complète. Ouvrir le robinet et placer le flacon sous le jet d'eau pour le remplir. (GUERBOUZ, 2006)

L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible, l'eau a été recueillie directement dans le flacon. (COULIBALY, 2005).

II.9.2. Transport et conservation des échantillons :

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants. (GUIRAUD, 1998)

II.10. Méthode d'analyse au laboratoire

Nous avons étudié la qualité de cette eau à travers des analyses qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE de Ghardaïa.

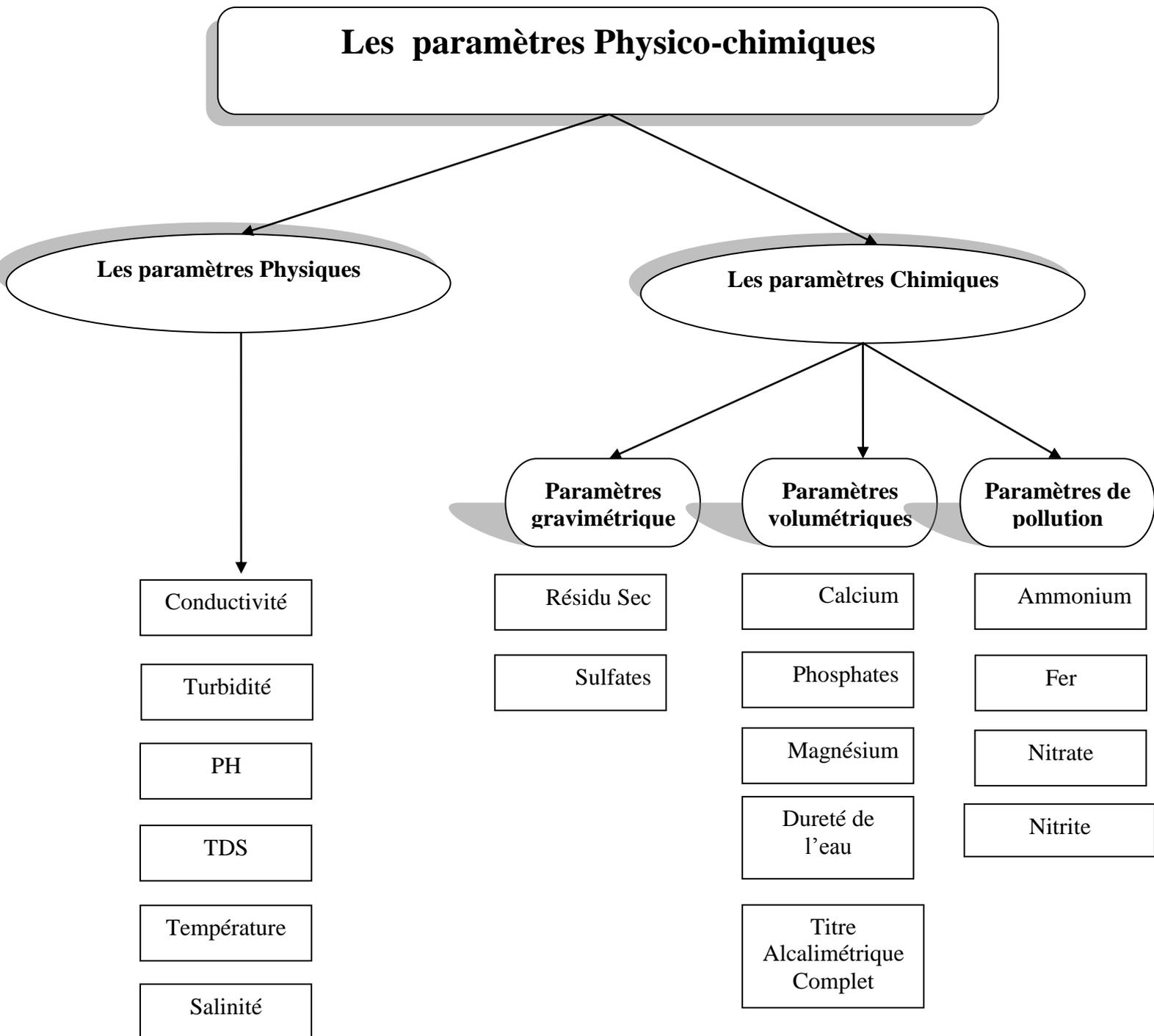
Les analyses physico-chimiques :

Selon OULAD MBAREK (2016), l'eau destinée à la consommation humaine constitue un des produits alimentaires les plus contrôlés. Ses analyses sont réalisées depuis son origine jusqu'au robinet. Cette eau doit répondre aux exigences de qualité. Aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; elle doit également être conforme vis-à-vis d'un ensemble de normes de potabilité. Pour évaluer la qualité physicochimique des eaux de consommation. Il faut mesurer la température, le pH, la conductivité, la salinité, la dureté et déterminer les teneurs en nitrates, en chlorures et en calcium.

L'eau dans les analyses physico chimiques passe à trois paramètres parallèlement :

- Paramètre physique et chimique
- Paramètre de gravimétrie
- Paramètre de pollution

Protocol pour les analyses physico-chimiques :



II.10.1. Les Paramètre physique

II.10.1.1. La température (T°)

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux Il est important de connaître la température de l'eau parce qu'elle joue un rôle dans la solubilité des sels, la mesure de la température s'effectue dans le terrain.

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieur en hiver à la température de l'air, donc l'eau potable à une température 10 à 20°C, voir même 25°C mais l'eau de boisson à une bonne fraîcheur sa température varie entre 9 et 12°C.

L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs par contre, une température inférieure à 10°C ralentit les réactions dans les différents traitements des eaux. (RODIER, 1984)

II.10.1.2. Le potentiel d'Hydrogène pH :

Le potentiel hydrogène, Dans la plupart des eaux naturelles, il dépend de l'équilibre carbonate- bicarbonate an hydrique carbonique. Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique.

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau :

- Si le pH inférieur à 7 peut conduire à corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple.
- - Si le pH élevé peut conduire à des dépôts incrustant dans les circuits de distribution, pour cela les normes préconisent un pH compris entre 6,5 et 8,5. (RODIER, 1984)

Bien que le pH n'ait habituellement aucun impact direct sur les consommateurs de ces eaux, il est l'un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau. Il est peut-être déterminé par diverses méthodes d'analyse, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (OULED SIDI OMAR, 2016).



Photo 01 : Le pH mètre (Type WTW model pH 320). (Originale 2018)

Tableaux 05 : Classifications des eaux d'après leur pH (AGRIGON, 2000 ; HAKMI, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

II.10.1.3. La Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un Conductimètre (Type WTW modèle LF 538) (Fig.02), et ramené à la température de 25°C. L'unité de conductivité est exprimée par le micro-Siemens par mètre ($\mu\text{S/m}$). (BENSAHA, 2015).

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, Toute eau est plus ou moins conductrice. Cette conductivité électrique est liée à la présence des ions dans l'eau, l'existence d'une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très Approximativement la minéralisation globale de l'eau. C'est à dire la conductivité électrique constitue de ce fait un critère d'appréciation de la minéralisation.

Une conductivité électrique élevée traduit soit une température élevée, soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites. Les normes fixent la conductivité électrique entre 200 et 1000 $\mu\text{s/cm}$. (RODIER, 1984 ; DENTELLE, 2001).



Photo 02: Conductimètre. (Type WTW modèle LF 538). (Originale, 2018)

Tableau 06 : Classifications des eaux 'après leur conductivité (AGRIGON, 2000 ; HAKMI, 2002).

X ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
10<X<80	Eau de pluie
30<X<100	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300<X<500	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
500<X<1000	Eau très minéralisée
1000<X<3000	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline

II.10.1.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)

La minéralisation est 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 sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent mieux contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe. (AOUISSI, 2009)

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (RODIER, 1996). Il a été déterminé à l'aide d'un conductimètre électrique, qui permet de mesurer également la salinité .

II.10.1.6. La Salinité

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique).

Le chlorure de sodium (Na Cl) n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité en utilise un multi-paramètre (OULED SIDI OMAR, 2016).

II.10.1.7. La Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux.

La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler une détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages (AOUISSI, 2010).

Pour mesurer la turbidité nous avons utilisé un turbidimètre et une cuve stérile.

➤ Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

➤ Expression des résultats :

La mesure est obtenue directement en NTU.



Photo 03 : Turbidimètre. (Originale, 2018).

Tableau 07 : Classes de turbidité usuelles (HAKMI, 2002).

NTU<5	Eau claire	NTU<5
5<NTU<30	Eau légèrement trouble	5<NTU<30
NTU>50	Eau trouble	NTU>50

II.10.2. Paramètres chimiques

II.10.2.1. Paramètre gravimétrique

II.10.2.1.1. Résidu sec

➤ Principe

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. (Fig.04)

➤ Matériel :

- Capsule en porcelaine.
- Balance analytique.
- Etuve réglable.

➤ Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

➤ Expression des résultats

- Les résultats sont donnés en mg/l.

$$\Delta P (PP-PV) \times 10 \times 20000 = \dots\dots\dots \text{mg / l de } R_s.$$

D'où **PP** est le poids plein de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.



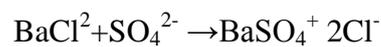
Photos 04 : Matériel utilisé pour l'analyse de Résidu sec. (Originale, 2018).

II.10.2.1.2. Détermination des Sulfates (SO_4^-)

➤ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum BaCl^2 .

En présence de BaCl^2



➤ Mode opératoire

- Introduire dans bécher :
- 100 ml d'eau distillée
- 5 ml d'Hcl à 5 % pur
- Mettre le bécher sur une plaque chauffante jusqu'à l'ébullition
- Titrer avec 20ml du Chlorure de baryum jusqu'à obtention de la couleur jaune pale.
- Filtré la solution
- Récupéré le filtre
- Attendre 2 mn et titrer par la solution de thiosulfate N /10 jusqu'à disparition de la coloration bleu. (Fig.05)



Photos 05 : Matériel utilisé pour l'analyse du Sulfate (SO_4^{2-}). (Originale, 2018).

II.10.2.2. Paramètre volumétrique

II.10.2.2.1. Détermination des Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont répandus dans la nature, on les trouve sous forme de $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$, KCl ou CaCl_2 .

➤ Principe de dosage

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) en présence du chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

➤ Réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10%
- Solution de nitrate d'argent N/10.

➤ Mode opératoire

Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%, verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes (Fig. 21) (OULD SIDI OMAR, 2016).

➤ Expression des résultats

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$C(\text{Cl}^-) = V \text{ AgNO}_3 \times N \times 35,5 \times 1000/E.$$

$N = 1/50$. E = volume en ml de la prise d'essai



Photo. 06 : Dosage de Chlorure (Cl⁻). (Originale, 2018).

II.10.2.2.2. Dosage de Calcium (Ca⁺²)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc...

La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO₄ et la dissolution des formations carbonatées CaCO₃.

L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO₃. (OULED SIDI OMAR, 2016).

❖ Détermination de (Ca⁺²)

➤ Méthode titrimétrie à l'EDTA (éthylènediaminetétraacétique)

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet (Fig. 22). Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

➤ Expression des résultats

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$C (\text{Ca}^{+2}) = V_{\text{EDTA}} \times F \times 8.016$$



Photos 07 : Dosage de Calcium (Ca^{2+}). (Originale, 2018).

II.10.2.2.3. Le Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (AOUISSI, 2009)

❖ Détermination de Mg^{2+}

➤ Méthode par calcul

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en CaCO_3 mg /l. (Rodier, 2005).

$$[\text{TH}] = [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}]$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = [\text{TH}] - [\text{Ca}^{2+}].$$

II.10.2.2.4. La Dureté de l'eau (TH) ou hydrotimétrique

La Dureté de l'eau est dite douce lorsqu'elle est peu chargée en calcium et en magnésium. La somme des deux constitue le titre Hydrotimétrique. A l'inverse une eau sera dite dure (à $\text{TH} > 10$). (OULAD MEBAREK, 2016).

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (DETAY, 1993).

La dureté est le plus généralement exprimée en milligrammes de carbonate de calcium équivalents par litre, à plus ou moins 60 mg par litre de carbonate de calcium, une eau est généralement considérée comme douce. Bien que la dureté soit provoquée par des cations, elle peut également être discutée en matière de carbonate (provisoire) et dureté (permanente) non carbonatée. (MELLAK, 2009)

La dureté s'exprime souvent en degrés français (F°) selon le classement suivant :

- 0 à 7° : eau très douce ;
- 0 à 14° : eau douce ;
- 14 à 20° : eau moyennement dure ;
- 20 à 30° : eau assez dure ;
- 30 à 50° : eau dure ;
- 50° et plus : eau très dure.

➤ Détermination de la dureté totale

En pratique la dureté totale est définie par : $[\text{TH}] = [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}]$

➤ Méthode titrimétrie à l'EDTA

➤ Principe

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du Mg^{2+} , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (RODIER, 1996 ; 2005).

➤ Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu (ph.08). Noter le volume versé V_{EDTA} .



Photos. 08 : Titrage de TH. (Originale, 2018).

➤ Expression des résultats

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mg/L est donnée par l'expression suivante : $VEDTA \times F \times 2$

F:facteur de dilution.

Tableau. 08: Résumé le mode opératoire de TH (OULAD MEBAREK, 2016)

TH	
Echantillon	25 ml
Eau distillé	25 ml
Orthophosphoric	4 ml
Murdo noire	Pince
Titration par EDTA	Titration par EDTA
Couleur de titration	Bleu ciel

II.10.2.2.5. L'Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques, K) ou industriels (apports basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques, et elle permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. La norme ISO 9963 définit différents.

➤ **Types d'alcalinité**

Alcalinité au virage du rouge de méthyle (ou de l'orange de méthyle) : Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC). (REJESK, 2002).

Alcalinité au point de virage du phénol phtaléine (alcalinité composite) : Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA). (REJESK, 2002).

➤ **Détermination de l'alcalinité totale et composite**

➤ **Méthode titrimétrie**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur colore. (RODIER, 2005).

➤ **Mode opératoire**

➤ **Alcalinité composite (TA)**

Introduire à l'aide d'une pipette 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine. Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle. - Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique (Fig.24). Jusqu'à la disparition de la coloration (pH. 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé (RODIER, 2005).

➤ **Alcalinité totale (TAC)**

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH 4,3). Noter le volume V ml d'acide versé.

Expression des résultats :

- **TAC : $(V - 0,5) \cdot 12,2$**



Photos 09 : Dosage de l'Alcalinité (TAC). (Originale, 2018).

III.5.2.3. Paramètre de pollution

III.5.2.3.1. L'Ammonium (NH_4^+)

Le choix de la méthode est déterminé par la concentration en ions ammonium qui est très variable et la plupart d'ions interférents tels que chlorures, fer, amine, matière organiques... etc.

➤ Principe

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

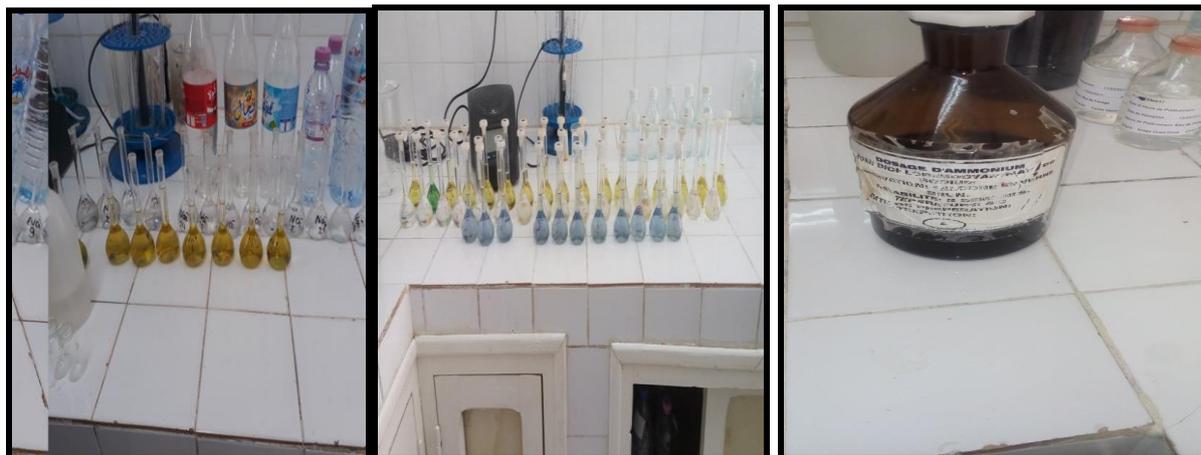
➤ Réactifs

- Réactif 1: Solution chlorée.
- Réactif 2. Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol.

➤ Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H_2O distillée et attendre 1h 30.

Effectuer la lecture à 655 nm (pH.10). (RODIER, 1996 ; AMINOT, 1983).



Photos 10 : Dosage D'Ammonium (NH_4^+). (Originale, 2018).

II.10.2.3.2. Le Phosphate (PO_4^{3-})

➤ Principe

La méthode de MURPHY et RILEY (1962), reste encore aujourd'hui une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ions ortho phosphate en eau.

➤ Réactifs

- Solution de molybdate d'ammonium.
- Acide sulfurique 2.5mol/l
- Solution d'acide ascorbique.
- Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

➤ Mélange-réactif

- Mélanger les réactifs ci-dessus dans la proportion suivante :
- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250 ml d'acide sulfurique 2,5mol/l.
- 100 ml de solution d'acide ascorbique.
- 50 ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

Ce mélange –réactif qui ne conserve pas plus de 6 h doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyses.

➤ Mode opératoire

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °C.

On procède comme suit :

- Préparer le mélange –réactif.
- Mesurer 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 ± 0.5 ml du mélange –réactif et homogénéiser aussitôt.

- Attendre 5 min et mesurer à l'eau l'absorbance à 885 nm (OULED SIDI OMAR, 2016).



Photo 11 : Dosage de Phosphate (PO_4^{3-}). (Originale, 2018).

II.10.2.3.3. Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau, mais à des doses faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (BREMOND et PERRODUM, 1976).

➤ Principe

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm (ADE, 2017).

➤ Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- Complété à 50 ml par l'eau distillé.
- Attendre 20 mn.
- L'application de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Effectuer la lecture à 543 nm. (Fig.27).

➤ Réactifs

➤ Réactif Mixte

- Sulfanilamide ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$) 40g.
- Acide phosphorique 100ml.
- N-1-Naphtyle éthylène diamine dihydrochloride ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$) 2g.
- H_2O distillée 1000ml

➤ **Appareillage**

- Spectrophotomètre UV- visible. (Annexe. IIV).
- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fiolle de 500ml et pipette....) ;
- Eprouvette graduée.
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/ L.



Photos 12 : Dosage des Nitrites (NO_2^-). (Originale, 2018).

II.10.2.3.4. Détermination du Fer (Fe^{+2})

Au niveau de la distribution, le fer provient le plus souvent de l'action de l'eau sur la canalisation. Le fer ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique. C'est un élément essentiel de la nutrition humaine.

Le dosage se fait par spectrométrie moléculaire : Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénanthroline 1, 10 (RODIER, 2005).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre comme prise d'essai 50ml d'eau d'échantillon ;
- Transvaser la solution dans une fiole de 100ml
- Ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ;
- Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5
- Ajouter 2 ml de la solution phénanthroline ;
- Conserver pendant 20min à l'obscurité

- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 50 mn.

➤ **Réactifs**

- Solution tampon acétate.
- Chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Solution de phénanthroline $C_{12}H_9CL_2.H_2O$.

➤ **Appareillage**

- Spectrophotomètre UV. Visible à 510 nm ;
- Toute la verrerie et flacons de prélèvement doivent-êtr lavés à l'acide
- Chlorhydrique (HCl) à 1.12 g /ml ;
- Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai ;
- Balance analytique de laboratoire ;
- Eprouvette graduée ;
- Fioles ;
- Pipettes ;

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné direction en mg/L.



Photos 13 : Dosage du Fer (Fe^{+2}). (Originale, 2018).

II.11. Les analyses Bactériologique :

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (MOKEDDEM et OUDDANE, 2005). S'il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire

précis évitant toutes les Contaminations accidentel les, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- ✓ Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.
- ✓ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux. (MEA-LAB, 2007)

Tableau : Microorganismes des eaux potables (MEA-LAB, 2007)

Pathogènes et indicatrices	potentiels bactéries	Bactéries Autochtones	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
<i>Salmonella</i> <i>Shigella</i> <i>Entérovirus</i> <i>E Coli</i> <i>Streptococcus</i> <i>Legionella</i>		<i>Acinéto bacter</i> <i>Aeromonas</i> <i>Alcaligenes</i> <i>Bacillus</i> <i>Entérobacter</i> <i>Flavobactérium</i> <i>Psédomonas</i> <i>Proteus</i> <i>Yersinia</i> <i>Corynebacterium</i>	<i>Bactéries Sulfitoreductricess</i> <i>Bactéries de Fer</i>	<i>Penicillium</i> <i>Rhizopus</i> <i>Mycélium</i> <i>Trichomonas</i> <i>Mucor</i> <i>Aspergillus</i>

Le but de l'analyse bactériologique :

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau, elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. (RODIER ,1996)

Prélèvement de l'eau

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont prolongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également place sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecte au cours du transport. (RODIER, 1996)

- **Prélèvement à un robinet :**

- ↳ Elever les brises jet et tuyaux en caoutchouc du robinet, éliminer les concrétions calcaires.
- ↳ Se laver les mains, les rincer à l'alcool, sécher.
- ↳ Flamber le robinet pendant au moins 1mn
- ↳ Ouvrir le robinet et laisse couler 1à2 mn avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme au-dessus du robinet.
- ↳ Prendre le flacon de la main gauche, l'approcher des doigts libres de la main droite enlever avec ceux-ci le coton bouchant le goulot.
- ↳ Flamber rapidement le bord de ce goulot remplir presque entièrement le flacon, flamber à nouveau et mettre le bouchon stérile

Méthodes d'analyse :

II.11.1. Recherche et dénombrement de la bactérie Coliforme et *Escherichia coli* dans les eaux de boisson :

★ Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (ROUX, 2003). La bactérie *E coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. (CAMILLE, 2003 ; CARBONNELLE et al., 1998 ET ARCHIBALD et al., 2003).

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre $42 \pm 2^\circ\text{C}$. (BOURGEOIS et LEVEAU, 1980 ; DENIS et al., 1983).

➤ Méthodes de travail :

✓ Réactifs, milieux et matériel

- Réactifs et milieux
- Milieu d'isolement

- Gélose lactosée au TTC et à l'heptadécylsulfate de sodium.

✓ Milieu de confirmation et d'identification :

- TSA (Gélose Tryptonée au Soja)

- TBA (Gélose Tryptonée contenant des sels Biliaires)
- Tétraméthyl-p-phénylènediamine sur un papier filtre
- Bouillon au tryptophane

✓ **Réactif de confirmation**

- Réactif de l'oxydase.
- Réactif Kovacs.
- Réactif à l'indole.

✓ **Matériels**

- Autoclave
- Bec bunsen
- Bêchers petite taille
- Boîtes de Pétri stérile
- Cuillère
- Erlenmeyer
- Incubateurs à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- Membranes filtrantes porosité $0,45\mu\text{m}$, diamètre 47 mm
- Pincettes
- Produit désinfectant (alcool, lingettes imprégnées...)
- Rampes de filtration avec pompe et fiole à vide.

✓ **Filtration de l'échantillon**

- ↳ Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flamage et fermé en fin de flamage.
- ↳ Flamber les entonnoirs aussi.
- ↳ Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
- ↳ Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 secondes.
- ↳ Saisir une membrane stérile de porosité $0,45\mu\text{m}$, ouvrir son emballage et extraire la membrane avec la pince stérilisée préalablement par flamage.
- ↳ Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi.

- ↳ Fixer l'entonnoir sur le support.
- ↳ Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
- ↳ Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
- ↳ Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml).
- ↳ Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet.
- ↳ Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- ↳ Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol et au T.T.C.) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- ↳ Incubation à 36 ± 2 °C pendant 22 ± 2 h, le couvercle vers le bas.



Photo 14 : Incubateur (Originale 2018)

✓ **Lecture**

Examiner les membranes et considérer comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives). (MEA-LAB, 2007)

✓ **Confirmation**

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. (MEA-LAB, 2007)

✓ **Test à l'oxydase**

↳ Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :

↳ Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique.

↳ Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyl-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture.

Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé. (MEA-LAB, 2007)

Test à l'indole :

Pour cela, 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 ± 3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu. (MEA-LAB, 2007)

Identification

↳ Est considérée comme bactérie coliforme, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.

Est considéré comme bactérie *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C .

(MEA-LAB, 2007)

✓ Mesures et calcul du résultat

Calculer ensuite la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part, celle des *Escherichia coli* à part ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante : (MEA-LAB, 2007)

Où :

$$a = b/A \times C$$

b: Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A: Nombre de colonies repiquées.

C: Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

✓ Essai rapide

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 à 250 ml d'eau à analyser selon les types d'eaux à analyser, devant un bec bunsen à travers une seconde membrane qui sera placée dans un premier temps sur une plaque de gélose 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 TBA enrichie en sels biliaires 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*. (MEA-LAB, 2007)

✓ **Confirmation :**

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. Sont considérés comme des *Escherichia coli*, les colonies qui prennent une coloration rouge :

à dénombrer. Le nombre d'*Escherichia coli* sera rapporté à 100 ou 250 ml d'eau à analyser. (MEA-LAB, 2007)

II.11.2. Recherches et dénombrements des Bactéries streptocoques méthode de filtration sur membrane :

➤ **Les streptocoques :**

Les streptocoques Fécaux sont des hôtes de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce sont des bactéries en forme de cocci ou ovoïdes, à gram positif, capable de se développer en 24 à 48 h à 37°C , sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium (Slanetz et Bartley), réduisant le chlorure de 2, 3, 5-triphenyl-tetrazolium (T.T.C) en formozan en donnant des colonies caractéristiques de couleur rose, rouge. Ces bactéries, de plus, hydrolysent l'esculine à 44°C pendant 2h. Elles forment généralement des chaînettes à catalases négatifs, possédant l'antigène D. (LABRES et al., 2008).

Le dénombrement des streptocoques est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante ayant une porosité de $0,45\ \mu\text{m}$ suffisante pour retenir les bactéries. Le filtre est placé sur un milieu sélectif solide contenant de l'azoture de sodium pour supprimer la croissance des bactéries gram-négatif et du chlorure de 2, 3,5-triphenyl-tetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux. Les colonies typiques sont bombées, de couleur rouge, marron ou rose, soit au centre ou sur l'ensemble de la colonie. Pour confirmation de la présence d'entérocoques, le filtre est ensuite transféré sur la gélose contenant de la bile et de l'esculine (B.E.A), qui est hydrolysé par les

entérocoques, donnant une coloration noire en se combinant à des sels de fer. (MEA-LAB, 2007)

➤ **Méthode de travail :**

✓ **Réactifs, milieux et matériels**

- Réactifs et milieux
- Gélose de Slanetz et Bartley :
C'est un milieu d'isolement gélosé très sélectif des entérocoques. Il contient de l'azide de sodium inhibiteur de la flore secondaire.
- Additif T.T.C (chlorure 2, 3,5 triphényl-tétrazolium) :
C'est un colorant incolore, qui est réduit en formazan rouge. Il est utilisé avec la gélose de Slanetz et Bartley.
- Gélose Bile Esculine Azoture (B.E.A) :
C'est un milieu confirmatif des entérocoques intestinaux. Il contient de la bile et de l'esculine.

↳ Préparation des milieux de culture

↳ Utiliser un bain marie à une température de 100° C.

↳ Faire fondre le flacon de 250 ml contenant la gélose stérile de Slanetz et Bartley.

↳ Refroidir à une température de 50°C.

↳ Rajouter le T.T.C.

↳ Couler la gélose contenant le T.T.C dans les boîtes de Pétri et laisser solidifier. (MEA-LAB, 2007)

✓ **Matériels**

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Pompe sous vide.
- Pinces à creuset et brucelles.
- Bec Bunsen.
- Membranes filtrantes stériles de porosité nominale 0,45 µm.
- Incubateur 44 ± 0,5 °C.
- Bain marie maintenue à 100° C.

- Boîtes de Pétri de diamètre 55 mm.
- Pipettes stériles à usage unique.
- Alcool.
- Compteur de colonies. (Réf)

✓ Filtration de l'échantillon

- ↪ Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage.
- ↪ Flamber les entonnoirs ainsi que la verrerie sur laquelle ils sont déposés après usage.
- ↪ Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
- ↪ Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 secondes.
- ↪ Saisir une membrane stérile de porosité 0,45 μm , ouvrir son emballage et extraire la membrane avec la pince stérilisée préalablement par flambage.
- ↪ Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi.
- ↪ Fixer l'entonnoir sur le support.
- ↪ Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
- ↪ Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
- ↪ Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml).
- ↪ Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet.
- ↪ Libérer l'entonnoir et le déposer sur la verrerie prévue à cet effet.
- ↪ Retirer la membrane de son support à l'aide de la pince préalablement passée à la flamme et la placer à l'endroit sur le milieu Slanetz et Bartley (T.T.C.) préalablement séché sur une plaque histologique en s'assurant que des bulles d'air ne soient pas emprisonnées sous la membrane. (MEA-LAB, 2007)

✓ Incubation

- ↪ Incuber les boîtes de Pétri à l'envers, à $36\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant $44\text{ heures} \pm 4\text{ heures}$. (MEA-LAB, 2007)

✓ **Lecture**

Examiner les membranes et considérer comme Entérocoques fécaux présumés toutes les colonies qui, quelle que soit leur taille, présentent une coloration rouge, marron ou rose, soit à leur centre, soit à leur périphérie. (MEA-LAB, 2007)

✓ **Confirmation**

Préchauffer le milieu Bile Esculine à 44°C pendant quelques minutes.

A l'aide d'une pince stérile, transférer la membrane présentant la ou les colonies suspectes et le déposer (sans retournement) sur la gélose Bile Esculine.

Incuber le milieu à 44°C pendant 2 heures. (MEA-LAB, 2007).

Chapitre III :

Résultats et discussion

Les résultats des analyses physicochimique et bactériologique des échantillons d'eau prélevés sont présentés sous forme des graphes exprimant les différentes variations de tous les paramètres étudiés.

III.1. Les résultats des paramètres physico-chimiques :

III.1.1. Les paramètres physiques :

III.1.1.1. La température :

La température est une mesure momentanée, en fonction de l'heure et du lieu de prélèvement, Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux, elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (BENSAHA, 2015).

D'après les résultats obtenus au cours de notre période d'étude (Fig.07), la température de l'eau des réservoirs est enregistrée dans les normes de L'OMS et Algériennes dans tous les points de prélèvements.

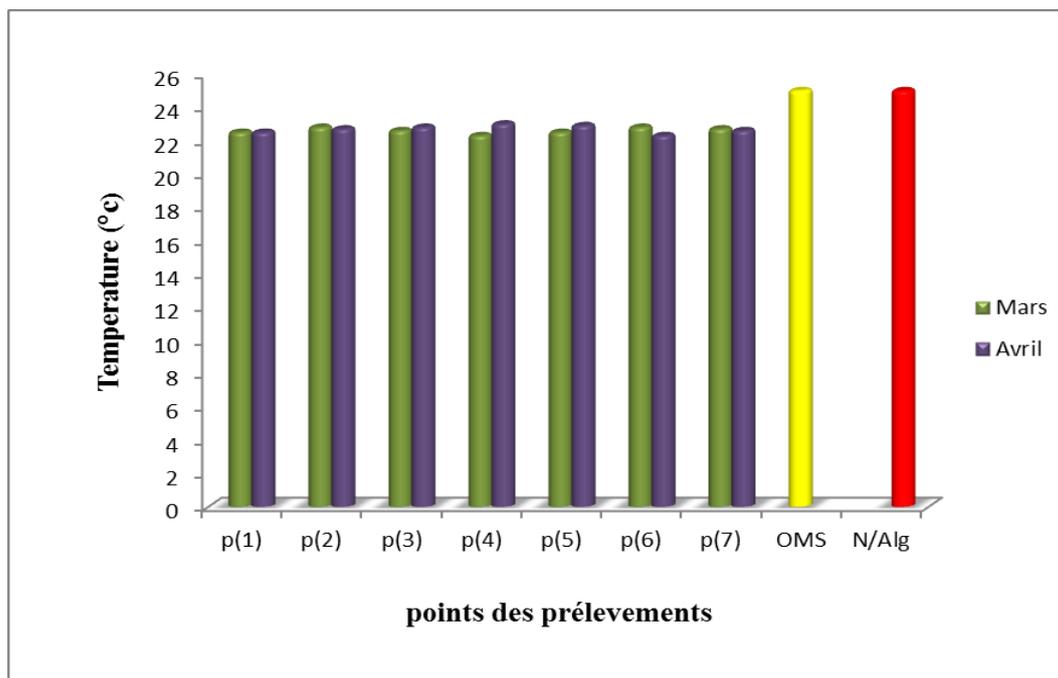


Figure 07 : la variation de la température par rapport les normes OMS/ALG.

III.1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (DETAY, 1993). D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (RODIER, 1996).

Nous avons mesuré le pH par un pH-mètre, qui donne directement la valeur du pH de l'échantillon). On constate donc que les valeurs obtenues durant toute la période d'étude sont proches de la naturalité, est qui sont acceptables selon les normes de L'OMS et les normes Algériennes (Annexe 1).

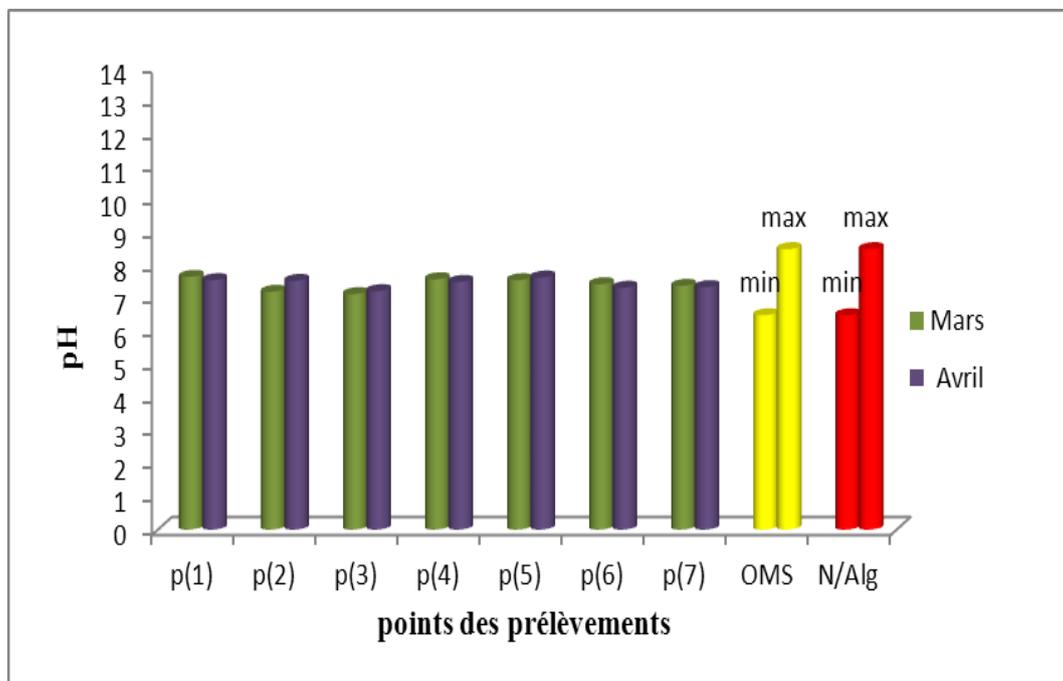


Figure.08 : La variation des (pH) par apport les normes OMS/ALG.

III.1.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre. (DETAY, 1993).

L'intérêt d'une série de détermination successive de la conductivité électrique est de permettre de déceler la variation de la composition de l'eau et par conséquent donne une information importante sur sa qualité. (RODIER, 2005).

Selon la figure (09), les valeurs de la conductivité électrique qui varient entre 711 $\mu\text{s}/\text{m}$ au niveau de la source de Numérat (P_01) indiquent la valeur minimale, la valeur de 1163 $\mu\text{s}/\text{m}$ au niveau du réservoir de Beni Yezguen (P_04) indique un maximal. D'après la même figure, Concernant la norme d'OMS et normes Algériennes, tous les réservoirs d'eau analysée ont des valeurs de conductivité électrique acceptable, ce qui indique que cette eau peut être utilisée pour la consommation humaine.

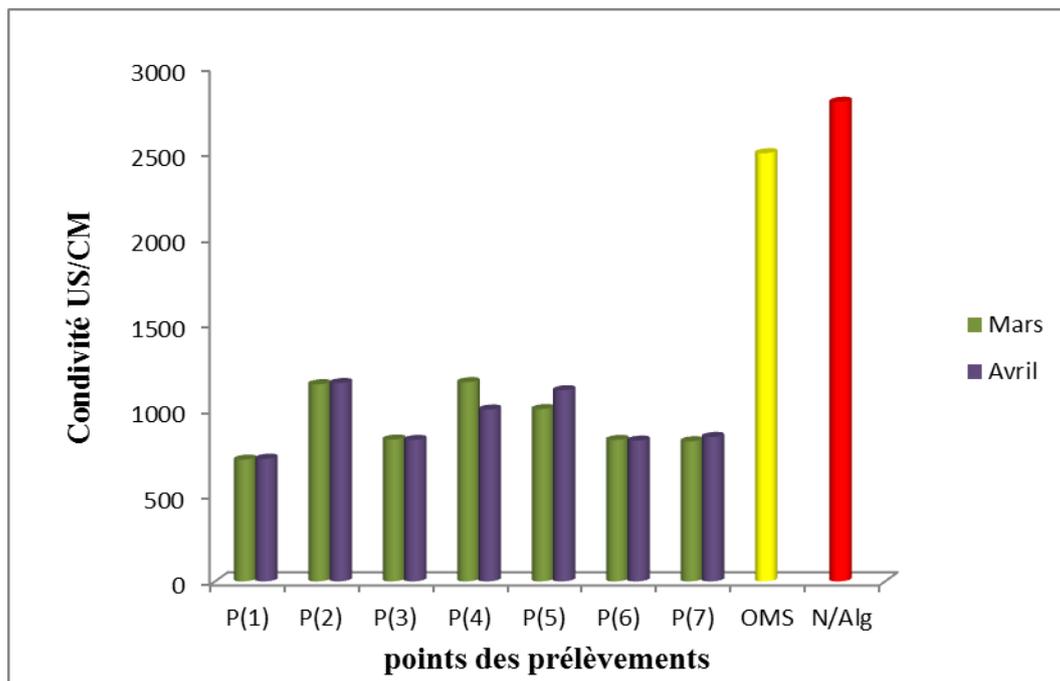


Figure09 : La variation de conductivité électriques (CE) par apport les normes OMS/ALG.

III.1.1.4. La Turbidité :

La turbidité est favorisée par la pluviométrie. Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la lumière influençant ainsi végétation (RODIER, 1996). La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler une détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages. (THIERRIN et *al*, 2001).

La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélogéométrie Son taux normal est fixé à 5 NTU selon l'OMS. La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. (RODIER, 1984 ; OMS, 1986). D'après les résultats obtenus (Fig.10), les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau du réservoir de Thenia (P_06) est (0,8 NTU) tandis que le minimum est de (0.33 NTU) enregistré au niveau du réservoir de Beni Yezguen (P_04).

Les valeurs enregistrées durant toute la période d'étude, dans tous les réservoirs prélevés sont faibles par rapport aux normes Algériennes ainsi que les normes d'OMS (Annexe. I).

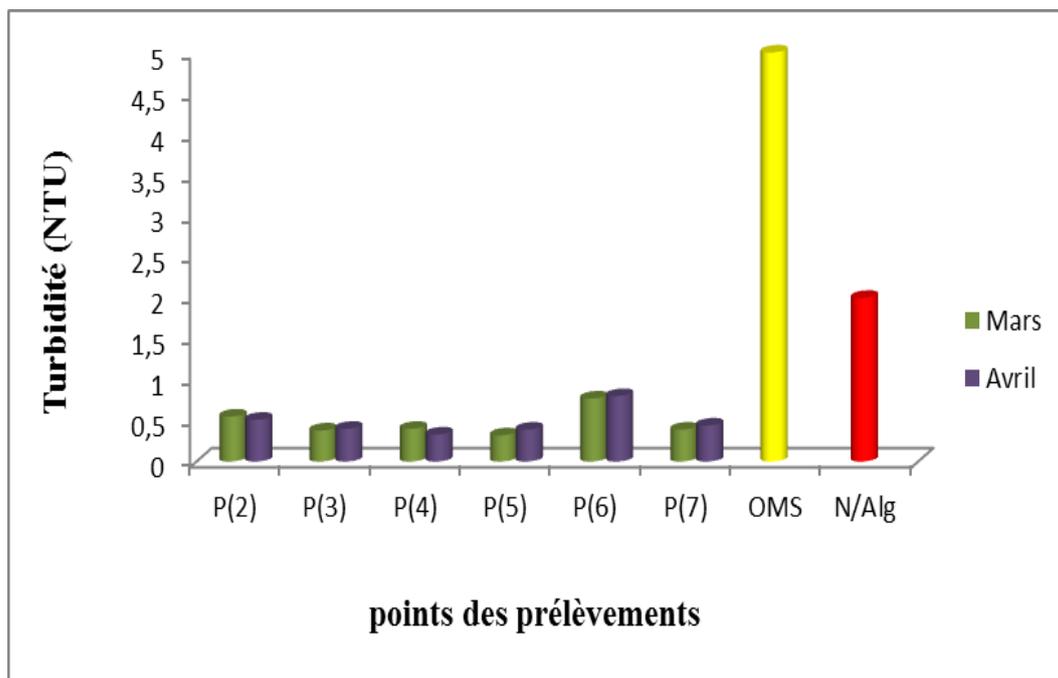


Figure 10 : La variation de turbidité par rapport les normes OMS/ALG.

III.2.1.1.5. La Salinité :

La salinité offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes. (DAHALI, 2013).

Sa variation suit la même allure de conductivité au la valeur la plus enlevée est de (0,5 Mg/L) enregistré au niveau du réservoir d'El-Atteuf (P_02), les valeurs les moins enlevées est de (0.1 mg /l) qui sont enregistrées au niveau de la source de Numérat (P_01) et la Source d'Ain Loubou (P_07). Les valeurs obtenues de la salinité de l'eau prélevée à partir des sept (7) réservoirs de la wilaya de Ghardaia montrent que la qualité de l'eau est conforme aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS (Annexe. I) comme nous indique la figure (11).

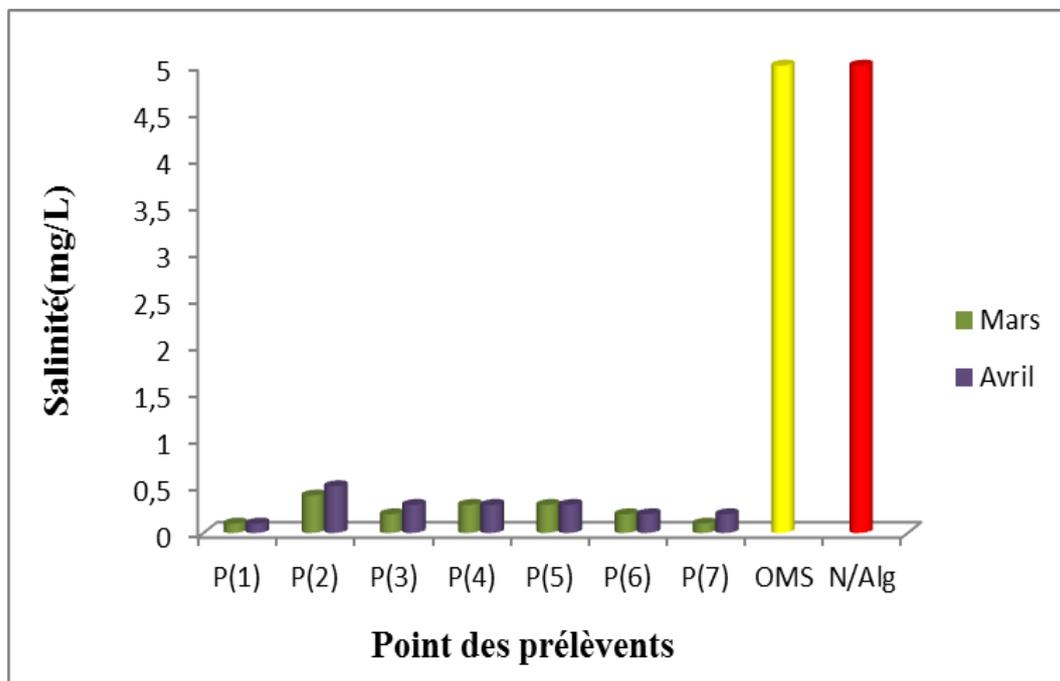


Figure11 : La variation de Salinité par apport les normes OMS/ALG.

III.1.1.6. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S) :

Les teneurs en sels dissous (TDS) de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement. (RODIER, 1996).

D'une manière générale, TDS varie en fonction de temps la même manière que la conductivité électrique. (Fig.12).

La mesure de la TDS permet d'illustrer que la valeur 595mg/l enregistrée au niveau du réservoir d'El-Atteuf (P_02) et le réservoir de Beni Yezguen (P_04) est la valeur maximale, tandis que la valeur 362mg/l enregistrée au niveau de la source de Numérat (P_01) est la valeur minimale.

Les concentrations du TDS au niveau de tous les réservoirs sont presque similaires durant toute la période de l'étude. Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à norme de l'OMS, ainsi que les normes Algériennes (Annexe. I).

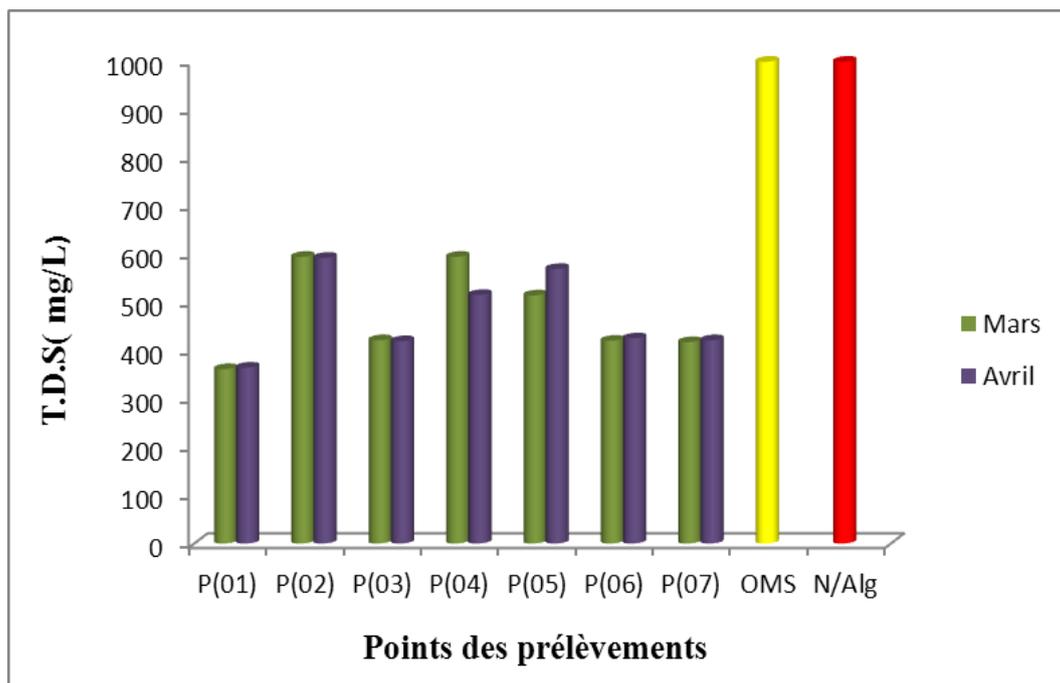


Figure 12 : La variation de (T.D.S) par rapport normes OMS/ Alg.

III.1.2. Les paramètres chimiques :

III.1.2.1. Le calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est généralement l'élément dominant dans les eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés et extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. (RODIER, 1996).

L'eau des certains réservoirs a présentée pendant toute la période de l'étude des valeurs de calcium fluctuant entre (107,44 et 76,79 mg/L). Au le maximum est enregistré à la source de Numérat (P_01) et au réservoir de Beni Yezguen (P_04) (107,44 mg/l) (107,14 mg/L) tandis que le minimum est enregistré au niveau de réservoir de Theneya (P_06) (Fig.13). On constate donc que les valeurs obtenues durant toute la période d'étude sont proches de la naturalité, est qui sont acceptables selon les normes de l'OMS et les normes algériennes (Annexe. I).

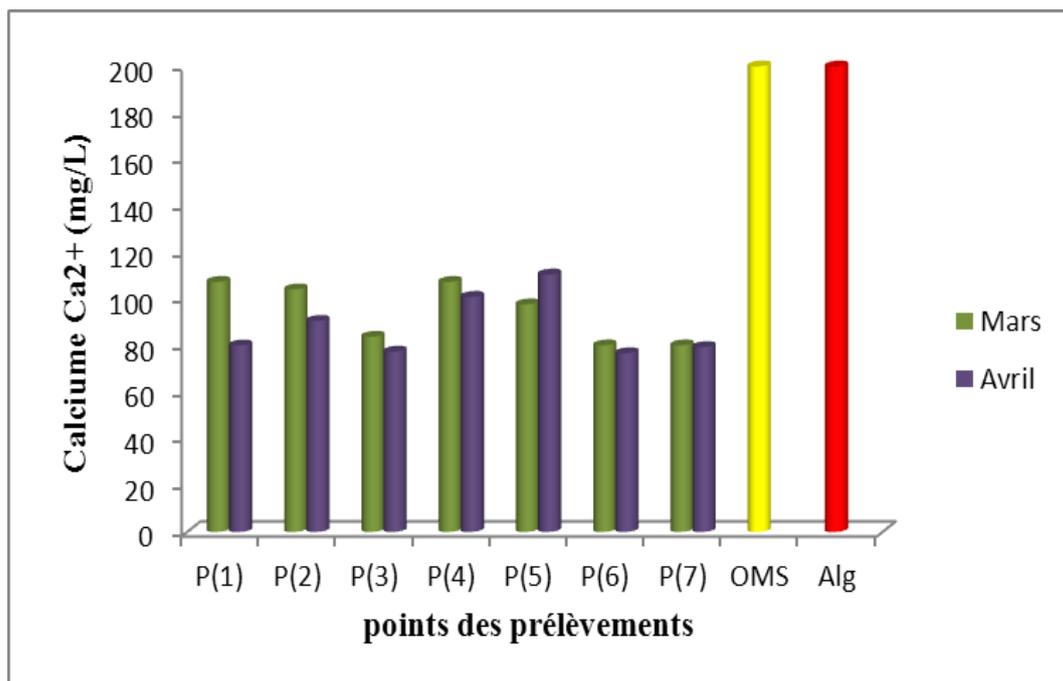


Figure 13 : La variation de concentrations du Calcium par apport les normes OMS/ALG.

III.1.2.2. La Dureté Total (TH) :

Les normes fixent de l’OMS et Algériennes pour la dureté totale une valeur limite de (500 mg/L), mais le résultat obtenu pour l'eau brute qui dépassent la norme dans des périodes déférentes (540 mg/L).

Cette haute valeur de dureté montre que ces eaux proviennent des terrains calcaires et surtout de terrains gypseux. Une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations. (RODIER, 1996). Notre étude de cas, nous avons constaté que l'eau brute renferme des propriétés physico-chimiques nuisibles à la santé publique, du fait que certaines concentrations des éléments dépassent les normes. . (BELLI, 2011)

En conclusion que le traitement d’une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L’eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d’ajuster le traitement d’une eau à sa composition et si nécessaire, de la moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants.

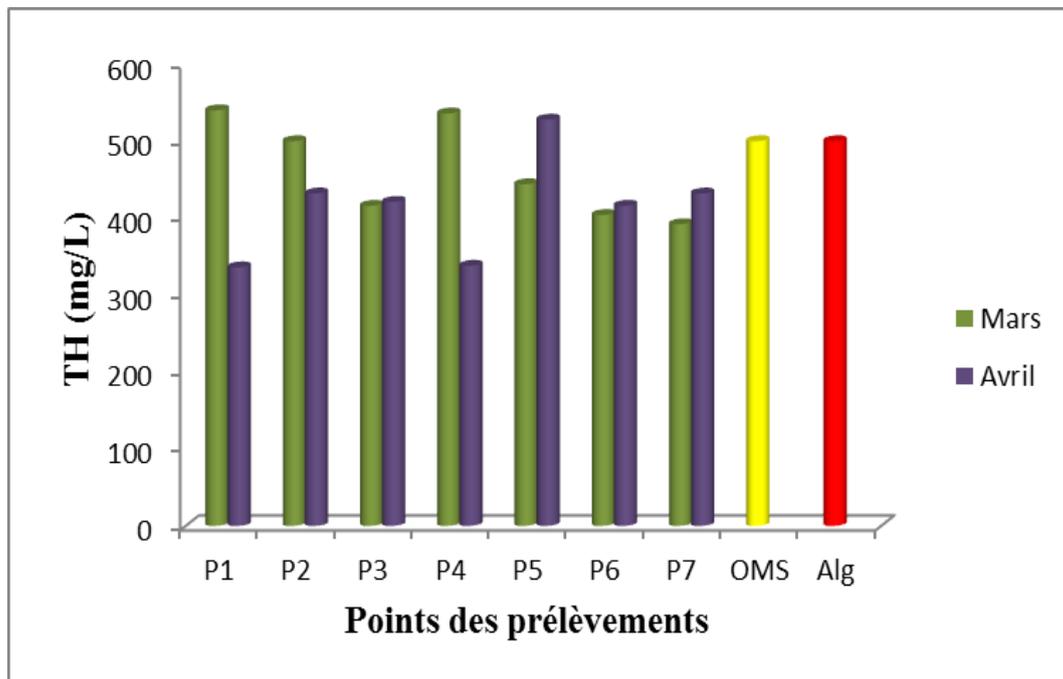


Figure 14 : La variation des concentrations de TH par apport les normes OMS/ALG.

III.2.1.2.3. Le Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, et leur teneur dépend de la composition des roches sédimentaire rencontrées. (RODIER, 2005).

Cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire, par contre il peut donner un goût désagréable à partir de 100 mg/l. (RODIER, 1996)

Les résultats obtenus montrent que la concentration de Mg^{2+} varie entre (66,09 mg/L) au niveau de réservoirs de Numérat (P_01) et (66,096 mg/l) au niveau de réservoir de Beni Yezguen P (4) pendant le deuxième prélèvement. Ils ne dépassent pas les normes maximales fixées par l'OMS et les normes Algériennes (150 mg/L). (Annexe. I). (Fig.15).

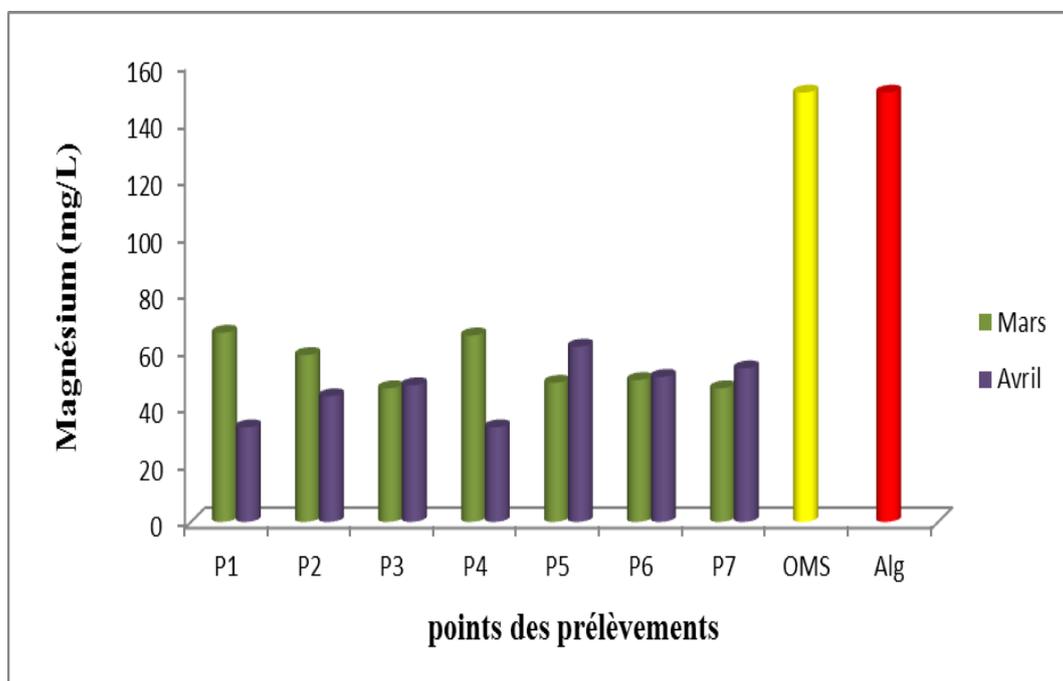


Figure .15 : La variation de concentrations du Magnésium par rapport les normes OMS/ALG.

III.1.2.4. Les Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé, sauf pour les personnes qui suivent un régime hyposodé, leur principal inconvénient est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau (RODIER, 1996).

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Leur teneur augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau (BOUZIANI, 2000). Les teneurs calculées sont inférieures à la norme de potabilité (500 mg/l) dans tous les réservoirs d'eau analysés durant toute la période d'étude ; Le teneur maximal est enregistré au niveau des réservoirs de Beni Yezguen (P_04) avec 145,32 mg/l et le taux minimal de la concentration de chlorure est au niveau de la source de Numérat (P_01) avec 42,54mg/l (Fig. 16). Ces ions chlorures proviennent des lentilles argileuses présentes dans les alluvions (RODIER, 2005).

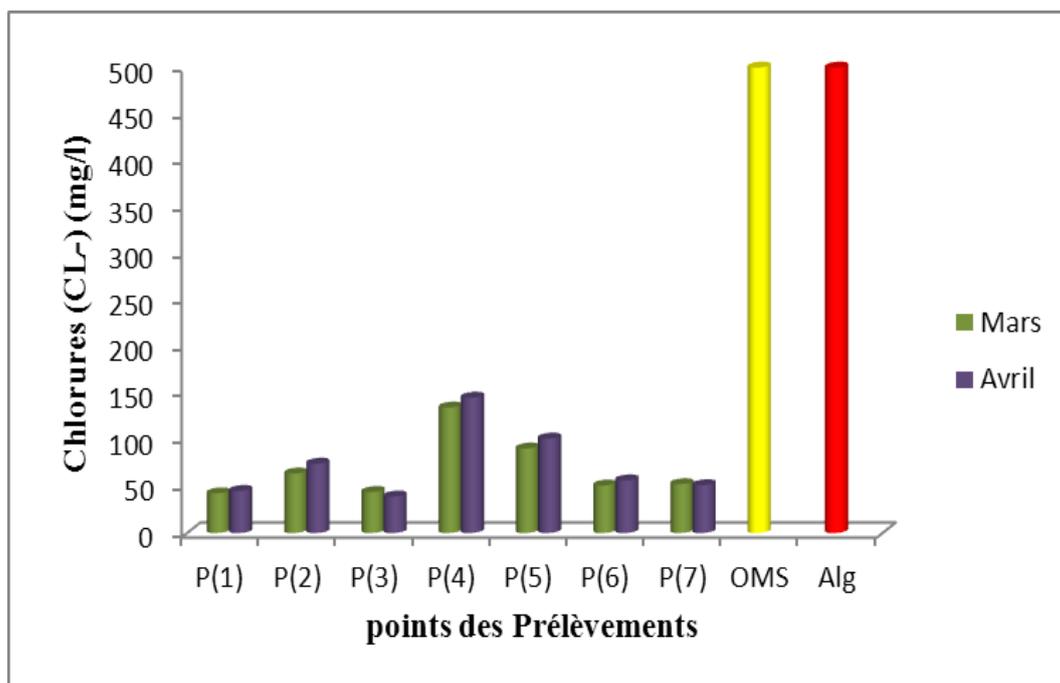


Figure 16 : La variation des concentrations du Chlorure par apport les normes OMS/ALG.

III.1.2.5. TAC (Titre Alcalimétrique Complet) :

Si le pH est compris entre 4.5 et 8.3, ce qui est le cas des eaux naturelles, les seuls éléments alcalins présents en quantité mesurable par titrage sont les bicarbonates HCO_3^- . (AOUISSI, 2009).

Le TAC (titre alcalimétrique complet) traduit le caractère basique d'une eau $\text{HCO}^- + \text{CO}_2 + \text{OH}^-$. Les concentrations du TAC au niveau des sept points de prélèvements d'eau sont inférieures par rapport à la norme (500 mg/l) de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine. Nous observons que les valeurs moyennes sont généralement comprises dans une fourchette étroite (173,24 à 286,41mg/l) (Fig.17).

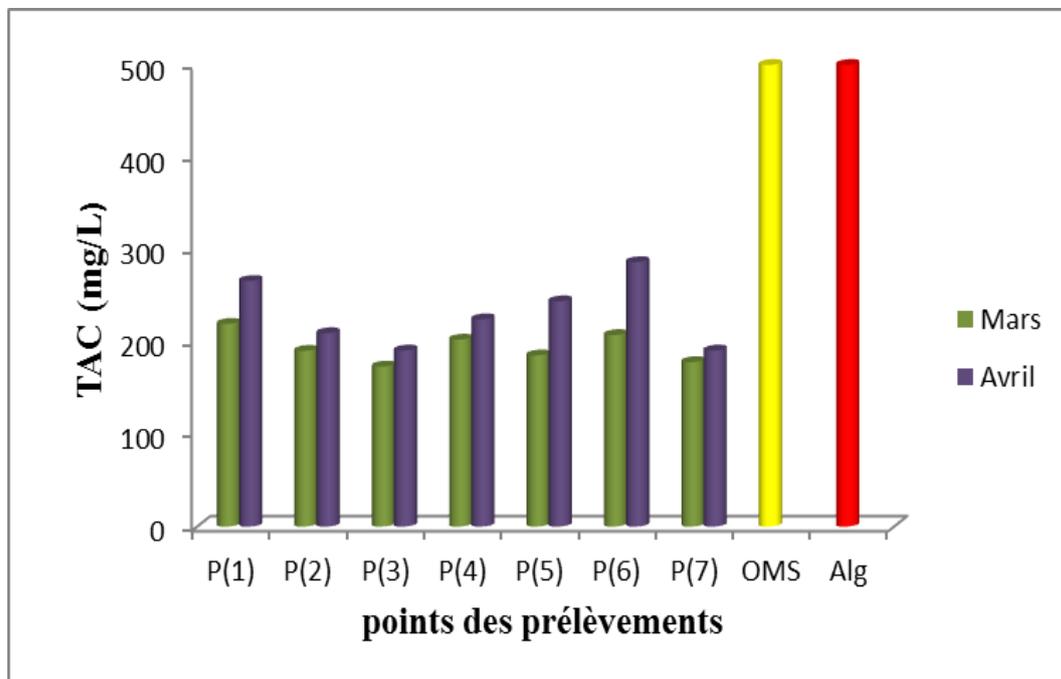


Figure 17 : La variation de TAC par apport aux normes OMS /ALG.

III.1.2.6. Ammonium (NH_4^+) :

L'azote ammoniacal, rencontré dans les eaux et dont la présence est anormale (NISBET et VERNEAUX, 1970).

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. (POURRIOT et MEYBEK, 1995). Ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en NH_4^+ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque. (RODIER, 1996)

La figure ci-dessous (Fig.18) montre l'absence total de NH_4^+ au niveau de tous les points des prélèvements pendant toute la période d'étude. D'après les normes Algériennes et celle d'OMS (0,5 mg/l) (Annexe. I). L'eau est également acceptable à la consommation.

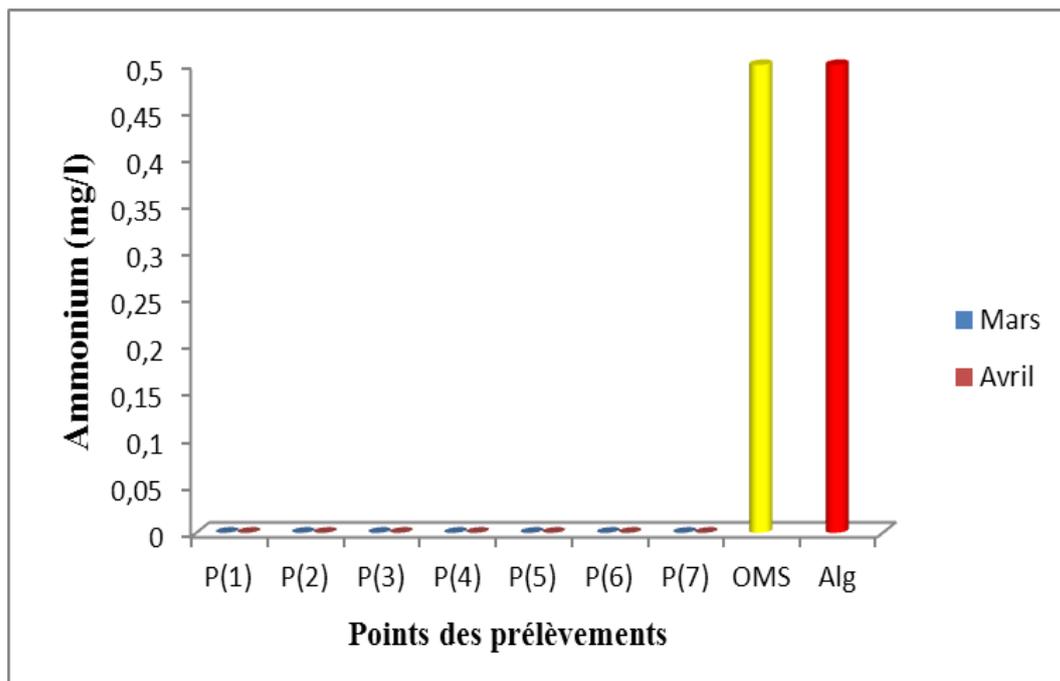


Figure 18 : La variation de l'ammonium par apport aux normes OMS /ALG.

III.1.2.7. Nitrites (NO_2^-) :

Considéré comme un élément toxique, le NO_2^- est la forme la moins stable dans le cycle de l'azote. Il est issu de la réduction de l'ammonium NH_4^+ . Son origine est liée à l'agriculture et aux rejets urbains et industriels. (AOUISSI, 2009).

La figure 12 nous montre que les teneurs en nitrites sont peu importantes. Les valeurs moyennes de tous les réservoirs et les sources de notre étude ne dépassent pas les normes requises par l'OMS et les normes Algériennes (0,04mg/l). Le maximum enregistré est de (0,038 mg/l) au niveau du réservoir Ain Loubou (P5), et le maximum enregistré est de (0,006 mg/l) au niveau de réservoir d'El-Atteuf (P_02).

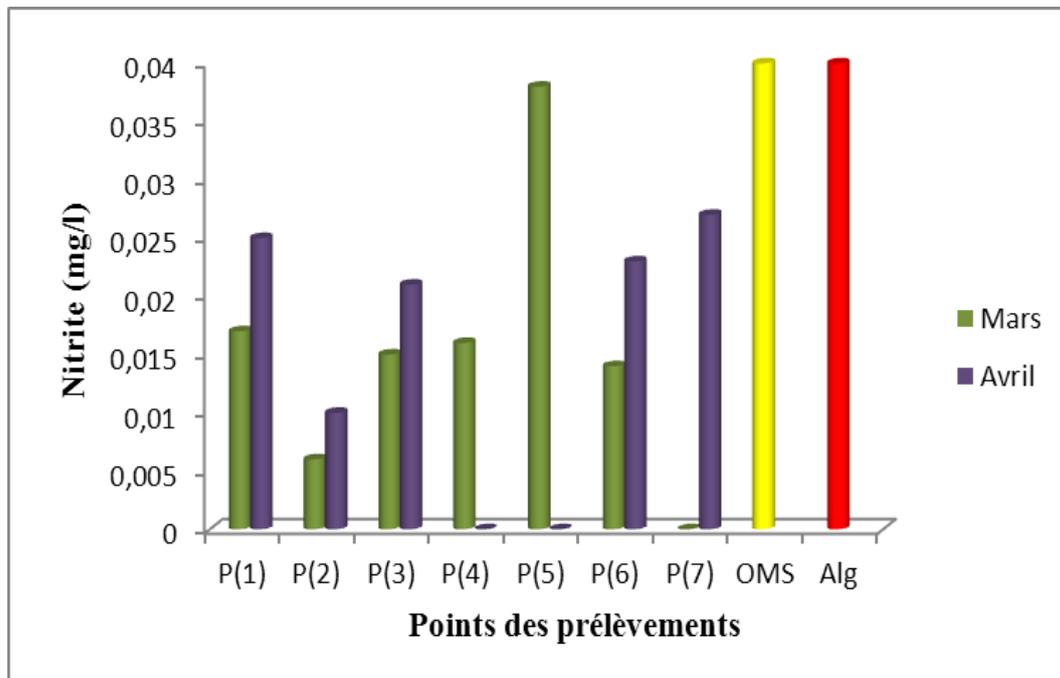


Figure 19 : La variation des concentrations des nitrites par apport aux normes OMS/Alg.

III.1.2.8. Le fer :

L'ensemble des teneurs en ions Fe^{+2} dans l'eau de tous les réservoirs étudiés sont faibles et inférieures à celles fixées par les normes Algériennes et celles de l'OMS (Annexe. I). Comme le montre la figure (13), les sources principales de fer dans les eaux sont l'activité microbienne dans les sols, ainsi que les minéraux ferriques constituant les formations lithologiques souterraine. (RODIER, 1996).

La valeur maximale est de (0,045mg/l) enregistrée au niveau du réservoir de Sidi Abaz (P_03) pendant le mois d'Avril ; et l'absence totale des ions Fe^{+2} dans les réservoirs de Beni Yezguen (P_04) et de Theneya (P_06) pendant toute la période d'étude ; et seul dans le premier prélèvement au niveau du réservoir de Sidi Abaz (P_03), d'El-Aadira (P_05) et d'El-Ain (P_07).

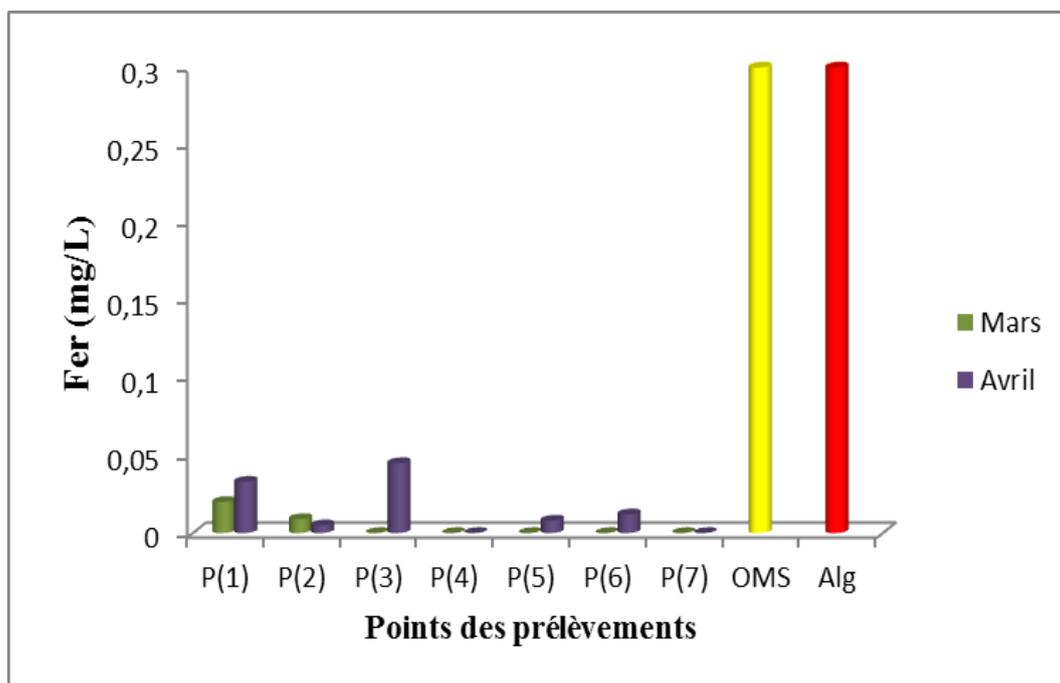


Figure 20 : La variation de concentrations de Fer par apport aux normes OMS/AlG.

III.1.2.8. L'ortho Phosphate (PO_4^-) :

L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et à la dissolution des engrais chimiques (NPK) (BENSAHA. 2015).

Les résultats des ortho phosphates (Fig.14), nous montrent que leurs concentrations nulles dans les eaux des réservoirs et des sources de toute la ville de Ghardaïa et ces environs sont inférieurs à la norme 5 mg/l décrite par l'OMS et l'état algérien pour les eaux destinées à la consommation humaine.

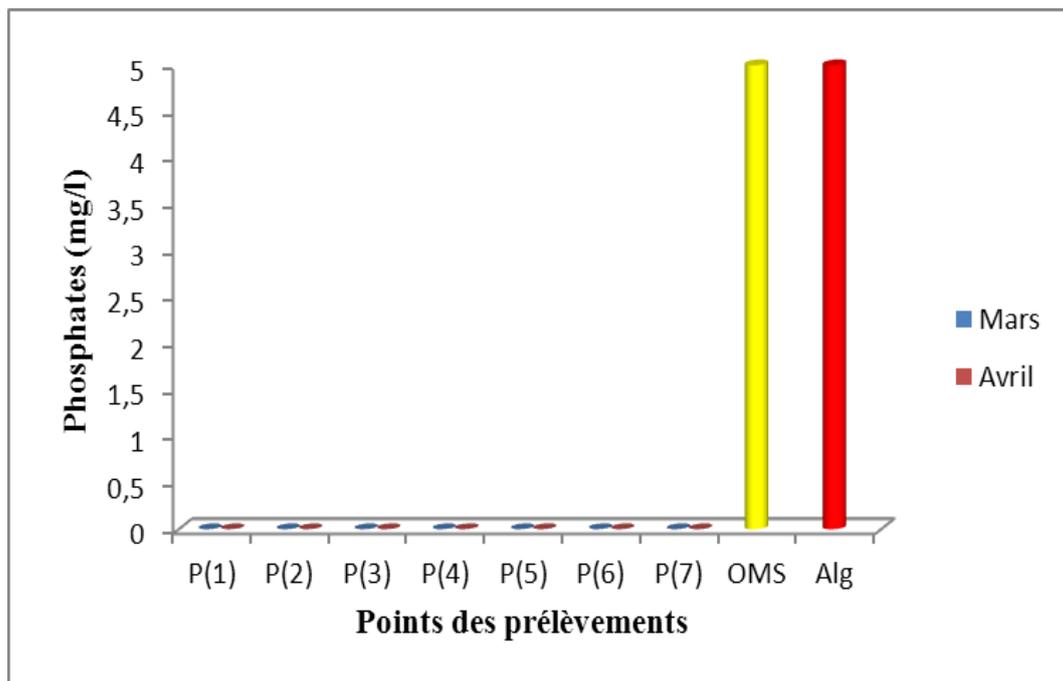


Figure 21 : La variation des concentrations des Ortho phosphates par rapport aux normes OMS/AIG.

III.1.2.9. Le sulfate (SO_4^{2-}) :

Les Sulfates sont des composées naturelles de l'eau, sont liée généralement au cation majeur (Ca^{+2} , K^+ , Na^+). (RAMADE, 1982).

À fort concentration, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinales en particulier chez l'enfant. Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. (RODIER, 1996)

Le teneur en sulfate dans l'eau analysée des réservoirs étudiés est dans les normes de l'OMS (400 mg/l) et les normes Algérienne (250 mg/l) (Annexe 1), ou nos résultats montrent que la valeur maximale est (227,34 mg/l) enregistrée au niveau de réservoir de Beni Yezguen (P_04) pendant le mois de Mars, et la valeur minimale est de (103,79 mg/l) au niveau de la source de Numérat (P_01) (Fig.22).

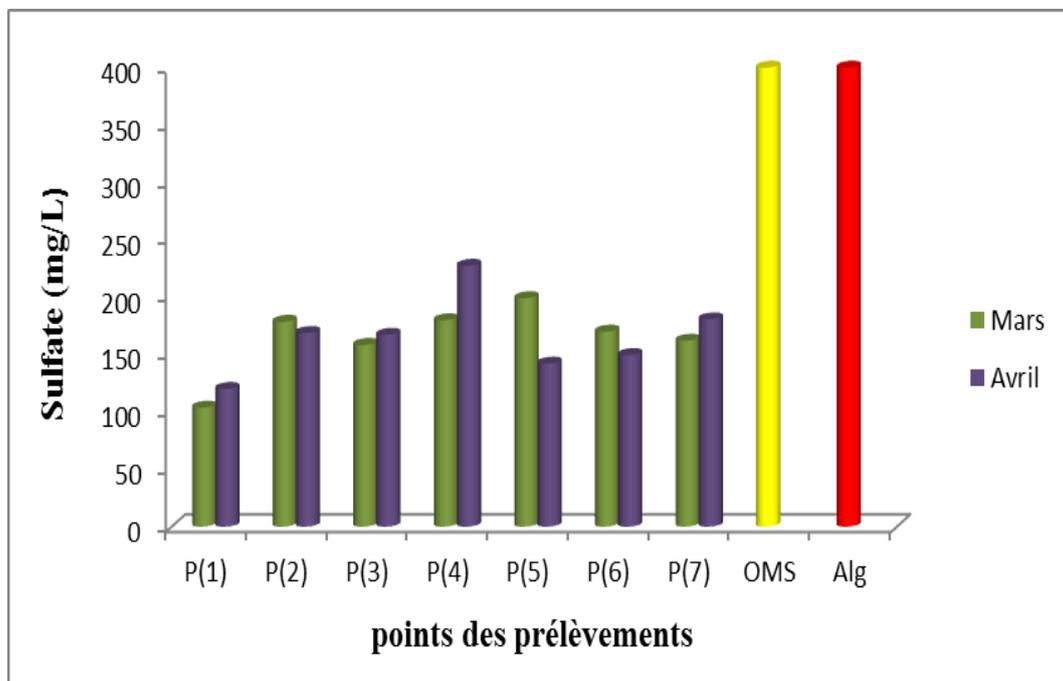


Figure 22 : La variation des concentrations des sulfates par rapport aux normes OMS/ALG.

III.1.2.10. Résidus secs :

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit, la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières donnent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre. (RODIER. 1996).

Le teneur de résidus sec dans l'eau analysée des réservoirs est dans les normes de l'OMS et les normes Algérienne (1500 mg/l) (Annexe 1), Où la valeur maximale enregistrée est de (1136 mg/l) au niveau du réservoir d'Aadira (P_05) pendant le mois d'Avril, et les valeurs minimales sont enregistrées au niveau du réservoir d'El-Ain (P_07) pendant toute la période d'étude (Fig. 23).

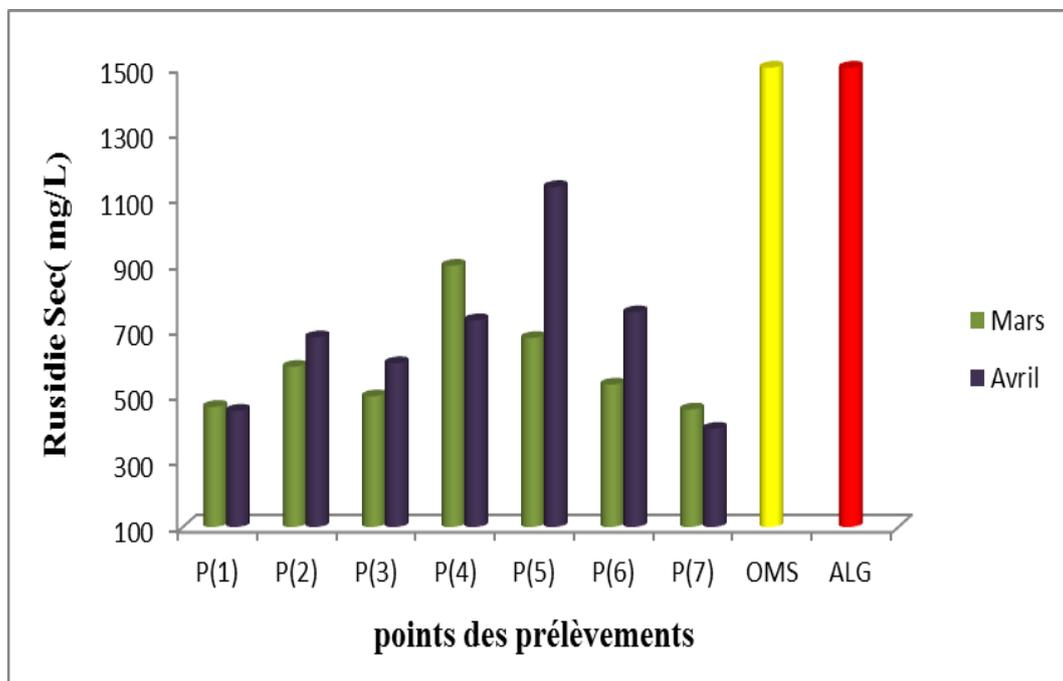


Figure 23 : La variation de teneur de résidus sec par apport aux normes OMS/ALG.

III.2.1.2.10. Nitrates (NO_3^-):

La concentration de Nitrate dans les sept points des prélèvements d'eau pendant toute la période d'étude sont dans l'ensemble inférieures aux normes selon les normes de l'OMS et les normes Algériennes (50 mg/l) (Annexe.01) (Fig. 24).

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates. La valeur maximale enregistrée au niveau de réservoir d'El-Aadira (P_05) avec 44,15 mg/l, et des valeurs minimales enregistrées au niveau de la source de Numérat (P_01) pendant les deux campagnes des prélèvements (15,097mg/l et 10,41 mg/l).

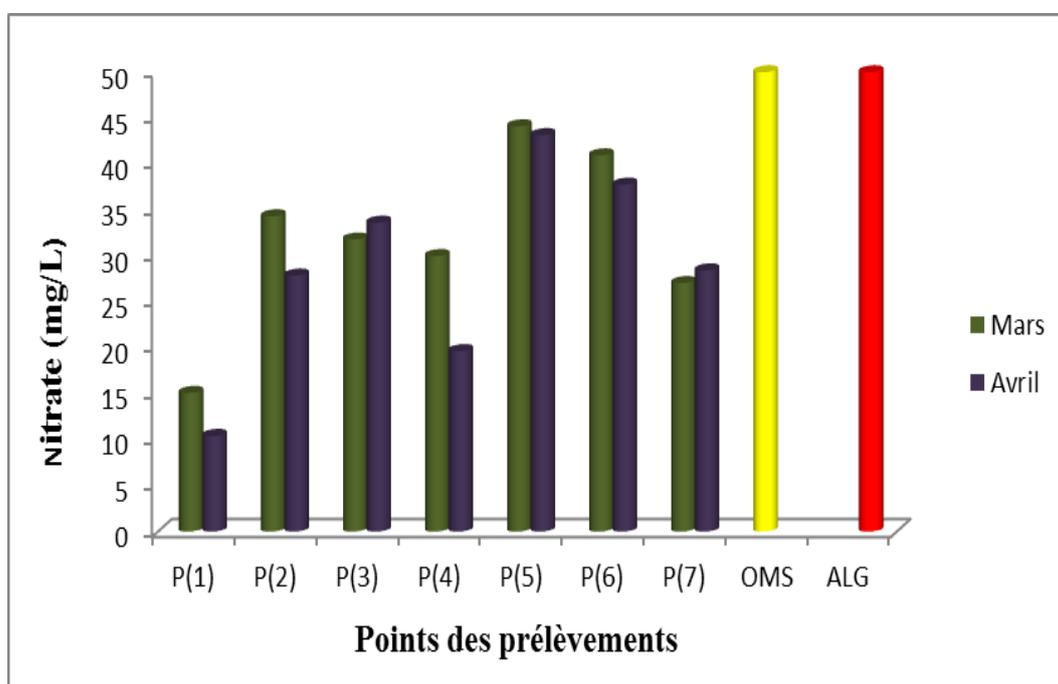


Figure 24 : Les variations des Nitrates par apport aux normes OMS et AIG.

III.2. Les Résultats des paramètres bactériologiques :

Les analyses bactériologiques de l'eau des réservoirs de notre étude ont montré une grande variation des concentrations des bactéries. Dont certains dépassent les normes internationales des eaux potables. Afin de bien comprendre ces variations nous avons suivi l'évolution des germes fécaux dans les sept points d'eau des réservoirs en les comparant avec les normes maximales admissibles des eaux destinées à la consommation humaine fixées par l'OMS à l'ainsi que leur impact sur la santé publique.

Les résultats des dénombrements coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et *Escherichia Coli* concernant les sept (EC) points d'eau choisis dans cette étude sont représentés dans les tableaux 1

Nous avons effectué pendant notre travail un dénombrement et une recherche systématique des microorganismes indicateurs de pollution qui sont :

2.1 Les coliformes Totaux (CT) :

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

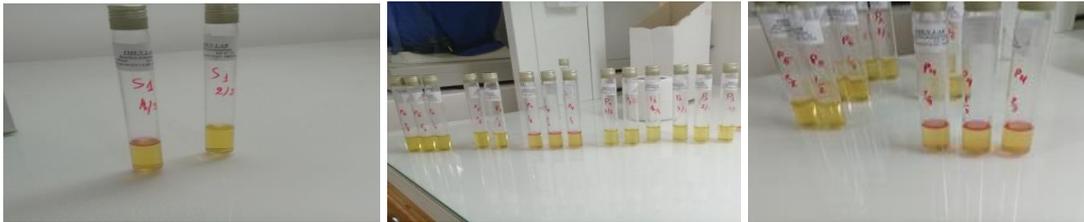
Nos analyses nous montrent que le nombre des coliformes totaux pour les mois de mars est très élevé (>100 CF/100 ml) au niveau des points des prélèvements P(4) et faible concentration au niveau des points des prélèvements (P_01), (P_02), (P_03), (P_04), (P_05), (P_06) et deux absences totales au niveau (P_07) et pendant le mois d'avril absence total des coliformes totaux dans les points des prélèvements saufs (1 CF /100 ml) dans P(1).(Tableau 10)



Photos 15 : la présence des coliformes totaux dans le milieu TSA

2.2- *Escherichia coli* (EC) :

La présence d'*Escherichia coli* au niveau des points des prélèvements (P_01) en mois d'Avril et P(4) en mois de mars indique une contamination fécale ce qui n'est pas conforme aux normes de l'OMS (0 EC/100 ml) ; par contre l'absence de contamination par *Escherichia Coli* au niveau des points des prélèvements (P_01) en mois de mars et (P_04) en mois d'Avril et ainsi en (P_02), (P_03), (P_05), (P_06) et (P_07) dans les deux mois de prélèvement prouve que la totalité des eaux analysées sont consommables .



Photos 15 : Teste confirmatif de la présence d'*Escherichia coli* par réactif KOVACS.

La surveillance actuelle de l'eau avec la recherche de microorganismes indicateurs de contamination fécale est intéressante pour évaluer la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. En effet, *E. coli* liées à l'eau peuvent intervenir suite à la contamination de la source d'eau après traitement ou à un traitement insuffisant par le chlore.

2.3. Les streptocoques fécaux :

L'eau des réservoirs que nous avons prélevée est pauvre en Streptocoques fécaux durant la période des prélèvements ; l'absence des streptocoques dans l'eau des réservoirs est conforme aux normes de l'OMS (0SF/100ml).

Tableau 10 : Résultats de dénombrements des microorganismes.

Points du relèvement	(P_01)		(P_02)		(P_03)		(P_04)		(P_05)		(P_06)		(P_07)	
	Mars	Avril												
CF	3	1	1	0	3	0	100	0	2	0	5	0	0	0
EC	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
SF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conclusion

Conclusion :

La qualité des eaux destinées à la consommation a une grande importance, en particulier les eaux distribuées dans des réservoirs, et dont la population se Dote plus à Ghardaïa, mais beaucoup de questions se posent sur le contenu de cette eau et sa relation avec de nombreuses maladies.

L'étude physico-chimique et microbiologique des eaux de réservoirs a été réalisé en analysant sept échantillons (07) avec une comparaison des résultats trouvés aux normes OMS et algériennes.

Les analyses physico-chimiques sont souvent utilisées pour étudier la qualité de ces eaux et les comparées avec les normes. Au cours de notre étude réalisée du point de vue potabilité pendant les mois de mars et avril 2018, nos résultats ont montrés que les concentrations en éléments chimique dans la plupart de ces réservoirs respectent les normes mondiales et algériennes sauf la dureté total (TH) qui dépassent légèrement les valeurs données par les normes mais elle reste acceptable à la consommation.

Les analyses bactériologiques montrent également la présence des Coliformes dans tous les réservoirs et *Escherichia coli* dans deux points de prélèvements ainsi l'absence totale des Streptocoques dans tous les points de prélèvements pendant toute la période d'études.

De point de vue qualité bactériologiques les eaux des sept points de prélèvements reste toujours dans les normes et apte pour la consommation humaine sauf qu'il faut toujours survies le taux du chlore libre dans l'eau des réservoirs pour minimisé le risque de contamination bactériologique, et limité les risque sanitaires pour une grande partie de la population.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques :

- **ACHOUR S, YUCEF L, (2001)** - Excès des fluorures dans les eaux du Sahara septentrional oriental et possibilité de traitement. E.I.N. International, N°6, pp 47-54.
- **ACHOUR M, BENSABA H. ET BENSABA L, (2010)** - Réflexion pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab (Algérie), 13p.
- **AMIEUR H ET ZAHOUANI A, (2012)** - Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de certains forages de la région de Ghardaïa. Mémoire d'ingénieur. Université Amar TELIDJI Laghouat.
- **AMINOT A, ET CHAUSSEPIED M, (1983)** - Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin. 993 p.
- **AOUISSI A, (2009)** - Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord -Est de l'Algérie) Mémoire, de Magister en Hydro-écologie.
- **A.N.R.H, (2007)** - Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ouargla, Rapport de l'Agence Nati. Res. Hyd., Ouargla, 12P.
- **BELLI S, (2011)** - la filière lait dans la région de Ghardaïa : état et perspectives. Mémoire ingénieure d'état en science agronomique université Kasdi Merbah. Ouargla
- **BENSABA Z, (2015)** - Evaluation hydrochimique des eaux phréatiques de la vallée de M'Zab par comparaison avec la région de Laghouat et d'Ouargla pour l'aptitude de leur potabilité et en irrigation. Mémoire. De Master université. Ghardaïa pp 88.
- **BENZAYET A, (2010)** - Evaluation hydro chimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de Oued Labiod Mémoire, D'ingénieur Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
- **BEL F, CUCHE D, (1970)** - Etude des nappes du complexe terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique, D.H.W., Ouargla.
- **BREMOND R, PERRODON C, (1976)** - Paramètre de la qualité des eaux 2^{ème} Edition.
- **BOUCHAHM N, ACHOUR S, (2008)** - Hydrochimie des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien – Identification d'un risque de fluorose endémique. La houille blanche, N° 02, pp82.
- **BOUZIANI M, (2000)** - L'eau, de de la pénurie maladies. Ed. IBN KHALDOUNE, ORON pp156.158.
- **COULIBALY K, (2005)** - Etude de la qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse de Doctorat, Université de Bamako.
- **DAHALI S, (2013)** - Etude hydrogéologique et hydrochimique de la nappe du continentale intercalaire de la région de touat (Wilaya d'Adrar) - Mémoire. De Master université. Ouargla.
- **DETAY M, (1993)** - Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. Masson. 379p.
- **DJOUDI H, ET RAFA A, (2009)** - Fonctionnement du système de partage de la palmeraie Est de Ghardaïa. Mémoire d'ingénieur, E.N.S.P., El Harrach, 78p.
- **DAJOZ R, (1980)** - Précis d'écologie. Paris, Bordas, p 503.

- **DAJOZ R, (2008)** - Précis d'écologie, Ed 8^{ème} DUIVOD, Paris, P 631. DEGREMOT., 1989. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger Service des études scientifiques.
- **DUBIEF J, (1953)** - Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie ; Service des Etudes Scientifiques ; Alger, Algérie, pp 451.
- **EL-GAROU I, ZEGAIT R, (2015)** - Etude d'impact du rejet des eaux use et les surplus d'irrigation dans la recharge de la nappe alluviale -cas de l'aval d'oued M'zab-Ghardaïa- Mémoire. De Master université. Ouargla.
- **FAURIE C, FERRA C, MEDORI P, (1984)** - Ecologie. Ed. Baillière J. B., Paris, 168 p.
- **GUERBOUZ F, (2006)** - Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau potable au niveau de la ville de Metlili (GHARDAIA). Mémoire. D'ingénieur université. Ouargla pp 123.
- **GUERD H, MESGHOUNI A, (2007)** - La performance de la Station de Dessalement des eaux dans la région D'el-Oued. Mémoire de fin d'étude Supérieures en Biologie Université kasdi Merbah – Ouargla.
- **HADJ KOUIDER A, (2016)** - Etude comparative entre la qualité des eaux des forages destinées à l'alimentation en eau potable de la zone de Bouhraoua et le puits de L'aadira région de Ghardaïa. Mémoire. De Master, université de Ghardaïa. Pp 100.
- **HARTEMAN N, (2004)** - Contamination des eaux en milieu professionnel EMC-Toxicologie-Pathologie, Volume 1, Issue 2, Pages 63-78 P.
- **ISSAADI A, (2011)** - Approche qualitative des eaux souterraines de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa –cas de la palmeraie Est de la ville de Ghardaïa-. Mémoire. De Master université. Alger pp 45.
- **KOUL N, ET BASSOU E, (2003)** - Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération de Ouargla. 84 p.
- **MEGDOUD M, (2003)** - Qualité Des Eaux Du Sahara Septentrional Journées techniques et scientifiques sur la qualité des eaux du Sud, El Oued, les 19 et 20 mai 2003.
- **MELLAK D, (2009)** - Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvinaire de la vallée du M'zab. Mémoire D'Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique d'Alger. Pp 92.
- **MIOURIGH M, (2011)** - Evaluation de la qualité hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de l'Oued N'Tissa. Mémoire De Master, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Alger pp 76.
- **MOSBAH Y, (2015)** - Etude Agro-écologique des interactions entre la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* (Homoptera, Diaspididae) et sa hôte : Plamerie dattier (*Phoenix dactylifera*) dans trois stations (Daïa Ben Dahoua, El-Atteuf et Bounoura) Ghardaïa. Mémoire De Master, université de Ghardaïa, pp55.
- **MEYBECK M, (1998)** - "Surface water quality: Global assessment and perspectives. In: international conference on world water resources at the beginning of the 21st century (UNESCO, Paris, 3-6 June 1998)." UNESCO. Paris : 173-185.
- **NISBET M et VERNEAUX A, (1970)** - Composantes chimiques des eaux courantes ; discussion et proposition de classe en tant que base d'interprétation des analyses chimique, Ann de limnologie. Tome 6, 161-190.
- **O.N.M, (2014)** - Données météorologique de la wilaya de Ghardaia (2000-2014). Office Nationale de Météorologie Station. Numérate de Ghardaia,

- **OULED BELKHIR C, (2017)** - Quantification de l'impact de l'activité humains sur le bilan hydrologique d'une nappe alluviale en zone aride (Cas de la vallé du M'zab Ghardaia, sud Algérien). Mémoire De Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie EL Harrach d'Alger.
- **OULED SIDI OMAR S, (2016)** - Contribution à l'étude de la détermination de la qualité physico-chimique des forages de la région de Metlili (wilaya de Ghardaïa). Mémoire De Master, université de Ghardaïa. Pp 65.
- **OZENDA P,(1983)** - Flore du Sahara, Ed. C.N.R.S, Paris.
- **POITOU-CHARENTES., (2015)**. Magazine Observatoire Régional de l'Environnement, Rapport des Nations Unis sur le Développement Mondial de l'Eau "*Water for people Water for life*" p.102 (2004).
- **REJESK F, (2002)** - Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren. Paris. 360p.
- **REZZAG K BEN YAHKOUM R, (2005)** - Influence Des Eaux Usées Sur La Nappe Phreatique (Cas De La Vallée Du M'zab). Mémoire D'Ingénieur, université de Ouargla.
- **RODIER J, (1996)** - L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8ème édition. dunod. 1383 p.
- **RODIER J, (2005)** - L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- **SAOUD I, (2014)** - Contribution à l'étude hydrochimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa). Mémoire. De Master, université. Ouargla pp 81.
- **SASSON D, (2005)** - Les maladies liées à l'eau. Le colloque international sur les ressources en eau souterraines dans le Sahara –CIRESS OUARGAL P 145.
- **THIERRIN J, STEFFEN, CORNAZ S, VUALAZ F, BALDERER W, LOOSER M, ZPBRIIT J. ET ZUMSTEIN J, (2001)** - Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p.
- **THIERRIN J, STEFFEN P, CORNAZ S, VUALAZ F-D, BALDERER W, LOOSER M, ZPBRIIT J, ET ZUMSTEIN J, (2001)** - Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p.
- **VILAGINES R, (2003)** - Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2eme Edition : Tec et Doc. Lavoisier. P : 3- 187.

Sites web:

- **[01].** <http://www.africmemoire.com/part.3-chap-i-generalite-sur-leau-775.html>. Consulter le 10/02/2018.
- **[02].**<http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/maladie-hydrique/maladie-hydrique.htm#ixzz4YxhaDVmo> . Consulter le 10/02/2018.
- **[03].** <http://www.sololiya.fr/tout-sur-l'eau/l'eau-et-santé/l'eau-source-de-vie/l'eau-et-maladie>. Consulter le 10/02/2018.
- **[04].** http://www.who.int/water_sanitation_health:diseases:fluorosis:en. Consulter le 10/02/2017.

Annexes

Annexe. I :

Les normes OM S et Algériennes de l'eau potable

Caractéristiques Physiques-chimiques	N. Algérienne	OMS	Unité
Température	25	≤25	°C
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	-
Conductivité	2800	2500	us /cm
Turbidité	1_2	5	NTU
TDS	Inf 1000	Inf 1000	mg/l
Salinité	5	5	mg/l
Calcium	75_200	200	mg/l
Magnésium	150	150	mg/l
Chlorures	200_500	250	mg/l
TH	500	500	mg/l
TAC	250	250	mg/l
Résidus sec	2000	1500	mg/l Après séchage
Sulfates	200_400	400	mg/l
Fer	0.3	0.3	mg/l
Nitrite	0.1	3	mg/l
Ortho-phosphate	5	5	mg/l
Ammonium	0.05_0.5	0.5	mg/l

