

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## MEMOIRE DE MASTER

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Sciences Biologiques  
**Spécialité/ Option :** Biologie Moléculaire des Procaryotes

### THEME

---

**ETAT DES LIEUX DE LA QUALITE PHYSICO - CHIMIQUE  
ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES EN  
MILIEU URBAIN : CAS DE LA NAPPE D'AIN BRINIS RAS EL  
AKBA – GUELMA, NORD- EST D'ALGERIE.**

---

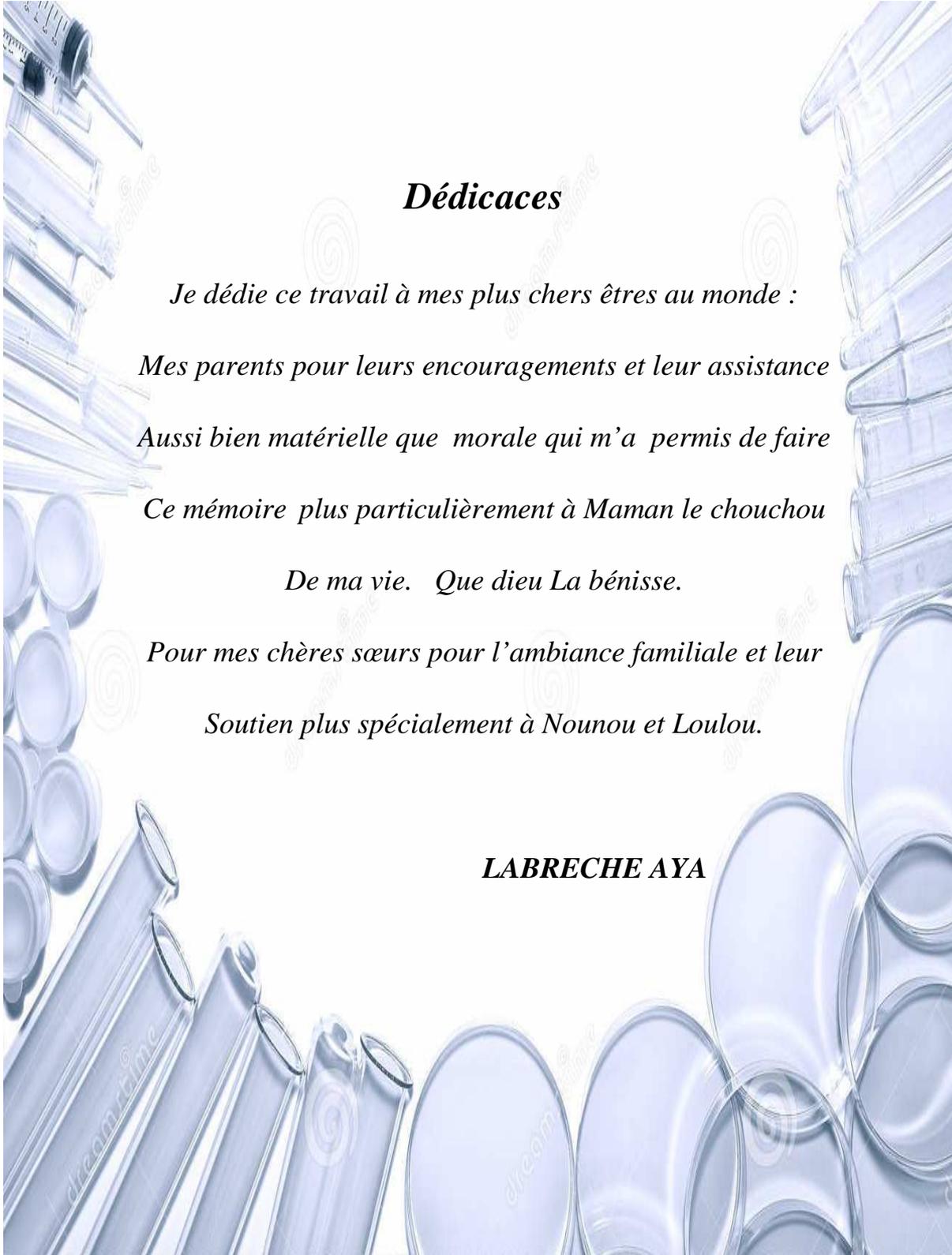
**Présenté par :**

**ELBAH Hanane  
LABRECHE Aya  
SAHRAOUI Amani**

**Devant le jury composé de :**

Président: M<sup>er</sup>. GUETAF Mohamed (M.C.B)  
Examinatrice: M<sup>me</sup>. SATHA Amina (M.A.A)  
Encadreur: M<sup>er</sup>. BOUCHELACHEM ELHadi (M.AA)  
Co - Encadreur: M<sup>elle</sup>. REGGAM Asma (Dr.)

**JUIN 2016**



## ***Dédicaces***

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

*Mes parents pour leurs encouragements et leur assistance*

*Aussi bien matérielle que morale qui m'a permis de faire*

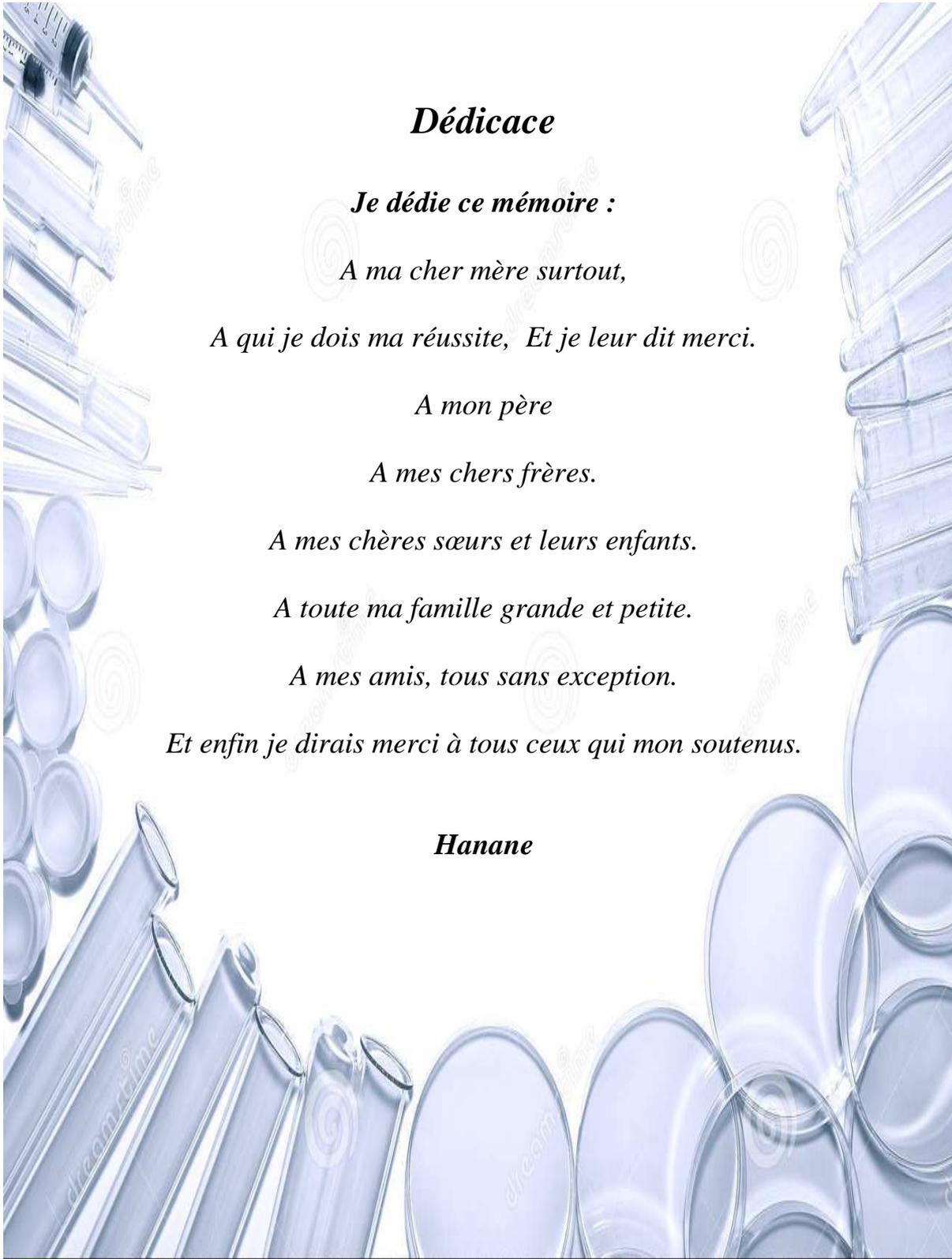
*Ce mémoire plus particulièrement à Maman le chouchou*

*De ma vie. Que dieu La bénisse.*

*Pour mes chères sœurs pour l'ambiance familiale et leur*

*Soutien plus spécialement à Nounou et Loulou.*

**LABRECHE AYA**



***Dédicace***

*Je dédie ce mémoire :*

*A ma cher mère surtout,*

*A qui je dois ma réussite, Et je leur dit merci.*

*A mon père*

*A mes chers frères.*

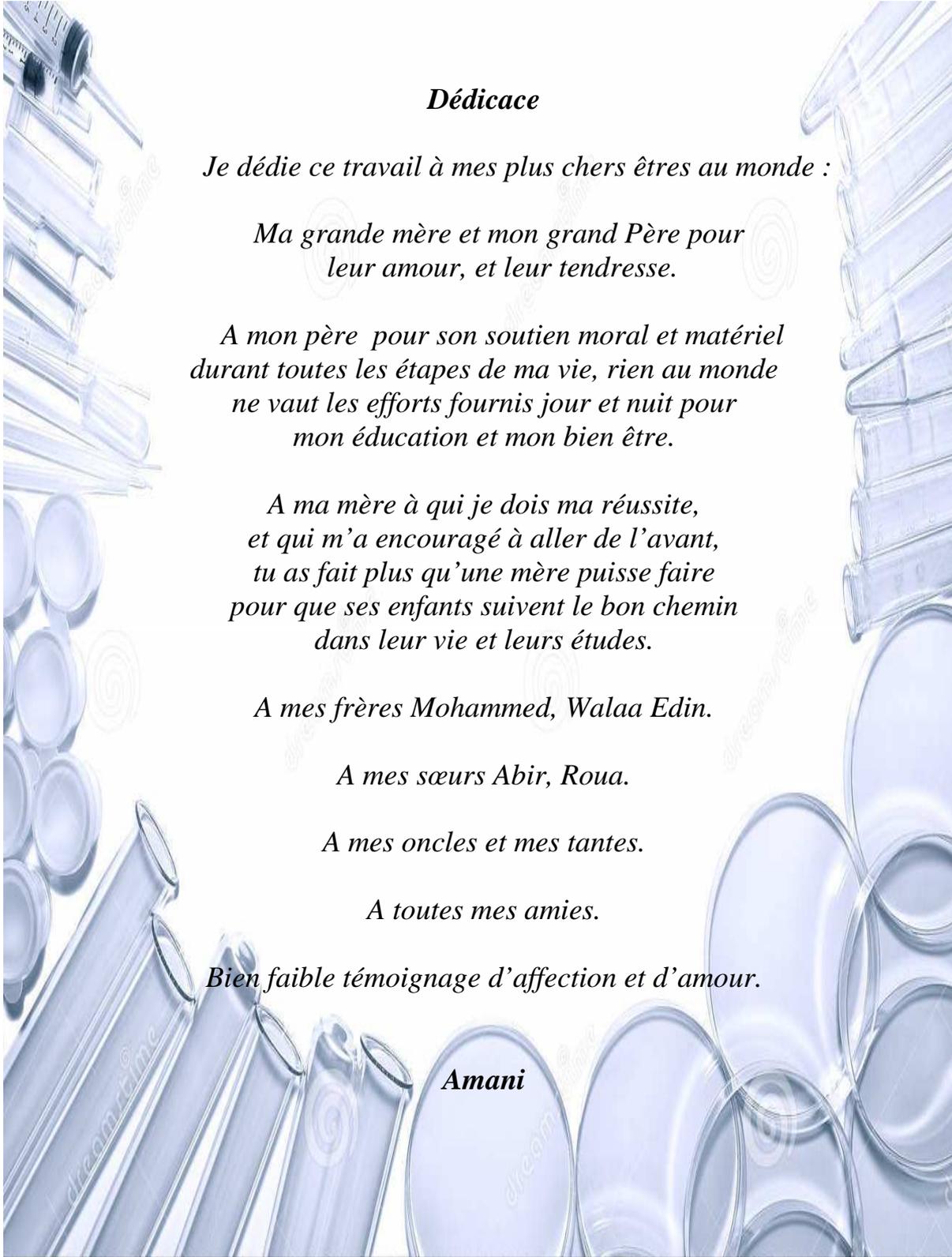
*A mes chères sœurs et leurs enfants.*

*A toute ma famille grande et petite.*

*A mes amis, tous sans exception.*

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

***Hanane***



## *Dédicace*

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

*Ma grande mère et mon grand Père pour  
leur amour, et leur tendresse.*

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

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

*A mes frères Mohammed, Walaa Edin.*

*A mes sœurs Abir, Roua.*

*A mes oncles et mes tantes.*

*A toutes mes amies.*

*Bien faible témoignage d'affection et d'amour.*

*Amani*

## REMERCIEMENTS

Après avoir rendues grâce à DIEU,

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nous remerciements les plus sincères:

A nous parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Nous tenons à remercier tout particulièrement le directeur de ce mémoire M<sup>re</sup> BOUCHELAGHEM ElHadi, enseignant à l'université de Guelma, pour nous avoir fait confiance malgré les connaissances plutôt légères que nous avons en vérifier sur le thème, puis pour nous avoir guidé, encouragé, conseillé, et en nous faisant l'honneur de nous déléguer plusieurs responsabilités dont nous espérons avoir étions à la hauteur.

Nos remerciements vont également à M<sup>lle</sup> REGGAM Asma, notre chère Co-encadreur pour l'accompagnement durant l'élaboration et la rédaction de ce travail et pour les recommandations qu'ils ont pu nous prodiguer au cours de notre mémoire et pour aussi la gentillesse et la patience qu'elle a manifestée à notre égard durant ce mémoire.

Nos remerciements vont également à la commission d'examen:

M<sup>re</sup> GUETTAF.M et M<sup>me</sup> SATHA.A des enseignants à l'université de Guelma, on vous remercie de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer notre travail. On est également honorées de votre participation à notre jury de soutenance.

Nous remercions M<sup>re</sup> L.OUMEDDOUR pour le chaleureux accueil au sein de la Station Météorologique de Guelma et pour les précieuses données que nous avons reçues de sa part.

Nous exprimons toute notre reconnaissance à M<sup>re</sup> M.CHAALAL, Directeur de l'Algérienne des Eaux de Guelma.

Nous ne savons pas comment exprimer nos gratitude à ces deux personnes M<sup>lle</sup> BAOUT Mebarka et M<sup>me</sup> CHAOUREF Radia, des employées à L'ADE Hammam Debagh, pour nous avoir accueillies dans leur laboratoire et de nous avoir facilitées les techniques durant nos expériences.

Enfin, nous adressons nous plus sincères remerciements à toute personne contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des sigles et abréviation	
Introduction générale.....	1
<b>CHAPITRE 1: CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA REGION D'ETUDE</b>	
1.1. Caractéristiques physique du milieu .....	3
1.1.1. Situation et cadre géographique .....	3
1.1.2. Cadre hydrogéologique .....	3
1.1.2.1. Nappe tellienne de la région de Ras El Agba-Sellaoua Announa.....	3
1.1.2.2. Caractéristiques morpho métriques du bassin versant de l'oued Bouhamdane.....	4
1.1.2.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane.....	4
1.1.3. Climatologie .....	5
1.1.3.1. Précipitations .....	6
1.1.3.1.1. Précipitation moyennes mensuelles .....	6
1.1.3.1.2. Précipitation totales annuelles .....	7
1.1.3.2. Températures .....	7
1.1.3.2.1. Températures moyennes Annuelles .....	7
1.1.3.2.2. Températures moyennes mensuelle .....	8
1.1.3.2.3. Températures moyennes, maximale et minimale.....	9
1.1.3.3. Relation température et précipitation .....	9
1.1.3.3.1. Diagramme pluvio-thermique de bagnouls et gaussen ....	9
1.1.3.3.2. Quotient pluviométrique d'emberge .....	10
1.1.4. Perturbations anthropiques .....	11
<b>CHAPITRE02: LES RISQUES LIES AUX MODES DE GESTION DE L'EAU</b>	
Introduction .....	12
2.1. Maladies à transmission hydrique .....	12
2.1.1. Maladies d'origine hydrique .....	13
2.1.1.1. Infections bactériennes .....	13
A. Type des bactéries .....	13
B. Maladies d'origine bactérienne .....	14
B.1. Choléra.....	14
B.2. Fièvre typhoïde .....	14
B.3. Fièvre paratyphoïde .....	14
B.4. Dysenterie .....	14
B.5. Diarrhées infectieuses .....	15
2.1.1.2. Virologie des milieux hydriques .....	15
A. Type des virus .....	15
B. Maladies d'origine virale.....	15
B.1. la poliomyélite .....	15

B.2. les hépatites virales et entérovirus .....	16
2.1.1.3. Infections parasitaires.....	16
A. Type des parasites .....	16
B. Maladies d'origine parasitaire .....	16
2.2. Maladies liées au manque d'hygiène .....	16
2.2.1. Les risques liés aux composés chimiques .....	16
2.2.1.1. Plomb .....	17
2.2.1.2. Nitrate.....	17
2.2.1.3. Chlore .....	18
2.2.1.4. Fluorure .....	18
2.2.1.5. Pesticides.....	19

### CHAPITRE 3: MATERIEL ET METHODES

3.1. Méthodologie .....	20
3.1.1. Echantillonnage .....	20
3.1.1.1. Station des mesures et période de récolte.....	20
3.1.1.2. Prélèvements des échantillons de l'eau .....	21
3.1.1.2.1. Matériel de prélèvement .....	21
3.1.1.2.2. Méthode d'échantillonnage.....	21
3.1.1.2.3. Mode de conservation .....	21
3.1.2. Technique d'analyse.....	22
3.1.2.1. Méthode d'analyse des paramètres physico-chimiques .....	22
3.1.2.1.1. Méthode électrochimique .....	22
A. Mesure du pH .....	22
B. Mesure de la Température .....	23
C. Mesure de la conductivité .....	23
D. Mesure l'oxygène dissous .....	24
E. Minéralisation globale d'une eau (TDS) et salinité ...	24
3.1.2.1.2. Méthode volumétrique .....	24
A. Matière organique (MO) .....	24
B. Le chlorure (Cl <sup>-</sup> ) .....	25
C. Calcium (Ca <sup>2+</sup> ).....	26
D. Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	26
E. Résidu sec .....	27
F. Dureté totale (Titre hydrotimétrique).....	27
G. Titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC) ...	28
H. Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	29
3.1.2.1.3. Méthode spectrophotométrie.....	30
A. Fer.....	30
B. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	31
C. Phosphates PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> .....	31
D. Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....	32
E. Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	32
F. Ion ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	32
3.1.2.2. Méthode d'analyse des paramètres microbiologiques .....	33
3.1.2.2.1. Recherche et dénombrement .....	34
3.1.2.2.2. Teste de confirmation.....	39
3.1.2.2.3. Isolement des souches .....	41
3.1.2.2.4. Identification .....	41

**CHAPITRE 04: RESULTATS ET DISCUSSION**

4.1. Qualité physico-chimique de l'eau.....	46
4.1.1. Les paramètres physiques.....	46
4.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	46
4.1.1.2. Température .....	47
4.1.1.3. Conductivité électrique .....	48
4.1.1.4. Oxygène dissous .....	48
4.1.1.5. Salinité .....	49
4.1.1.6. Taux des sels dissous (TDS) .....	50
4.1.1.7. Potentiel redox.....	51
4.1.1.8. Résidu sec.....	51
4.1.2. Paramètres de pollution.....	52
4.1.2.1. Nitrates .....	52
4.1.2.2. Nitrites.....	53
4.1.2.3. Ions d'ammonium .....	54
4.1.2.4. Fer.....	55
4.1.2.5. Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	55
4.1.2.6. Matière organique (MO) .....	56
4.1.2. Paramètres de minéralisation globale.....	57
4.1.3.1. Titre hydrotimétrique (TH) .....	57
4.1.3.2. Calcium .....	58
4.1.3.3. Magnésium.....	58
4.1.3.4. Chlorure.....	59
4.1.3.5. Sulfates .....	60
4.1.3.6. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....	60
4.1.3.7. Titre Alcalimétrique simple (TA) .....	61
4.1.3.8. Alcalinité complète (TAC).....	61
4.2. Qualité bactériologique de l'eau .....	62
4.2.1. Recherche et dénombrements des micro-organismes .....	63
4.2.1.1. Germes totaux .....	63
4.2.1.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécales .....	64
4.2.1.3. Recherche des bactéries pathogènes .....	67
4.2.2. Test de confirmation des bactéries pathogènes .....	68
4.2.3. Résultats de l'identification.....	68
4.2.4. Recherche des levures .....	72
Conclusion.....	73
Références bibliographiques .....	75
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Annexes	

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE 01

<b>Tableau 1.1:</b> Périmètre des sous bassin de l'oued Bouhamdane .....	4
<b>Tableau 1.2:</b> Superficies planimétries des sous bassins de l'oued Bouhamdane.....	4
<b>Tableau 1.3:</b> Précipitations moyennes mensuelles dans la région de Guelma (2002-2015) ..	
.....	6
<b>Tableau 1.4:</b> Précipitations totales annuelles dans la région de Guelma (2002-2015) .....	7
<b>Tableau 1.5:</b> Températures moyennes annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015) ..	
.....	8
<b>Tableau 1.6:</b> Températures moyennes mensuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015)	
.....	8
<b>Tableau 1.7:</b> Températures moyennes maximale et minimale dans la région de Guelma (2002 -2015) .....	9
<b>Tableau 1.8:</b> Température moyenne mensuelle et précipitation moyenne mensuelle (Dans la région de Guelma 2002-2015) .....	(Annexe)

### CHAPITRE 03

<b>Tableau 3.1:</b> Les paramètres Microbiologiques .....	33
<b>Tableau 3.2:</b> Table de NPP (Rodier 2009) .....	(Annexe)
<b>Tableau 3.3:</b> Les différents types des Api .....	43
<b>Tableau 3.4:</b> Tableau de lecture de l'APi20 E .....	(Annexe)
<b>Tableau 3.5:</b> Tableau de lecture de l'Api 20Staph .....	(Annexe)

### CHAPITRE 04

<b>Tableau 4.1:</b> Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	46
<b>Tableau 4.2:</b> Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine .....	52
<b>Tableau 4.3:</b> Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	57
<b>Tableau 4.4:</b> Normes de qualité des paramètres bactériologiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	62
<b>Tableau 4.5:</b> Résultats de recherche des Staphylocoques .....	67

<b>Tableau 4.6:</b> Résultats de recherche des Pseudomonas.....	67
<b>Tableau 4.7:</b> Résultats de recherche des Salmonelles .....	67
<b>Tableau 4.8:</b> Aspect Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes recherchées .....	68
<b>Tableau 4.9:</b> Caractères Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes Isolées .....	69
<b>Tableau 4.10:</b> Aspect Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes Recherchées .....	(Annexe)
<b>Tableau 4.11:</b> Résultats de l'identification par la galerie API 20 E. ....	70
<b>Tableau 4.12:</b> Résultats de l'identification par la galerie API staph et Api 20 Strep .....	70
<b>Tableau 4.13:</b> Résultats de recherche des levures .....	72
<b>Tableau 4.14:</b> Caractères Macroscopiques et Microscopiques des levures .....	72
<b>Tableau 4.15:</b> Résultats de l'identification par la galerie API Caux .....	72

## LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE 01

<b>Figure 1.1:</b> Une Carte géographique de la région d'étude .....	3
<b>Figure 1.2:</b> Réseau hydrographique de la région d'étude.....	5
<b>Figure 1.3:</b> Variations moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Guelma (2002-2015) .....	6
<b>Figure 1.4:</b> Variations des précipitations annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015) .....	7
<b>Figure 1.5:</b> Variations des Températures annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015).....	8
<b>Figure 1.6:</b> Variations moyennes mensuelles des températures dans la région de Guelma durant la période (2002-2015) .....	8
<b>Figure 1.7:</b> Courbe d'évaluation des températures de la région de Guelma (2002 - 2015) .	9
<b>Figure 1.8:</b> Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausson de la région de Guelma (2002 - 2015) .....	10
<b>Figure 1.8:</b> Climagramme d'Emberger de la région d'étude .....	11

## CHAPITRE 03

<b>Figure 3.1:</b> les sites de prélèvement .....	20
<b>Figure 3.2:</b> Multi-paramètre WTW .....	23
<b>Figure 3.3 :</b> Spectrophotomètre ODYSSEY.....	30
<b>Figure 3.4:</b> Les coliformes Fécaux .....	34
<b>Figure 3.5:</b> Les entérocoques (Streptocoques Fécaux) .....	34
<b>Figure 3.6:</b> Staphylocoques .....	37
<b>Figure 3.7:</b> <i>Salmonella</i> .....	38
<b>Figure 3.8:</b> Les levures .....	39
<b>Figure 3.9:</b> mannitol positif .....	40
<b>Figure 3.10:</b> Microscope optique.....	41
<b>Figure. 3.11:</b> Api 20E .....	44
<b>Figure. 3.12:</b> Présentation de lecture del'API 20 C aux .....	45

## CHAPITRE 04

<b>Figure 4.1:</b> Variations mensuelles du pH au niveau d'AB et AK .....	47
<b>Figure 4.2:</b> Variations mensuelles de la température au niveau d'AB et AK .....	47
<b>Figure 4.3:</b> Variation mensuelle de la conductivité électrique au niveau d'AB et AK .....	48
<b>Figure 4.4:</b> Variations mensuelles de l'oxygène dissous au niveau d'AB et AK .....	49
<b>Figure 4.5 :</b> Variations mensuelles de la salinité au niveau d'AB et AK.....	50
<b>Figure 4.6:</b> Variations mensuelles des TDS au niveau d'AB et AK .....	50
<b>Figure 4.7:</b> Variations mensuelles de Potentiel redox au niveau d'AB et AK.....	51
<b>Figure 4.8:</b> Variations mensuelles de Résidu sec au niveau d'AB et AK .....	52
<b>Figure 4.9:</b> Variations mensuelles de Nitrates au niveau d'AB et AK.....	53
<b>Figure 4.10:</b> Variations mensuelles de Nitrites au niveau d'AB et AK .....	54
<b>Figure 4.11:</b> Variations mensuelles d'Ammoniums au niveau d'AB et AK.....	54
<b>Figure 4.12:</b> Variations mensuelles de Fer au niveau d'AB et AK.....	55
<b>Figure 4.13:</b> Variations mensuelles de L'ortho phosphate au niveau d'AB et AK .....	56
<b>Figure 4.14:</b> Variations mensuelles de matière organique au niveau d'AB et AK .....	56
<b>Figure 4.15:</b> Variation mensuelle de TH au niveau d'AB et AK.....	58
<b>Figure 4.16:</b> Variations mensuelles du taux de $Ca^{2+}$ au niveau d'AB et AK.....	58
<b>Figure 4.17:</b> Variations mensuelles du taux de $Mg^{2+}$ au niveau d'AB et AK.....	59
<b>Figure 4.18:</b> Variations mensuelles des chlorures au niveau d'AB et AK.....	59
<b>Figure 4.19</b> Variations mensuelles de Sulfates au niveau d'AB et AK.....	60
<b>Figure 4.20:</b> Variation mensuelle de Bicarbonates au niveau d'AB et AK.....	61
<b>Figure 4.21:</b> Variations mensuelles de TA au niveau d'AB et AK.....	61
<b>Figure 4.22:</b> Variations mensuelles de TAC au niveau d'AB et AK.....	62
<b>Figure 4.23:</b> Variations mensuelles des Germes Totaux à 22°C. ....	63
<b>Figure 4.24:</b> Variations mensuelles des Germes Totaux à 37C. ....	64
<b>Figure 4.25:</b> Variations mensuelles des Coliformes Totaux.....	64
<b>Figure 4.26:</b> Variations mensuelles des Coliformes Fécaux.....	65
<b>Figure 4.27:</b> Variations mensuelles des Streptocoques Fécaux.....	66
<b>Figure 4.28:</b> Variations mensuelles des ASR.....	66
<b>Figure 4.29:</b> Cocci Gram(+). ....	68
<b>Figure 4.30:</b> Catalase positif.....	68
<b>Figure 4.31:</b> Mannitol positif.....	68
<b>Figure 4.32:</b> Profil biochimique de la souche <i>Aerococcusviridans</i> .....	71

<b>Figure 4.33:</b> Profil biochimique de la souche <i>Flavimonasoryzihabitans</i> .....	71
<b>Figure 4.34:</b> Profil biochimique de la souche <i>Serratia odorifera</i> .....	71
<b>Figure 4.35:</b> Profil biochimique de la souche <i>Ochrobactrum anthropi</i> .....	71
<b>Figure 4.36:</b> Profil biochimique de la souche <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	71
<b>Figure 4.37:</b> Profil biochimique de la souche <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> .....	71

**LISTE DES SIGNES ET ABREVIATIONS**

**AB:** Ain brinis  
**AK:** Ain kerma  
**P :** Précipitation  
**T :** Température  
**RN :** Route nationale  
**PH :** Le potentiel d'hydrogène  
**°C :** Degré Celsius  
**µS :** micro-siemens  
**CE:** Conductivité électrique  
**OD:** Oxygène dissous  
**CMA :** concentration maximale admissible  
**TDS :** Taux des Sels  
**OMS :** Organisation mondial de la santé  
**RS :** Résidu sec  
**MO :** Matière organique  
**TH :** Titre hydrotimétrique  
**TA :** Titre Alcalimétrique Simple  
**TAC :** Titre Alcalimétrique Complet  
**EDTA :** Ethyle Diamine Tétra Acétique  
**TGEA :** Tryptone Glucose à l'Extrait de levure Agar  
**CF :** Coliformes fécaux  
**CT :** Coliformes totaux  
**D/C:** Double concentration  
**°F :** Degré Français  
**g/l :** Gramme par litre  
**N.P.P :** Nombre le plus probable  
**S/C :** Simple concentration  
**SF :** Streptocoque fécaux  
**VP :** Voges Proskawer  
**UFC :** Unité Formant Colonies  
**GT :** Germes totaux  
**ASR :** anaérobie sulfito-réducteurs



---

# ***INTRODUCTION GENERALE***

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (**Hubert et Marin, 2001**).

En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleu » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau. L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie (**Luna et Kenneth, 1972**).

Les eaux souterraines constituent une excellente source d'eau douce et le plus souvent une eau de bonne qualité (**Margat, 1992**). Cependant, leur exploitation représente un avantage économique estimable, pour le maintenir, il est nécessaire de prendre des mesures pérennes de protection de la qualité de cette richesse (**Gueroui, 2015**).

La pollution des eaux souterraines est un problème majeur auquel notre monde moderne est confronté. La notion de pollution est une notion relative, on entend par laquelle, la présence de plusieurs origines de polluants dans l'environnement généralement créés par l'homme. Cette pollution peut être évidente (hydrocarbures flottante sur la mer), comme elle peut être moins visible (les rejets agricoles, considérés comme source de pollution par les fertilisants et les pesticides) (**El Morhit, 2009**).

Notre travail consiste à effectuer des analyses microbiologiques et physico-chimiques des eaux souterraines en milieu urbain : cas de la nappe d'Ain brinis Ras El Agba – Guelma, Nord-Est d'Algérie. Les objectifs principaux de ce travail sont :

1. Recherche d'éventuelles des bactéries pathogènes dans l'eau.
2. Dénombrement de microorganismes avec la détermination du degré de contamination fécale.
3. Déterminer le taux des différents éléments physico-chimiques dans l'eau.

Aussi, notre étude s'articulera en quatre parties principales:

- Dans la première partie de ce travail, nous présentons un résumé d'un ensemble de données disponibles sur la zone d'étude; un aperçu hydrogéologique et caractéristique morpho-métriques et hydrographiques ainsi que l'étude des différents paramètres climatiques ont été détaillés.
- Une partie théorique consacrée aux généralités sur les risques liés aux modes de gestion de l'eau
- Une étude quantitative et qualitative des analyses physico-chimiques et microbiologiques.
- Une partie réservée à l'interprétation et la discussion des résultats.



---

***CHAPITRE1 : CARACTERISTIQUES  
GENERALES DE LA REGION D'ETUDE***

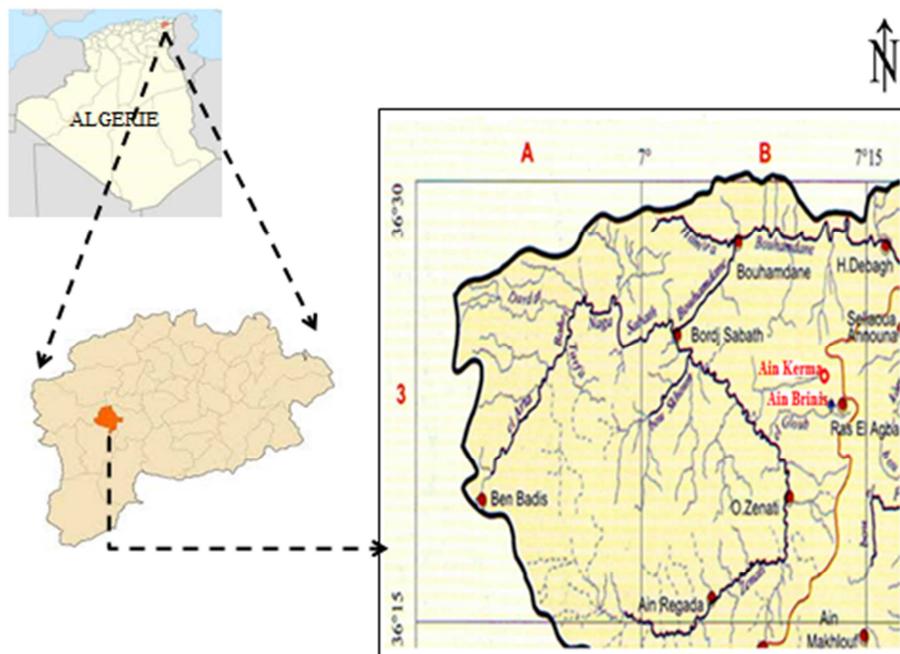
## 1.1. Caractéristiques physique du milieu

### 1.1.1. Situation géographique

Ras El Agba est une petite ville algérienne (Fig. 1.1), située dans le Sud-ouest de Guelma d'une distance de 30 kilomètres de la ville de Guelma et appartient à la daïra d'Ain Hissainia. La ville compte 2699 habitants depuis le dernier recensement de la population, entourée par Oued Zenati, Sellaoua Announa et Ain Makhlouf, Ras El Agba est située à 3 km au Sud-Ouest de Sellaoua Announa la plus grande ville à proximité située à 767 mètres d'altitude (1), la commune de Ras El Agba a pour coordonnées géographiques:

**Latitude:** 36°,22',23" Nord.

**Longitude:** 7° 13' 24" Est.



**Figure 1.1:** Une Carte géographique de la région d'étude.

### 1.1.2. Cadre hydrogéologique

#### 1.1.2.1. Nappe tellienne de la région de Ras El Agba-Sellaoua Announa

Elle correspond au domaine tellien externe constitué de formations paléogènes (Benmarce, 2007) où l'on distingue :

1. L'unité tellienne inférieure à nummulites qui comprend un Paléogène à marnes noires et un Eocène calcaire massif à nummulites.

2. L'unité tellienne supérieure à Globigérines qui comprend un Paléocène constitué de marnes, un Eocène à calcaires en bancs à lumachelles et un Lutétien inférieur à marnes noires à débris d'huîtres et à boules jaunes carbonatées.

### 1.1.2.2. Caractéristiques morpho métriques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

#### 1.1.2.2.1. Périmètre

Les périmètres des sous bassins de l'oued Bouhamdane curvimètres figurent dans le tableau ci-dessous. Le périmètre de notre bassin d'étude est de l'ordre de  $P = 170$  Km.

**Tableau 1.1:** Périmètre des sous bassin de l'oued Bouhamdane.

Sous Bassins versants	Le périmètre P km
1: L'oued Bouhamdane élémentaire	68,55
2: L'oued Zenati	110,5
3: L'oued Sabath	82,85
4: L'ensemble de l'oued Bouhamdane	170

#### 1.1.2.2.2. Superficie

La superficie d'un bassin versant est la plus importante des caractéristiques (Tab 1.2). La superficie planimétrie de notre bassin d'étude est de l'ordre de 1105 km<sup>2</sup> à Medjez Ammar (Mansouri, 2009).

**Tableau 1.2:** Superficies planimétries des sous bassins de l'oued Bouhamdane

Sous Bassins versants	Le périmètre P km <sup>2</sup>
1: L'oued Bouhamdane élémentaire	216,76
2: L'oued Zenati	592,15
3: L'oued Sabath	296,09
4: L'ensemble de l'oued Bouhamdane	1105

### 1.1.2.3. Caractéristiques hydrographiques du bassin versant de l'oued Bouhamdane

#### ❖ Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et converge vers un seul point de vidange du bassin versant (exutoire).

L'oued Bouhamdane résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Sabath et l'oued Zenati, drainant respectivement une superficie de 296,09 Km<sup>2</sup> et de 592,15 Km<sup>2</sup> et dont la confluence donne naissance à l'oued Bouhamdane qui reçoit dans sa rive gauche oued El Hamira. L'oued Zenati naît de la confluence de l'oued El M'ieh qui prend sa source à Djebel Oum Setttas (1326m), et chaâbet Touifsa qui prend sa source à Kef Deb (1142m); L'oued Zenati reçoit sur sa rive gauche les oueds: Bou Skoum, Bemeb,

Kalech, chaâbet El Rassoul, Snoussi ; et sur sa rive droite Chaâbet Gueit et Terba, **oued El Gloub (notre sujet d'étude)**, Chaâbet Mrassel. L'oued Sabath résulte aussi de la jonction de deux oueds : El Aria qui prend sa source à Djebel El Aria (1237m), oued, El Aria reçoit dans sa rive droite : oued Tarfà et dans sa rive gauche ; oued Haoudja et Chaâbet et Tamar. Et oued Derdar qui prend naissance à partir de la confluence de l'oued El Megroune qui prend sa source à M'zaret Sidi Chagraf (1289m) et Chaâbet es Sekek qui prend sa source à El Hadjar Essafra (1174m) (Fig 1.2).



Figure 1.2: Réseau hydrographique de la région d'étude.

### 1.1.3. Climatologie

Les changements climatiques et en particulier la hausse des températures et les changements des schémas hydrologiques tels que sécheresses et inondations auront une incidence sur la qualité de l'eau et exacerberont sa pollution provenant de sédiments, de nutriments, de carbone organique dissous, d'agents pathogènes, de pesticides et de sel, de même que de la pollution thermique (2).

Ras El Agba s'illustre par un climat rigoureux et des chutes de neige en hiver et chaud en été (3).

### 1.1.3.1. Précipitations

Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle, etc. Ces divers types de précipitations sont le plus souvent mesurés par le pluviomètre usuel, (**Dajoz, 2000**).

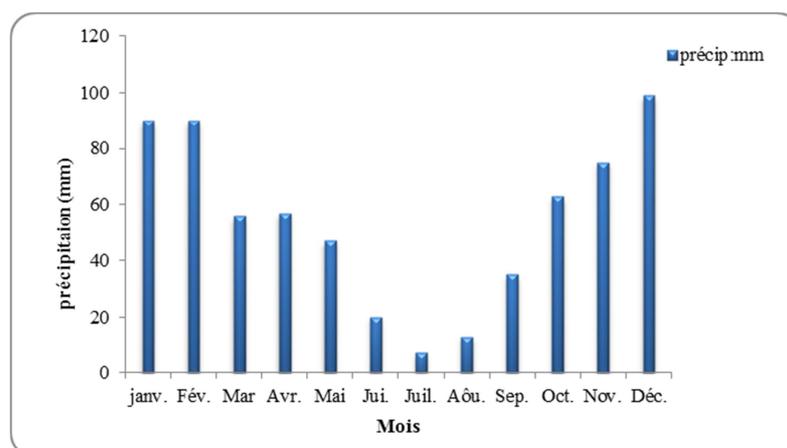
Les précipitations qui constituent le facteur essentiel intervenant par leurs répartitions annuelles, mensuelles et journalières. Ces différents aspects des précipitations plus ou moins modifiés par l'effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et exposition), et climatique (température et évapotranspiration), permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique de la région d'étude. (**Soltner, 1999**).

#### 1.1.3.1.1. Précipitation moyennes mensuelles

Les précipitations moyennes mensuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 13 ans (2002-2015) sont récapitulées dans le tableau 1.3. Leur répartition est illustrée par (Fig. 1.3). La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de décembre avec 99 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de juillet avec 7 mm.

**Tableau 1.3:** Précipitations moyennes mensuelles dans la région de Guelma (2002-2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aôu.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Précip. (mm)	90	90	56	57	47	20	7	13	35	63	75	99



**Figure 1.3:** Variations moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Guelma (2002-2015).

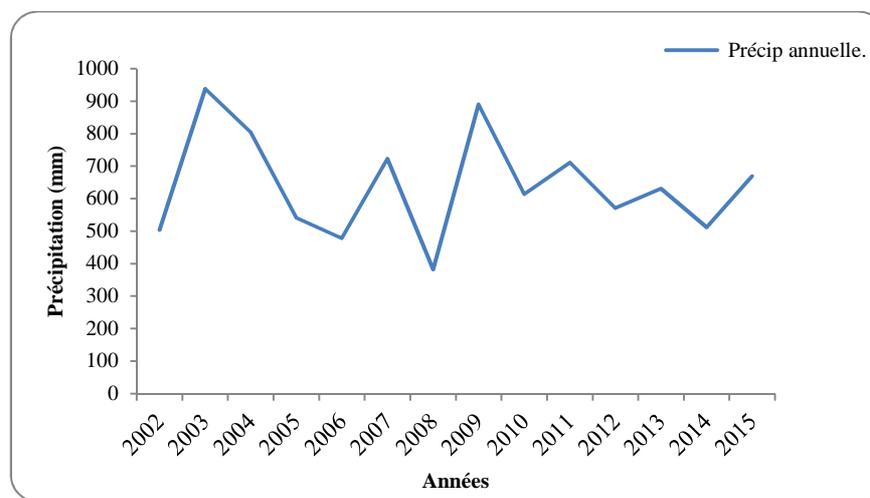
### 1.1.3.1.2. Précipitation totales annuelles

Les précipitations totales annuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 13 ans (2002-2015) sont récapitulées dans le tableau 1.4 et illustrée par la figure 1.4.

Le pique de la précipitation est observée en 2003 d'une quantité estimée de 938,5mm, en revanche la plus faible somme est en 2008 avec seulement 381,8mm.

**Tableau 1.4:** Précipitations totales annuelles dans la région de Guelma (2002-2015).

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Précip annuelle.	503.8	938.5	804.8	541.0	478.3	723.0	381.8	890.3	614.1	711.0	571.0	630.6	511.7	668.6



**Figure 1.4:** Variations des précipitations annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015).

### 1.1.3.2. Températures

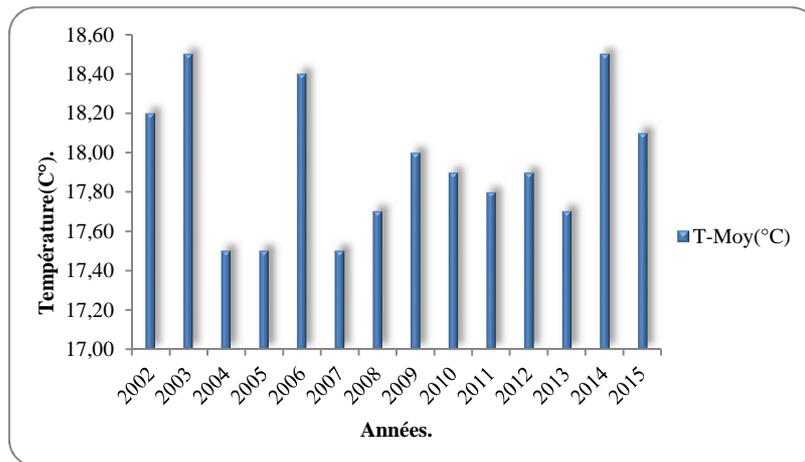
La température est l'un des facteurs les plus importants dans l'étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (Emsalem, 1986).

#### 1.1.3.2.1. Températures moyennes Annuelles

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes annuelles mesurées au niveau de la station météorologique de Guelma, sur une période de 13 ans de (2002-2015). Ces valeurs sont présentées dans le tableau 1.5, leur répartition est illustrée sur la figure 1.5. Le degré de la température annuelle la plus élevée c'est été en 2003 et en 2014 avec 18,5(°C), par contre la plus faible c'est été en 2004, 2005 et 2007 avec 17,5(°C).

**Tableau 1.5:** Températures moyennes annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015).

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TMoy(°C)	18,2	18,5	17,5	17,5	18,4	17,5	17,7	18,0	17,9	17,8	17,9	17,7	18,5	18,1

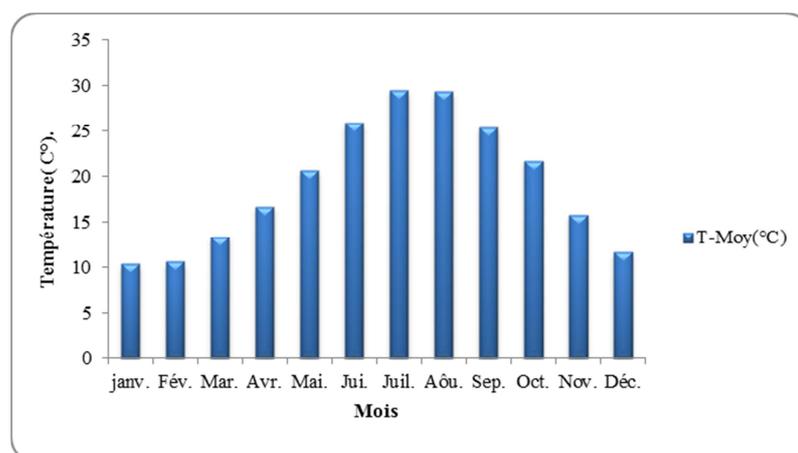
**Figure 1.5:** Variations des Températures annuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015).

### 1.1.3.2.2. Températures moyennes mensuelle

Les valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station météorologique de Guelma sont consignées dans le tableau 1.6, leur répartition est illustrée sur la figure 1.6.

**Tableau 1.6:** Températures moyennes mensuelles dans la région de Guelma (2002 - 2015).

Mois	janv.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aôu.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
TMoy. (°C)	10,39	10,66	13,4	16,72	20,69	25,93	29,56	29,4	25,46	15,83	11,67	11,67

**Figure 1.6:** Variations moyennes mensuelles des températures dans la région de Guelma durant la période (2002-2015).

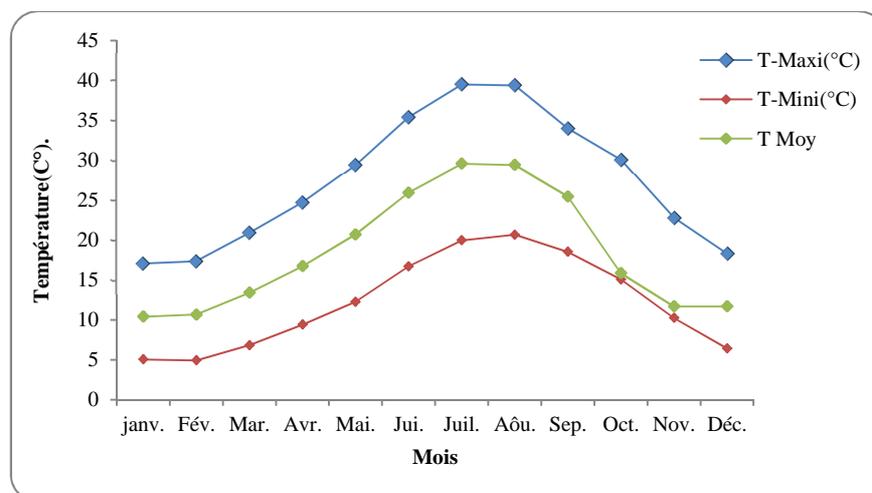
Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de mai à septembre, avec des températures variantes de 20,69 à 25,46°C. Par contre les températures les plus basses (11,67 à 13,4°C) sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier 10,39°C.

### 1.1.3.2.3. Températures moyennes, maximale et minimale

Dans les 13 ans la température moyenne maximale est observée au mois de juillet avec 39,47°C et la moyenne minimale est observée au mois de février avec 4,91°C, Ces valeurs sont consignées dans le tableau 1.7, leur répartition est illustrée sur la figure 1.7.

**Tableau 1.7:** Températures moyennes maximale et minimale dans la région de Guelma (2002 - 2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aôu.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
TMaxi(°C)	17,13	17,41	20,96	24,74	29,48	35,42	39,47	39,36	34,01	30,13	22,81	18,35
TMini(°C)	5,04	4,91	6,81	9,4	12,25	16,7	19,96	20,66	18,51	15,06	10,24	6,41



**Figure 1.7:** Courbe d'évaluation des températures de la région de Guelma (2002 - 2015).

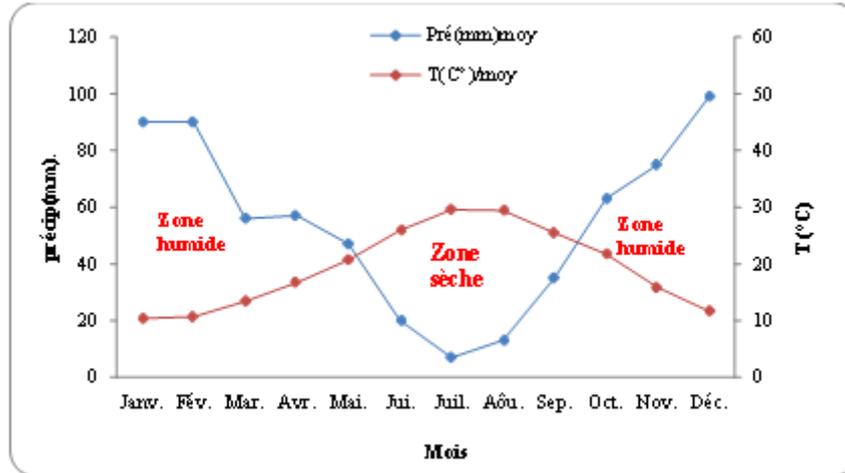
### 1.1.3.3. Relation température et précipitation

#### 1.1.3.3.1. Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen

Ce type de diagramme se définit comme une combinaison entre la température et la précipitation, ce dernier est établie à partir des valeurs de la température moyenne mensuelle et de la précipitation moyenne mensuelle pour la période (2002-2015) (Tab. 1.8) (Annexe).

L'échelle de la température est le double de celle des précipitations ( $P=2T$ ). Grâce à ce diagramme (Fig. 1.8), on peut distinguer deux saisons:

- Une saison humide s'étend depuis le mois de septembre jusqu'à mois de mai.
- Une saison sèche, s'étend du mois de juin jusqu'à mois d'août.



**Figure 1.8:** Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Guelma (2002 - 2015).

#### 1.1.3.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le Climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule:  $Q2 = 2000P / M2 - m$ , dont

- **P:** Précipitation annuelle (mm)
- **M:** Température maximale du mois le plus chaud en °K
- **m:** Température minimale du mois le plus froid en °K

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART soit:  $Q2 = 3,43 (P/M-m)$  (Stewart, 1969).

- **Q:** Quotient pluviométrique d'EMBRGER.
- **P:** Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- **M:** Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.
- **m:** Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

Q2 de La région de Guelma :

**P=** 689,88 mm

**M=** 39,47°C      **Q2= 68,46.**

**m=** 4,91°C

L'emplacement de ces indices sur le Climagramme d'Emberger, a permis de situer la région de Guelma dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers frais (Fig. 1.9).

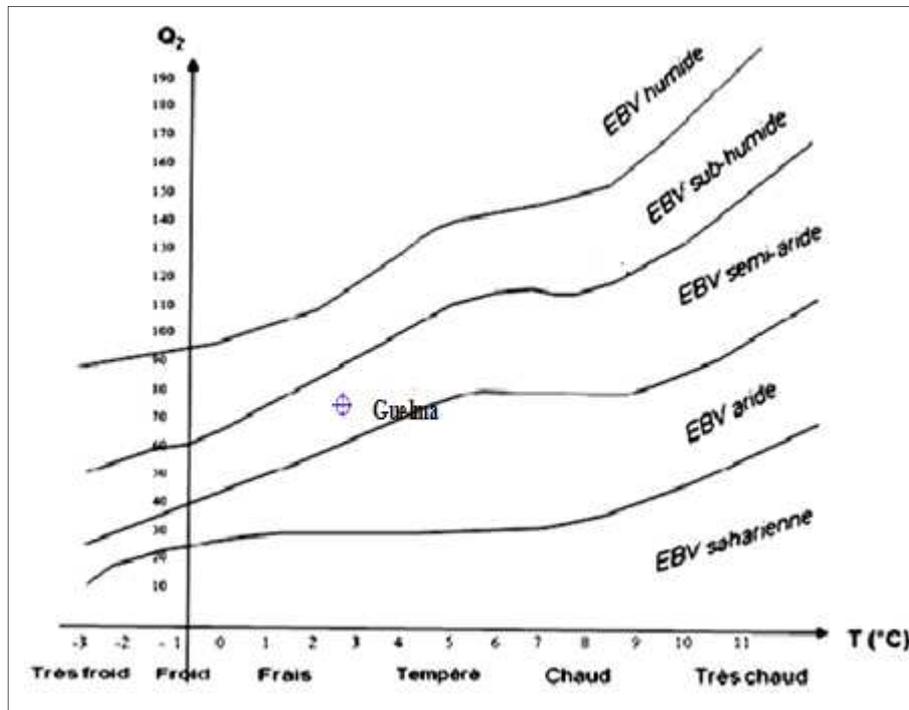


Figure 1.9: Climagramme d'Emberger de la région d'étude.

#### 1.1.4. Perturbations anthropiques

Nichée en contre bas de la RN 20 reliant Constantine, la commune de Ras El-Agba, également réputée pour ses terres agricoles et ses vastes vergers de cerisiers, pruniers, poiriers et pommiers caractérisée par une activité agricole, en particulier la production de blé (un moulin) (3).



***CHAPITRE2 : LES RISQUES LIES AUX  
MODES DE GESTION DE L'EAU***

## Introduction

Bien que l'eau constitue un facteur important dans la santé humaine et animale, son insuffisance ou son absence détermine un manque d'hygiène favorable à la survenue de maladie et d'épidémies (4).

La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire: la typhoïde et les dysenteries, et l'hépatite virale A constituent les maladies prédominantes (10,000 cas annuels de MTH en moyenne).

La pleine image des maladies associées à l'eau est complexe pour un grand nombre de raisons sur la dernière décennie, l'image des problèmes de santé relatifs à l'eau est devenue de plus en plus vaste, avec l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau et la réémergence de certaines problèmes connues.

Des données sont disponibles pour certaines maladies relatives à l'eau et l'hygiène (qui incluent la Salmonellose, le choléra, la shigellose), mais pour d'autres telles que la malaria, la schistosomiase ou les infections, les plus modernes telles que la légionellose ou les syndromes respiratoire aigüe sévère (SARS) (4).

### 2.1. Maladies à transmission hydrique

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

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

## 2.1.1. Maladies d'origine hydrique

Les germes en cause sont des parasites, des bactéries et des virus à élimination fécale qui ont des formes de résistance leur permettant de survivre dans l'eau.

### 2.1.1.1. Infections bactériennes

#### A. Type des bactéries

##### A.1. *Escherichia coli*

*E. coli* fait partie du groupe des coliformes totaux et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique non seulement une contamination par des matières fécales animale, mais aussi la présence possible de bactéries, virus et protozoaires pathogènes. À l'inverse, l'absence d'*E. coli* dans l'eau potable indique généralement que celle-ci ne contient pas de bactéries intestinales pathogènes. Cependant, comme *E. coli* est moins résistant à la désinfection que les virus et protozoaires intestinaux, son absence n'indique pas nécessairement que l'eau potable ne contient pas des virus et protozoaires intestinaux. S'il est impossible d'éliminer complètement le risque de maladie d'origine hydrique, l'adoption d'une approche à barrières multiples pour une eau potable sûre permettra de réduire au minimum la présence de micro-organismes pathogènes, et d'en ramener les concentrations dans l'eau potable à aucun micro-organisme détectable ou à des niveaux n'ayant pas été associés à des maladies (**Santé canada, 2006**).

##### A.2. *Salmonella* et *Shigella*

*Salmonella* et *Shigella* sont des agents étiologiques courants de maladies gastro-intestinales et sont donc présents dans les matières fécales des sujets colonisés. Ces microorganismes sont aussi présents couramment dans les fèces d'animaux de toutes sortes. La présence de l'un ou l'autre de ces micro-organismes dans l'environnement découle en général d'une contamination fécale récente (**Santé canada, 2006**).

##### A.3 *Campylobacter* et *Yersinia*

On a consigné à de nombreuses occasions des éclosions de gastroentérite d'origine hydrique mettant en cause *Campylobacter jejuni* et *Yersinia enterocolitica*. L'éclosion récente d'origine hydrique la plus importante causée par *Campylobacter* (**Clark et al.,**

2005). On a relié cette éclosion à de l'eau de forage contaminée par des matières fécales qui n'a pas été traitée comme il se doit avant la consommation (**Santé Canada, 2006**).

#### **A.4. *Vibrio cholerae***

Le genre *Vibrio* comprend plus de 30 espèces qui sont toutes d'habitat aquatique; les uns sont halophiles stricts, d'autre non. L'espèce la plus importante du genre est *Vibrio cholerae* (**Leclerc, 1994**). *V. cholera* se trouve dans les selles des malades, des convalescents et des porteurs sains. Dans les zones d'endémie, le nombre de porteurs sains est beaucoup plus important que celui des maladies.

### **B. Maladies d'origine bactérienne**

#### **B.1. Choléra**

Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités (5).

#### **B.2. Fièvre typhoïde**

Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas (6).

#### **B.3. Fièvre paratyphoïde**

Cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible (6).

#### **B.4. Dysenterie**

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%. (**Briere, 2000**).

## **B.5. Diarrhées infectieuses**

Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort (Briere, 2000).

### **2.1.1.2. Virologie des milieux hydriques**

Il est essentiel de bien différencier la notion de danger et la notion de risque. Le danger concerne les effets toxiques susceptibles d'être induits par un agent éventuellement toxique.

Le risque est la probabilité d'apparition de ces effets en fonction des conditions d'exposition au danger (Pfohl et Leszkowicz, 1999).

L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladies à virus est, en pratique, relativement difficile à cerner du fait, d'une part, de la sous-estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus, d'autre part, des limites des méthodes épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci pour être efficace, devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale (Schwartzbord, 1991)

## **A. Type des virus**

Les virus les plus importants sont, sans conteste, le virus de l'hépatite A responsable d'épidémies dans les collectivités humaines, et le virus de la poliomyélite responsable de séquelles paralytiques.

Par ailleurs, les Rotavirus, et le virus de Norwalk sont responsables de diarrhées non spécifiques chez les nourrissons et les voyageurs. (Delolm *et al.*, 1992).

## **B. Maladies d'origine virale**

### **B.1. la poliomyélite ou polio**

Est une maladie infectieuse due à un virus, transmis d'une personne à l'autre, et se manifeste par une fièvre, une paralysie motrice est une atrophie des muscles squelettique, souvent à l'origine d'une infirmité et de déformation permanentes. (7)

## **B.2. les hépatites virales et entérovirus**

Entraînent une infection et une inflammation du foie, et sont transmis par la voie oro-fécale, par de l'eau contaminée et d'une personne à l'autre. Le taux de mortalité est faible (0,2 % des cas ictérique) et la maladie finit par se résorber. (7)

### **2.1.1.3. Infections parasitaires**

#### **A. Type des parasites**

##### **A.1. Protozoaires**

Ils sont responsables des dysenteries (amibes, *Balantidium*) ou de gastro-entérites.

##### **A.2. Helminthes**

En région chaude les helminthes liés aux risques hydriques sont représentés par l'ascaridiase et la dracunculose.

\* l'ascaridiase : elle peut atteindre 70 à 90 pour 100 de la population.

\* la dracunculose ou filaire de Médine a un impact économique négatif considérable par la durée de l'immobilisation qu'elle occasionne chez les malades. (**Delolm *et al.*, 1992**)

##### **A.3. Giardia et Cryptosporidium**

La Giardia et le Cryptosporidium sont des parasites microscopiques qui peuvent être retrouvés dans l'eau. La Giardia est responsable d'une maladie intestinale appelée giardiase et le Cryptosporidium est à l'origine d'une maladie semblable, la cryptosporidiose.

## **B. Maladies d'origine parasitaire**

On trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites. Exemples: l'Ankylostomose, la Dracunculose, le Téniasis etc... (**Harlye *et al.*, 2010**).

## **2.2. Maladies liées au manque d'hygiène**

### **2.2.1. Les risques liés aux composés chimiques**

L'eau de la nature est d'autant moins potable aujourd'hui qu'elle est de plus en plus polluée par des substances rejetées par les sociétés humaines. Or cette pollution est parfois telle que même la qualité de l'eau traitée s'en ressent. Il n'est pas rare qu'une affaire éclate au sujet d'eaux du robinet qui ne respectant pas les normes de sécurité sanitaire (8). Si l'eau potable fait l'objet d'une réglementation précise et de contrôles fréquents, les principales inquiétudes portent sur la présence de plomb, de nitrates et de pesticides dans l'eau qui coule de nos robinets (8).

De toutes ces matières présentes dans l'eau, certaines sont sans risque pour la santé en dessous d'une certaine concentration, d'autres sont toxiques même à l'état de trace. Outre leur concentration, le temps d'exposition à ces substances est également très important. Si la contamination par les organismes pathogènes est très rapide, une seule absorption d'eau infectée pouvant suffire, certaines substances ne sont toxiques qu'après un long temps d'exposition. En tous les cas, les effets sur l'organisme de cette réelle de substances que les hommes ingèrent à doses homéopathiques restent pour la plupart encore méconnus (8).

Certaines substances, comme les métaux lourds, ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être la cause de maladies graves, même si la teneur dans l'eau est faible. Ingérées en grande quantité lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques (8).

#### **2.2.1.1. Plomb**

Le plomb passe rapidement dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. A plus forte dose, le plomb peut induire même chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies. Il peut également se fixer sur les os où il ne sera pas gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang; or cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes, entraînant une exposition du fœtus, et chez les personnes âgées qui se retrouvent empoisonnées de manière brutale (8).

#### **2.2.1.2. Nitrate**

Au-delà d'un certain seuil de concentration, les nitrates peuvent engendrer, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé une méthémoglobinémie ou encore maladie bleue. Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente

dans le corps humain, ils se transforment en nitrites qui eux oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène et perturbe la respiration cellulaire.

Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérogènes. Le risque demeure difficile à évaluer et les normes actuelles, qui fixent les seuils de concentration des nitrates à 50 mg/l représente une application raisonnable du principe de précaution (8).

### 2.2.1.3. Chlore

La désinfection de l'eau potable, qui est passée depuis longtemps dans les mœurs, souffre de lacunes qu'il faudra combler à brève échéance. Il nous est loisible d'en citer quelques-unes :

- ✓ Le matériel de chloration (javellisateur) est parfois confié au seul gardien du réservoir d'eau, d'où risque de défaut d'entretien et arrêt prolongé du fonctionnement.
- ✓ La chloration n'est souvent pas en rapport avec le débit distribué.
- ✓ La javel livrée par certains commerces est mal dosée ou carrément inefficace.
- ✓ Le personnel en charge de la javellisation n'est pas doté de comparateur, simple appareil permettant le calcul du taux de chlore dans l'eau.

Dans l'usine de traitement et le réseau de distribution de l'eau potable, certaines matières organiques naturelles présentes dans l'eau traitée peuvent réagir avec le chlore pour former des sous-produits chlorés de désinfection.

Les types et structures de ces sous-produits sont complexes et varient en fonction de la qualité de l'eau et des conditions de traitement. Les sous-produits qu'on trouve le plus souvent dans les eaux chlorées sont les trihalométhanes (THM) et les acides halos acétiques (AHA). (**Santé canada, 2009**)

### 2.2.1.4. Fluorure

La plupart des eaux potables contiennent des fluorures, ces concentrations sont affectées par certains procédés tels que l'échange d'anion, la déminéralisation et certains autres traitements qui l'élimineront.

Des niveaux élevés en consommation de fluorure entraînent des fluoroses. Ceci est presque toujours associé à des prises élevées en fluorure dans l'eau potable. L'ingestion

d'excès de fluorure lors du développement des dents, particulièrement lors de la croissance, peut également avoir comme conséquence une fluorose dentaire et ces effets peuvent également être modifiés par Co-exposition à certains minéraux.

La concentration optimale en fluorure dans l'eau potable pour la santé dentaire est généralement comprise entre 0,5 à 1,0 mg/litre et dépend du volume de consommation et de l'absorption et l'exposition à d'autres sources.

Ces valeurs sont basées sur des études épidémiologiques. Les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable pour le fluorure est 1,5 mg/l. **(Reggam, 2010)**

### **2.2.1.5. 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 cancérogènes comme l'atrazine.

La réglementation fixe à 0,1 µg/l pour chaque type de pesticide identifié et à 0,5 µg/l la concentration totale des pesticides. Il paraît difficile de lever les inquiétudes provoquées par la présence de pesticides dans l'eau du robinet dans la mesure où nos connaissances sur le sujet demeurent limitées. Mais rappelons que cette réglementation est bien plus sévère que les recommandations formulées par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et qu'à ce jour, on n'a pas détecté de cas d'intoxication chronique ou de maladies provoquées par la présence de ces matières dangereuses dans l'eau de robinets (8).



***CHAPITRE3 : MATERIEL ET  
METHODES***

### 3.1. Méthodologie

Pour obtenir des résultats d'analyse représentatifs de la qualité de l'eau, il est important que l'échantillonnage soit fait avec méthode et rigueur.

#### 3.1.1. Echantillonnage

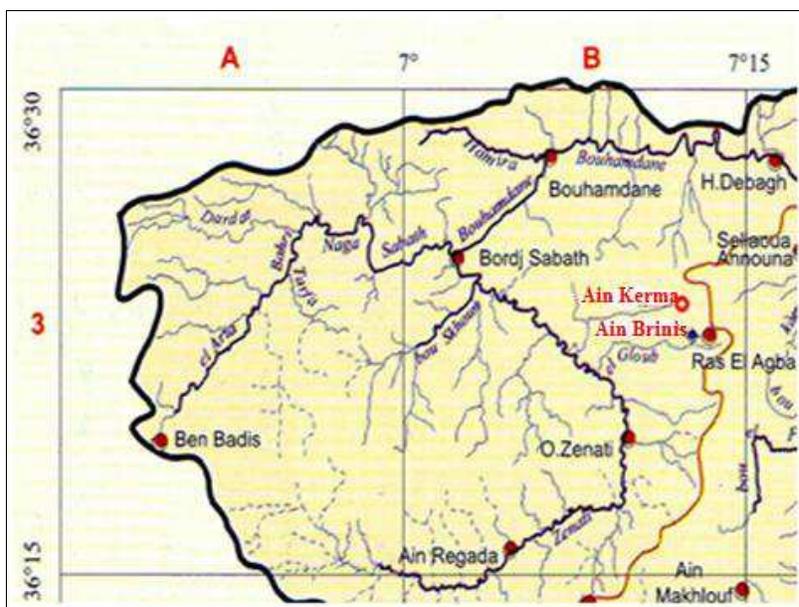
L'échantillonnage est la sélection d'une partie dans un tout, il est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse et influence la qualité des résultats analytiques obtenus. Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'élément que l'on désire analyser et cette méthode doit être réalisée avec le plus grand soin puisqu'elle doit représenter avec fiabilité l'environnement échantillonné.

##### 3.1.1.1. Station des mesures et période de récolte

Pour étudier l'évolution de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux souterraines en milieu urbain : cas de la nappe d'Ain Brinis, Ras El-Agba -Guelma, nous avons choisis deux stations (AK, AB) (Fig. 3.1):

**AK:**(eau de source): Ain El Karma

**AB:** (eau de Forage): Ain Brinis.



**Figure 3.1:** les sites de prélèvement.

Les prélèvements sont étalés sur une période de trois mois pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques (février jusqu'au avril) ; vingt deux paramètres ont fait l'objet d'un suivi physico-chimique, et sept variables microbiologiques. Les mesures ont été effectuées au niveau de la station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh tandis que d'autres analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université.

### **3.1.1.2. Prélèvements des échantillons de l'eau**

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination.

#### **3.1.1.2.1. Matériel de prélèvement**

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Lors d'un prélèvement physico-chimique il faut utiliser des flacons neufs en plastique et le prélèvement bactériologique doit être prélevé à l'aide des flacons en verre stériles de bouchons à vis (**Derwich *et al.* ; 2008**).

#### **3.1.1.2.2. Méthode d'échantillonnage**

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas du prélèvement de l'eau du robinet, l'échantillonnage réalise par les étapes suivantes:

- \* Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler 3 minutes pour éliminer l'eau stagnante dans les canalisations.
- \* Ouvrir le flacon stérile et remplir en tenant le bouchon dans sa protection orientée vers le bas pour éviter que des poussières viennent se déposer à l'intérieur.
- \* Laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse.
- \* En fin fermer le flacon avec le bouchon et bien étiqueté (la date et l'heure de prélèvement, le site et l'ordre de prélèvement).

#### **3.1.1.2.3. Mode de conservation**

D'une façon générale, les prélèvements doivent être transportés dans une glacière à température comprise entre 4 à 6 °C, cette méthode permet d'assurer une conservation

satisfaisante, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon (Rodier, 2009).

### 3.1.2. Technique d'analyse

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence de micro-organismes, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

#### 3.1.2.1. Méthode d'analyse des paramètres physico-chimiques

L'analyse des paramètres physico chimiques d'une eau de surface est primordiale pour évaluer sa qualité. Pour s'assurer de la fiabilité de nos résultats, il est important d'appliquer une stratégie d'échantillonnage et des méthodes d'analyses normées.

Les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'élément souvent des ions comme le chlorure, sulfate, nitrate,...etc

Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau de forage (Ain Brinis) est comparé avec l'eau de source (Ain Karma).

##### 3.1.2.1.1. Méthode électrochimique

Cette méthode permet l'analyse des paramètres physico-chimiques simple par des techniques qui peuvent être mises en œuvre avec des appareils de laboratoire usuel.

#### A. Mesure du pH

Le terme pH (potentiel Hydrogène) est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité, > 7 les eaux sont **basiques**, < 7 les eaux sont **acides**.

#### \*Mode opératoire :

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre, après de vérifier et étalonner avec au moins deux solutions étalons (7 et 10 ou 7 et 4 suivant la gamme de mesure à réaliser).

## B. Mesure de la Température

La température permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH.

### \* Mode opératoire

- Prélever un échantillon d'eau dans une bouteille en plastique de 125 ml à large ouverture;
- Plonger un thermomètre dans l'échantillon et attendre au moins 3 minutes afin que la température se stabilise;
- Lire la température en tenant la bouteille et le thermomètre au niveau des yeux et en laissant l'extrémité du thermomètre immergée dans l'échantillon.

## C. Mesure de la conductivité

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

### \*Mode opératoire

D'une façon générale, rincez plusieurs fois la sonde (WTW Multi 1970i) (Fig. 3.2) avec l'eau à analyser puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner.



Figure 3.2: Multi-paramètre WTW.

## D. Mesure l'oxygène dissous

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies. L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène.

### \* Mode opératoire

Pour mesurer l'oxygène dissous d'un cours d'eau, il est possible d'utiliser un oxymètre, matériel disposant d'une sonde spéciale, Plonger l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser et procéder à la mesure sans délai. Le temps de stabilisation de mesure est d'environ 1 minute.

## E. Minéralisation globale d'une eau (TDS) et salinité

La minéralisation 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. 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**).

### \* Mode opératoire

Il a été déterminé à l'aide d'un conductimètre électrique, du type: WTW, qui permet de mesurer également la salinité et TDS.

### 3.1.2.1.2. Méthode volumétrique

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés.

L'un des réactifs n'est ajouté au deuxième par goutte à goutte jusqu'à la fin de la réaction. Le point d'équivalence est indiqué par le virage d'un indicateur coloré.

## A. Matière organique (MO)

La matière organique est naturellement présente dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc.

**\* Méthode de détermination**

Cette mesure renseigne sur la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par matières organiques présentes dans une eau :

- Introduire dans un erlenmeyer, 100ml d'eau à analyser et 10 ml d'acide sulfurique à 50% ajouté 10 ml de solution de permanganate de potassium;
- Porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 min à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent crever la surface du liquide; Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique pour décolorer. Revenir immédiatement à la teinte rose faible mais persistante à l'aide d'une burette graduée, la solution de permanganate de potassium.
- Faire un essai à blanc en opérant dans les mêmes conditions.

**\*Expression des résultats**

$$\text{MO (O}_2\text{/l)} = V_{\text{ech}} - V_{\text{blan}}$$

**B. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau.

**\* Méthode de détermination**

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

- Placer 25 ml d'échantillon dans le flacon erlenmeyer à col large;
- Ajuster le pH entre 7 et 10, en cas de besoin avec NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- Ajouter 1 ml de la solution indicatrice de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>;
- Titrer la solution avec du nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution apparition d'une teinte rouge qui est le point de fin de titrage ;
- Effectuer un essai en blanc de la même façon que pour l'échantillon.

**\*Expression des résultats**

$$\text{Teneur (mg/l)} = V \text{ titre} * 142$$

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

L'eau est composée de nombreux éléments minéraux et organiques. Sa richesse en minéraux varie selon la composition des sols qu'elle traverse. Les terrains calcaires donneront une eau riche en calcium. Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure... etc. 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  $\text{CaCO}_3$ . (**Rodier, 1996**).

#### \*Méthode de détermination

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large;
- Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques graines d'indicateur colore;
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet soit V le volume de solution;

#### \*Expression des résultats :

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

$$\text{Ca}^{2+} = V \text{ EDTA} \times F \times 8$$

F= Facteur ( $12,5/V_{(\text{EDTA})}$ )

### D. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

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 (**Rodier, 1996**). 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). (**Debieche, 2002**).

#### \*Détermination de $\text{Mg}^{2+}$

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en  $\text{CaCO}_3$  mg/l (**Rodier, 2005**).

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

### E. Résidu sec

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières par litre d'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.

#### \*Méthode de détermination

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (Rodier, 2009).

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher;
- Prélever 200 ml d'eau à analyser;
- Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures;
- Laisser refroidir pendant ¼ heure aux dessiccateurs;
- Peser immédiatement et rapidement.

#### \*Expression des résultats

$$RS \text{ (Mg/L)} = (PP - PV) \times 5 \times 1000$$

PP: le poids plein de la capsule.

PV: le poids vide de la capsule.

### F. Dureté totale (Titre hydrotimétrique)

La dureté ou Titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium. (Rodier *et al.*; 1984).

#### \* Méthode de détermination

- En pratique la dureté totale est défini par :

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

- Méthode titrimétrie à l'EDTA

Les alcalinoterreux 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**).

- 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. Noter le volume versé  $V_{EDTA}$ .

#### **\*Expression des résultats**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante :

$$[TH] = V_{EDTA} \times 10$$

E = volume en ml de la prise d'essai.

#### **G. Titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC)**

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

**Titre alcalimétrique (TA) :** Permet de connaître la teneur en hydroxyde ( $OH^-$ ).

**Titre alcalimétrique complet (TAC) :** Permet de connaître la teneur totale en hydroxydes carbonate, hydrogénocarbonates alcalins et alcalins terreux.

#### **\*Méthode de détermination**

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

#### **TA :**

- 100 ml d'eau à analyser;
- 02 à 03 gouttes de phénolphthaléine;

- Si une coloration rose apparaît titre avec l'acide sulfurique n/50 jusqu'à la disparition de couleur ;
- Si la couleur n'apparaît pas TA = 0 (PH < 8,3 donc TA = 0).

**\*Expression des résultats**

$$\text{TA } ^\circ\text{F} = \text{V titre}$$

**TAC :**

- 100ml d'eau à analyser ;
- 02 à 03 gouttes de méthylorange à 0,5% ;
- Titrer par l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

**\* Expression des résultats**

$$\text{TAC } ^\circ\text{F} = \text{V titre} - 0,5$$

\* Le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur est **0,5**.

**H. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

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

**\*Méthode de détermination**

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC (F}^\circ) \times 12,2$$

**TAC:** Alcalinité totale 1 F° = 10 mg/l. (Rodier, 1996).

### 3.1.2.1.3. Méthode spectrophotométrie

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative est basée sur la propriété de la matière, et plus particulièrement de certaines molécules d'absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la loi de Beer-Lambert qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration (9). (Fig. 3.3)

Loi de Beer-Lambert :  $\text{Log}(I_0/I) = \epsilon * C * L$

L : épaisseur.

C : concentration du soluté

$\epsilon$  : Coefficient d'absorbance



**Figure 3.3:** Spectrophotomètre ODYSSEY.

#### A. Fer

La présence du fer dans l'eau est :

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

#### \*Mode opératoire

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

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml;
- Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine;
- Ajouter 2ml de tampon acétate;
- Ajouter 2ml de la solution 1.10 de phénantroline et conserver à l'obscurité pendant 15min;
- Enfin passer au spectrophotomètre au 510 nm.

#### \*Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

## B. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( $\text{pH}=1,9$ ) avec le sulfamide en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

### \*Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte;
- Attendre 10mn;
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ ;
- Effectuer la lecture à 543 nm.

### \*Expression des résultats

Le résultat est donné directement en **mg/l**.

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

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

- Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.
- Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

### \*Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser;
- 1 ml d'acide ascorbique;
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange et Attendre 10 mn;
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des  $\text{PO}_4^{3-}$ .

### \*Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en **mg/l**.

### D. Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$

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

#### \*Mode opératoire

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

#### \*Expression des résultats

$\text{mg/l SO}_4^{2-} = \text{La valeur lue sur le spectrophotomètre}$

### E. Nitrates $\text{NO}_3^-$

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### \*Mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir;
- Reprendre le résidu avec 2 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et laisser reposer 10 mn;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

#### \*Expression des résultats

Le résultat est donné directement en  $\text{mg/l}$  à une longueur d'onde de 415 nm.

### F. Ion d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium est très répandu sur la terre. Par ordre d'importance. L'ammonium peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux microorganismes réducteurs.

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium).

**\*Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml (réactif I). Puis ajouter 4 ml de la solution de réactif II, compléter la fiole jusqu'à la jauge;
- Attendre 1h30min;
- L'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium;
- Effectuer la lecture à 655 nm.

**\*Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en **mg/l**.

**3.1.2.2. Méthode d'analyse des paramètres microbiologiques**

Le deuxième volet du suivi de la qualité d'une eau destinée à la consommation humaine est la recherche de la charge bactérienne qui s'y est développée.

Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence dans les eaux potables de microbes pathogènes dangereux pour l'homme. Concernant notre étude, on s'est limité aux paramètres résumés dans le tableau suivant:

**Tableau 3.1:** Les paramètres Microbiologiques.

Bactéries recherchées	But de recherche	Méthode de recherche
Coliforme totaux	Indicateur de contamination fécale	NPP
Coliformes thermo tolérants		
Streptocoque fécaux		
Anaérobie sulfite réductrices		
Germes totaux à 22 °C et à 37 °C	Indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique	Par incorporation
Staphylocoques	Bactéries pathogènes	Ensemencement par des stries
Pseudomonas		
Salmonelle		
Levure	/	Par rotation

### 3.1.2.2.1. Recherche et dénombrement

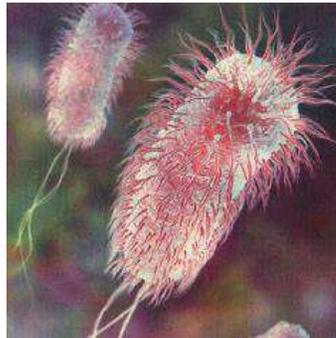
Dans notre travail, nous avons utilisé deux techniques de dénombrement:

Technique de dénombrement en milieu solide.

Technique de dénombrement en milieu liquide.

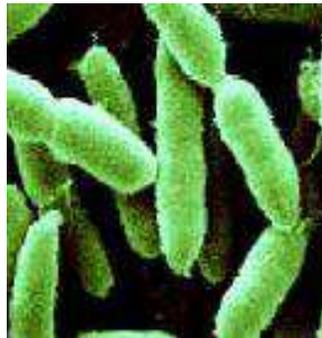
#### A. Recherche et dénombrement des coliformes et des streptocoques

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets (Fig.3.4), non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, aéro-anaérobies facultative, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde, à des températures de 35 à 37 °C (Rodier *et al.*; 1984).



**Figure 3.4:** Les coliformes Fécaux.

Les streptocoques fécaux sont des bactéries de la famille des Streptococaceae, Coques ovales (Fig. 3.5) à Gram positive, en diplocoques ou courtes chaînettes, fermentatif du glucose.



**Figure 3.5:** Les entérocoques (Streptocoques Fécaux).

### **\*Méthode de détermination**

La recherche et le dénombrement des coliformes et des Streptocoques dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques et des coliformes.
- Le test de confirmation: réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe «D» et des coliformes fécaux.

### **Test de présomption**

Dans le test de présomption on va réaliser la méthode NPP (le nombre le plus probable)

La méthode NPP (Tab.3.2 annexe) consiste à ensemercer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et / ou de dilutions celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide. **(Rodier *et al.*; 1984).**

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu D/C.
- 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu S/C.
- 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu S/C.

### **Les milieux utilisés sont :**

- Pour les coliformes totaux : le milieu BCPL.
- Pour les streptocoques fécaux : le milieu Rothe

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

### **\*Lecture et interprétation des résultats**

Pour les streptocoques seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien et pour les coliformes les tubes qui présentent une fermentation de lactose (couleur jaune) avec une production du gaz. Dénombrer dans chaque série le nombre de tubes positifs et On détermine le nombre des Streptocoques et des coliformes à partir de tables de NPP.

## **B. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

Les anaérobies sulfito-réducteurs ce sont des formes résistantes d'organismes anaérobies à Gram positive, Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination fécale ancienne. Se développant en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). **(Rejsek, 2002).**

### **\*Méthode de détermination**

À partir de l'eau à analyser :

- Prendre environ 20 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet;
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube ;
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 44°C, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène ;
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

### **\*Lecture et interprétation des résultats**

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par 20 ml d'eau à analyser. **(Rejsek, 2002).**

## **C. Recherche et dénombrement des germes totaux à 22°C ET 37°C**

Les bactéries revivifiables sont des bactéries aérobies, La recherche et le dénombrement de ces germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit 37°C. **(Rejsek, 2002).**

### \*Méthode de détermination

L'eau est inoculée par incorporation dans un milieu non sélectif (TGEA), La lecture est faite après 24 heures d'incubation à 37 °C et après 72 heures à 22°C.

### \*Lecture et interprétation des résultats

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boites contenant moins de 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies.

Calculer ensuite la valeur du nombre  $\underline{N}$ , de microorganismes revivifiables à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  à part et celle du nombre  $\underline{N}$  de microorganismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, en tant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

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

où :

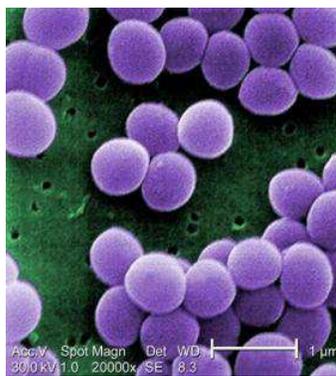
$\Sigma c$  : est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues.

$d$  : est le taux de dilution correspondant à la première dilution. (Rodier, 2005).

## D. Recherche des bactéries pathogènes

### D.1. Recherche des staphylocoques

Les staphylocoques sont des bactéries se forme Cocci à Gram (+) groupés en amas (Fig.3.6), Diamètre = 1µm, aérobies-anaérobies facultatif. Elles trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs. (CEAEQ, 2000).



**Figure 3.6:** Staphylocoques.

### \*Méthode de détermination

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à une forte teneur en NaCl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Marchal, 1982).

-Ensemencer une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37° C pendant 24 h.

### D.2. Recherche des Pseudomonas

Le genre *Pseudomonas* de la famille des Pseudomonaceae comprend une soixantaine d'espèces pouvant répondre à la définition suivante : bacilles à Gram négative, aérobies stricts, capable de se multiplier sur milieu usuels, incapable de fermenter le glucose.

### \*Méthode de détermination

*Pseudomonas* bactéries se développant sur des milieux sélectifs contenant du Cétrimide et produisant de la pyocyanine, oxydase positive donnant lieu à fluorescence sous rayonnement ultraviolet (360 ± 20 nm) (CWEA, 2012).

-Ensemencer une boîte de milieu Cétrimide. Incuber à 37° C pendant 24 h.

### D.3. Recherche des Salmonella

Le genre *Salmonella*, qui appartient à la famille des Enterobacteriaceae, Ce genre est caractérisé par des bacilles (Fig. 3.7) à Gram négatif, non sporulant, Ils sont aéro-anaérobies, fermentent le glucose et produisant du gaz.

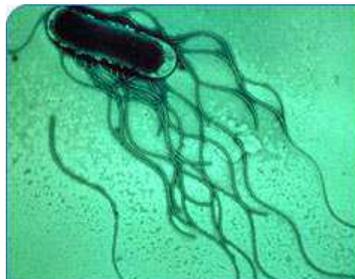


Figure 3.7: *Salmonella*.

### \*Méthode de détermination

Le milieu utilisé est le bouillon au sélénite et Incuber a 37° C pendant 24h, puis Ensemencer une boîte de milieu Héктоen. Incuber a 37° C pendant 24 h.

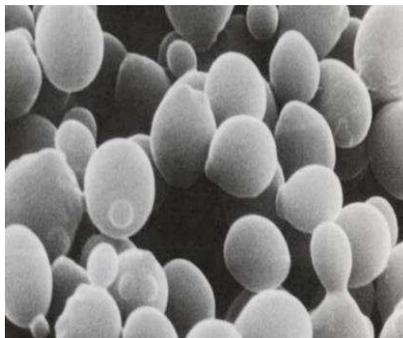
Généralement l'aspect des colonies du Salmonella dans milieux Hektoen est bleu ou vertes à centre noir. (Rodier, 2009).

### \* Lecture et interprétation des résultats der bactérie pathogène

Considérés comme résultats positive, si la bactérie posse dans le milieu. Lorsque les réactions biochimique positives, conclure à la « présence » des bactéries pathogène dans l'échantillon analysé.

### E. Recherche et dénombrement des levures.

Les levures sont des champignons unicellulaires (Fig.3.8) capables de se multiplier par multiplication végétative (bourgeonnement) ou par reproduction sexuée, et leurs classification est très complexe et basée sur des caractères morphologiques (forme Sphérique, ovoïde cylindrique, triangulaire,...)



**Figure 3.8:** Les levures.

### \*Méthode de détermination

Ensemencer par rotation une boîte de milieu Sabouraud. Incuber à 25° C pendant 3 à 5 jours.

#### 3.1.2.2.2. Teste de confirmation

##### A. Confirmation des coliformes fécaux

Milieu de confirmation (Eau peptonée exempte d'indole)

- Repiquer à l'aide d'une pipette pasteur 0,1ml (milieu BCBL) sur le milieu de confirmation (d'eau peptonée exempte d'indole).

- Après incubation à 44°C pendant 24 heures, les tubes considérés comme positifs présentent une pousse bactérienne avec l'apparition d'un anneau rouge en surface après l'addition de quelques gouttes de réactif Kovacs.

### B. Confirmation des streptocoques de groupe «D»

Le milieu de confirmation : EVA Litsky.

- Repiquer à l'aide d'une pipette pasteur 0,1ml (milieu Roth) sur le milieu de confirmation et incuber à 37°C pendant 24 heures.

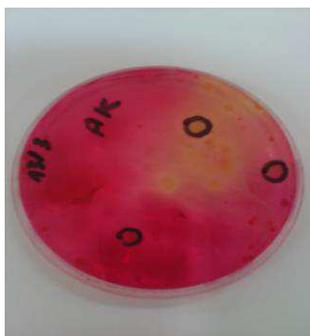
- Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux.

### C. Confirmation des staphylocoques

La confirmation s'effectuer par les tests suivants :

#### C.1. Dégradation du mannitol

Après 24 heures d'incubation, la dégradation du mannitol se traduit par virage au jaune du milieu de Chapman. (Fig. 3.9)



**Figure 3.9:** mannitol positif

#### C. 2. Test catalase

Une goutte d'eau oxygéné plus une colonie prélevée du milieu Chapman déposer sur une lame et le dégagement immédiat de bulles gazeuses ce traduit par la présence d'une catalase (Marchal ,1982).



## D. Confirmation des *Pseudomonas*

La confirmation des *Pseudomonas* s'effectue par les tests suivants : **King A et King B**  
Recherche de la pyocyanine: pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.

Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent (*P. fluorescence*) est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B. (**Pilet et al., 1987**).

### 3.1.2.2.3. Isolement des souches

Sur les géloses Mac Conkey, Hektoen, Chapman, gélose Nutritive, qui sont mises en culture, nous avons choisi les colonies suspects ou désirées et les repiqués dans des nouvelles boîtes afin de vérifier la pureté des souches. Ces milieux gélosés sont ensemencés par stries et incubés à 37°C pendant 24 heures.

### 3.1.2.2.4. Identification

#### A. Aspect morphologique

Dans les conditions données, chaque espèce bactérienne développe une colonie de taille, de forme, de couleur et de consistance caractéristiques (**Singleton, 1999**).

Nous avons noté pour chaque type des colonies distinctes les caractéristiques suivantes: (diamètre, contour, élévation, couleur, surface).

#### B. Aspect microscopique

Cet examen est utile pour préciser la nature des anomalies macroscopiques observées et permet de distinguer différents types morphologiques des bactéries. Cet Examen s'effectue à l'aide d'un microscope (Fig. 3.10).



**Figure 3.10:** Microscope optique.

### **B.1. Examen microscopique à l'état frais**

L'état frais permet d'observer des bactéries vivantes et apporte des renseignements sur la morphologie, le mode de groupement, la mobilité et la quantité approximative de bactéries. (Delarras *et al.*; 2003).

#### **Technique**

- A partir d'une culture en milieu liquide, déposer sur une lame propre bien dégraissée une goutte de la culture à étudier à l'aide d'une anse de platine préalablement stérilisée.
- A partir d'une culture sur milieu solide, déposer tout d'abord sur une lame une goutte d'eau distillée stérile, puis apporter et dissocier dans l'eau un inoculum bactérien.
- Recouvrir d'une lamelle, puis luter la préparation avec de la paraffine ou de la vaseline.
- Observer au microscope à l'objectif moyen  $\times 40$ . Pour mettre en évidence certains détails de structure (Delarras *et al.*; 2003).

### **B.2. Examen microscopique après coloration**

#### **B.2.1. Coloration simple**

Le frottis fin est traité par un seul colorant basique (bleu de méthylène). Cette technique est simple et rapide.

- A partir d'une culture sur milieu solide, déposer tout d'abord sur une lame une goutte d'eau distillée stérile. Puis apporter et dissocier dans l'eau un inoculum bactérien.
- Coloration par le bleu de méthylène : laisser agir la solution pendant 1mn et laver à l'eau.
- Mettre une goutte d'huile de vaseline.
- Observer au microscope à l'objectif moyen  $\times 40$ .

#### **B.2.2. Coloration de Gram**

A partir des colonies suspectes isolées sur les milieux de cultures précédents, nous avons réalisé une coloration de Gram.

#### **Principe**

La coloration de Gram ou coloration différentielle s'effectue selon la manière suivante:

- Préparation d'un frottis bactérien.
- Coloration par le violet : laisser agir la solution de violet de gentiane pendant 1mn et laver à l'eau.

- Mordantage : laisser agir le Lugol pendant 1mn et laver à l'eau.
- Décoloration : laisser agir l'alcool pendant 30 secondes et laver à l'eau.
- Recoloration : laisser agir la solution de Fuschine pendant 30 à 40 secondes, laver à l'eau et sécher. **(Bourdon et Marchal; 1973 Delarras *et al.*; 2003).**

Lutter la préparation avec de la paraffine ou de vaseline.

### C. Identification biochimique

Une galerie API est un ensemble de petits tubes prêts à l'emploi permettant l'identification des micro-organismes par la réalisation rapide et facile de tests biochimiques miniaturisés.

Les galeries Api utilisent plusieurs types de tests : étude de la fermentation de divers glucides, recherche directe d'une enzyme. Chaque tubule contient un substrat différent sur lequel le micro-organisme considéré va réagir. Ils sont remplis d'une suspension bactérienne calibrée (de densité différente selon la galerie). Pour les substrats dont le sigle est encadré, la cupule doit aussi être remplie. Pour les substrats dont le sigle est souligné, la cupule doit être remplie d'huile de paraffine soit pour créer l'anaérobiose (absence d'oxygène), soit pour maintenir en solution les ions volatils produits par la réaction et ainsi assurer le virage de l'indicateur coloré de pH.

Ce tableau représente les différents types des Api utilisé pour chaque paramètre microbiologique :

**Tableau 3.3:** Les différents types des Api.

Bactérie	Type api
<b>Coliforme fécaux</b>	Api 20 E
<b>Streptocoque fécaux</b>	Api Strep
<b>Staphylocoque</b>	Api Staph
<b>Non entérobactéries</b>	Api NE
<b>Levues</b>	Api C aux

#### C.1. API 20 E

La galerie API 20 E est un système pour l'identification des Enterobacteriaceae et autre bacilles Gram (-), utilisant 20 tests biochimiques standardisés et miniaturisés, ainsi qu'une base de données.

La galerie API 20E comporte 20 microtubes contenant des substrats sous forme déshydratée (Fig.3.11). Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du tableau d'identification (Tab.3.4 annexe).



**Figure. 3.11:** Api 20E.

### C.2. API Strep.

La galerie API Strep comporte 20 microtubes contenant les substrats déshydratés pour la mise en évidence d'activités enzymatiques ou de fermentation de sucres.

Les tests enzymatiques sont inoculés avec une suspension dense, réalisée à partir d'une culture pure, qui reconstitue les milieux. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs.

Les tests de fermentation sont inoculés avec un milieu enrichi (contenant un indicateur de pH) qui réhydrate les sucres. La fermentation des carbohydrates entraîne une acidification se traduisant par un virage spontané de l'indicateur coloré.

La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification.

### C.3 API Staph

La galerie API Staph comporte 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne réalisée en API Staph Medium qui reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du tableau d'identification (Tab.3.5 annexe).

#### C.4. API 20 NE

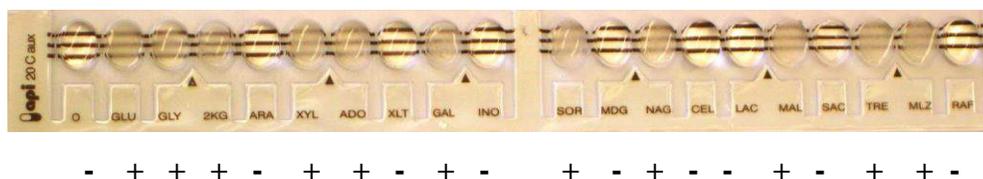
API 20 NE est un système standardisé pour l'identification des bacilles à gram négatif non entérobactéries et non fastidieux (ex. Pseudomonas, Acinetobacter, Flavobacterium, Moraxella, Vibrio, Aeromonas, etc.), combinant 8 tests conventionnels, 12 tests d'assimilation. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par additions de réactifs.

Identification de la souche se fait à l'aide du tableau de lecture d'identification qui est obtenu avec le catalogue analytique ou d'un logiciel d'identification.

#### C.5. Api 20C aux

API 20 C AUX est un système d'identification précise des levures les plus couramment rencontrées. La liste complète des espèces qu'il est possible d'identifier avec ce système est présente dans le Tableau d'Identification en fin de notice.

La galerie API 20 C AUX est constituée de 20 cupules contenant des substrats déshydratés qui permettent d'effectuer 19 tests d'assimilation (Fig.3.12). Les cupules sont inoculées avec un milieu minimum semi-gélosé et les levures poussent seulement si elles sont capables d'utiliser le substrat correspondant. La lecture de ces réactions se fait par comparaison aux témoins de croissance et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification.



**Figure 3.12:** Présentation de lecture de l'API 20 C aux.



## ***CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION***

Le milieu aquatique d'eau douce est soumis à une série de paramètres dont les plus importants sont sa composition chimique, son contenu biologique, sa température et la périodicité de son éclairage. A ces paramètres, s'a joute le climat, la nature géologique du terrain, et les activités anthropiques (utilisation de l'eau et de sol, apports des composés chimiques par des sources ponctuelles et/ou diffuses), facteurs dont l'influence sur les caractéristiques du milieu aquatique est loin d'être négligeable.

#### 4.1. Qualité physico-chimique de l'eau

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut s'effectuer pas la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverses (10).

Des résultats anormaux dans le contrôle de paramètres permettent de déceler et d'évaluer les niveaux de pollutions (10).

Une analyse physico chimique de l'eau de consommation se prépare donc avec la même rigueur dès la définition des objectifs de l'étude et se poursuit jusqu'à l'analyse des résultats selon différentes étapes (10).

##### 4.1.1. Les paramètres physiques

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter les valeurs suivantes (Tab. 4.1).

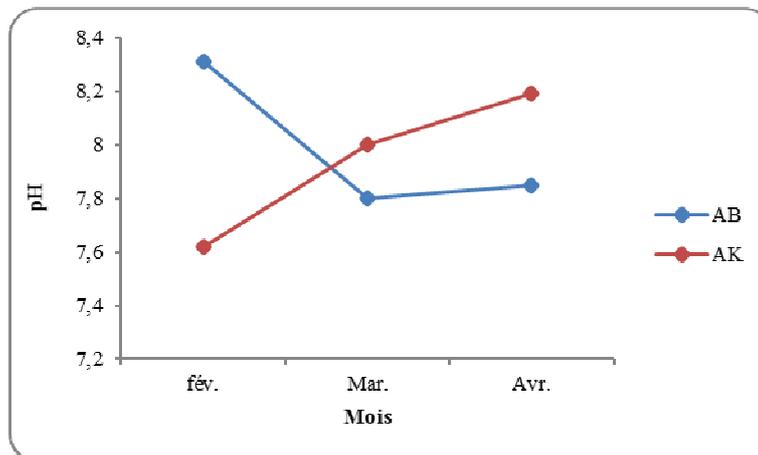
**Tableau 4.1:** Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		AB	AK	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)
pH	/	7,98	7,93	6,5-9	6,5-9	6,5-8,5
T°C	°C	17,76	12,56	25	25	/
CE	µs/cm	713,66	657	/	180-1000	400
O2	mg/l	0,31	1,16	/	/	/
Salinité	%	0,26	0,23	/	/	/
TDS	mg/l	721,66	645,66	/	/	<600
Eh	mV	-33,46	-58,65	/	/	/
RS	mg/l	481,16	345,83	1500	1500	/

##### 4.1.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (13), il donne aussi le degré d'acidité ou d'alcalinité (12). Un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le gout de l'eau (Aouissi, 2009).

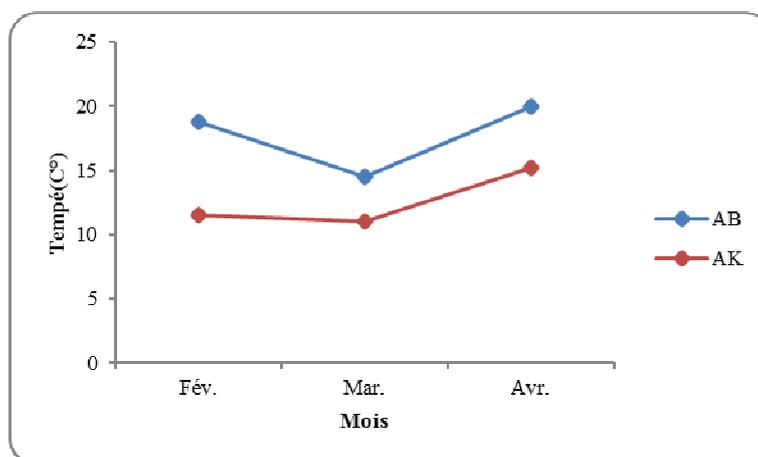
Dans les sites d'études, les valeurs de ce potentiel hydrogène est variées entre 7,62 et 8,31. De ce fait, le pH est légèrement neutre à alcalin au niveau d'Ain Brinis et Ain Kerma (Fig. 4.1). Les valeurs maximales admissibles du pH est entre 6,5 et 9 selon les normes algériennes donc elle n'a pas été dépassée dans notre échantillon.



**Figure 4.1:** Variations mensuelles du pH au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.1.2. Température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique, Plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue (11). L'évolution mensuelle de la température de l'eau au niveau du site (AB) est caractérisée par des valeurs peu élevées en mois d'avril et qui atteignent souvent 20°C. La température la plus faible a été mesurée au mois de mars avec 11°C au niveau de site (AK) (Fig. 4.2). La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air) et selon les normes Algérienne la température de l'eau des sites d'étude est respectée (25°C).



**Figure 4.2:** Variations mensuelles de la température au niveau d'AB et AK.

### 4.1.1.3. Conductivité électrique

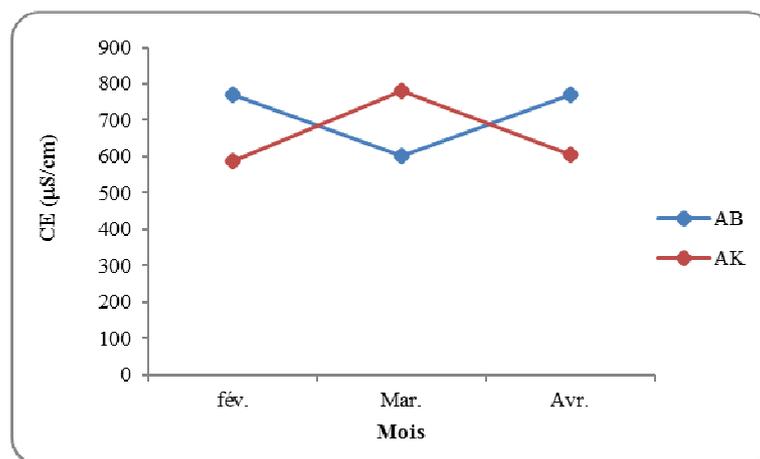
Comme la température, des contrastes de conductivité permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou d'infiltration... La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau (11). La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (11).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau elle est plus importante lorsque la température augmente (11).

D'après la figure 4.3, on remarque dans le site (AB) la conductivité électrique été 771( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) au mois de février, puis elle a subi une diminution au mois de mars 600 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), en fin au mois d'avril elle revient presque similaire de celle du début 770 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), on note une augmentation de la CE en mois sèche une baisse des teneurs en mois des pluies.

À la revanche dans le site (AK) la conductivité électrique a subi une augmentation, est observée pour les échantillons du mois de mars 780( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sachant qu'elle a été 586 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) au mois de février. En fin estimant 607( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) au mois d'Avril.

Les normes françaises indique une conductivité électrique d'une valeur maximale admissible entre 180-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20<sup>0</sup>C et selon la figure ci-dessous notre eau est dans les normes.



**Figure 4.3:** Variations mensuelles de la conductivité électrique au niveau d'AB et AK

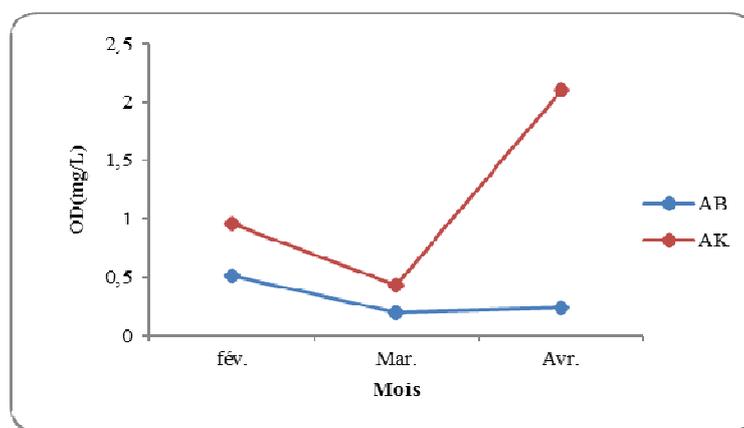
### 4.1.1.4. Oxygène dissous

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de

la minéralisation de l'eau : la saturation en  $O_2$  diminue lorsque la température et l'altitude augmentent (11). L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau (11).

D'après la figure 4.4, la plus forte teneur en oxygène contenant au niveau de site (AB) est enregistrée au mois de février atteignant 0,51mg/L, ainsi qu'au niveau de site (AK) il a eu une augmentation de mois de février vers le mois d'avril et passe de 0,96 mg/l à 2,1 mg/l.

7,5 mg/l est le CMA indiquée par le décret n°89-3 et selon la figure 4.4 notre eau ne dépasse pas cette norme.

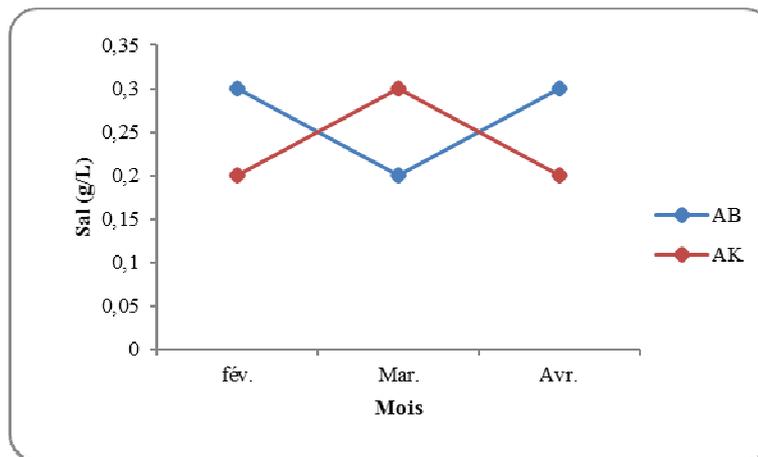


**Figure 4.4:** Variations mensuelles de l'oxygène dissous au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.1.5. Salinité

Un paramètre très important correspond à la quantité de sels dissous dans l'eau (12). La salinité est proportionnelle à la conductivité, sa variation suit la même allure.

On constate d'après la figure 4.5, que la salinité n'a pas dépassé la norme française fixé à 1,5 %, au début le pourcentage de la salinité observé au site (AB) été 0,3% au mois de février puis on révèle une diminution de la salinité 0,2 % durant le mois de mars, en fin au mois d'avril elle revient au premier pourcentage avec 0,3%. Concernant le site (AK) la salinité au mois de février été plus minime que celle de mois de mars (0,2 % puis 0,3%) respectivement, revenant au mois d'avril au son premier pourcentage avec 0,2%.

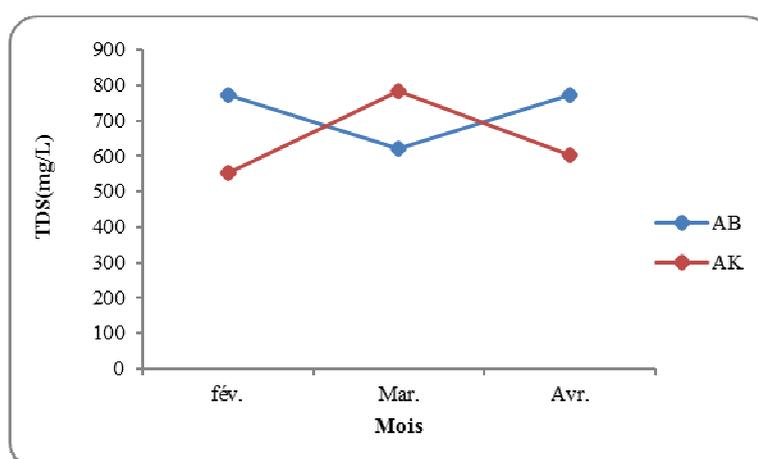


**Figure 4.5:** Variations mensuelles de la salinité au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.1.6. Taux des sels dissous (TDS)

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau (A.B.H, 2005). La figure ci-dessous montre que la concentration en sels dissous est nettement élevée en mois de mars pour le site (AK) est 782 mg/l, puis elle va être chuté durant le mois d'avril atteignant 602mg /l, sachant que sa première valeur été 553mg/l au mois de février. Par contre le site (AB) au mois de février été 771mg/l, puis elle va être chuté durant le mois de mars atteignant 622mg/l, en fin au mois d'avril la concentration en sels dissous est quasiment pareil à celle du premier mois estiment 772mg/l.

Selon les lignes directrices de l'OMS (2011) (Tab. 4.1) en ce qui concerne la qualité de l'eau, la valeur maximale admissible est au-dessous de 600 mg/l, et notre échantillon ne respecte pas cette valeur déterminée.

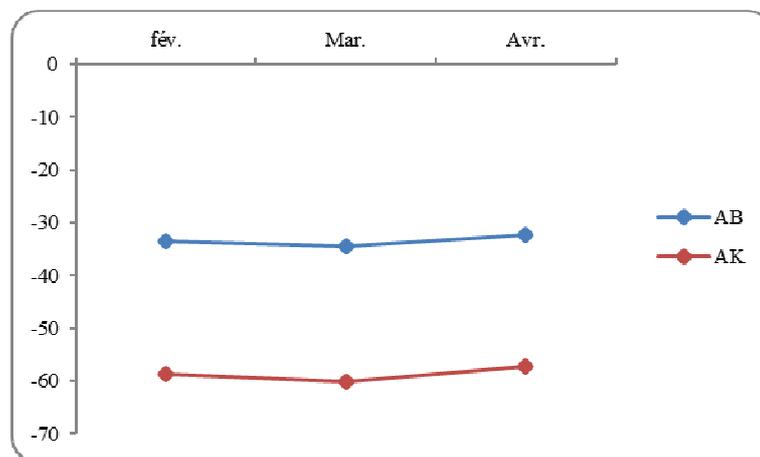


**Figure 4.6:** Variations mensuelles des TDS au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.1.7. Potentiel redox

Le paramètre potentiel d'oxydoréduction ou redox permet de qualifier une solution aqueuse et de la classer en solution plutôt oxydante (présence d'oxygène) ou plutôt réductrice (manque d'oxygène). Une oxydation signifie qu'un ion ou une molécule perd des électrons. Une oxydation s'accompagne automatiquement d'une réduction ou gain d'électrons, si bien qu'on parle de réaction d'oxydoréduction réversible. Un potentiel entre  $-50$  et  $-200$  mv serait l'idéal (12).

L'évolution mensuelle de potentiel redox des eaux aux sites AB et AK a montré que la teneur la plus élevée de site AB est enregistrée au mois d'avril ( $-32,3\text{mV}$ ) et la teneur la plus élevée de site AK est enregistrée aussi durant le mois d'avril ( $-57,1\text{mV}$ ). (Fig. 4.7).



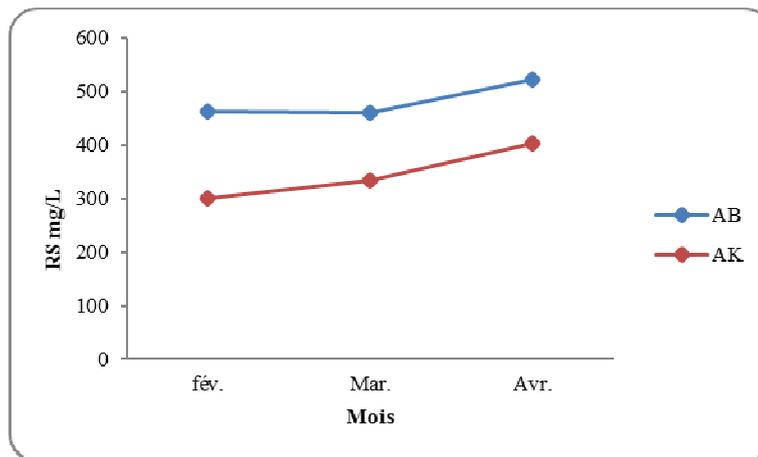
**Figure 4.7:** Variations mensuelles de Potentiel redox au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.1.8. Résidu sec

C'est un paramètre qui présente toute les résidus solides qui reste lorsque toute l'eau a été évaporée. Plus l'eau est minérale, plus sont résidu sec est élevé (13).

D'après la figure 4.8, pour le site AB,  $525,5$  mg/l est une valeur considérée comme maximale enregistrée au mois d'avril et  $460,5$  mg/l considérée comme valeur minimale enregistrée au mois de mars. Pour le site AK les teneurs sont oscillent entre  $403$  mg/L (valeur maximale) au mois d'avril et  $301$  mg/l (valeur minimale) au mois de février.

La valeur maximale admissible du résidu sec à  $105^{\circ}\text{C}$  est  $1500$  mg/l selon les normes Algérienne et françaises, donc les valeurs de notre eau n'ont pas été dépassées.



**Figure 4.8:** Variations mensuelles de Résidu sec au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.2. Paramètres de pollution

Les résultats des analyses des paramètres concernant des substances indésirables (paramètres de pollutions) des eaux de sources (AK) et des eaux de forages (AB) sont comparés aux normes de qualité des eaux (Tab. 4.2).

**Tableau 4.2 :** Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		AB	AK	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1,73	1,203	50	50	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,006	0	0,2	0,1	0,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0	0	0,5	0,1	0,5
Fe <sup>+</sup>	mg/l	0,096	0,016	0,3	/	/
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0,214	0,154	5	/	5
MO	mgO <sub>2</sub> /l	0,566	2	/	/	/

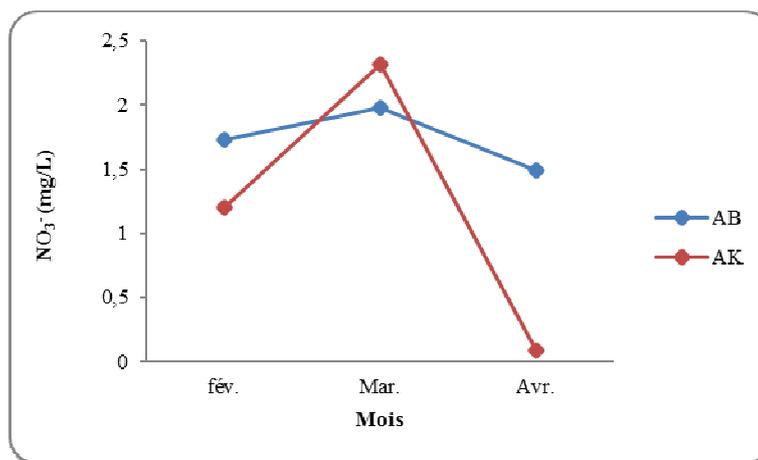
##### 4.1.2.1. Nitrates

Le paramètre de nitrate est le premier polluant d'origine agricole. Pour ce qui est des eaux souterraines, deux sources sont à distinguer :

1. Les ressources naturelles dues à la fixation du N<sub>2</sub> atmosphérique par les légumineuses, décomposées ensuite par les bactéries nitrifiantes du sol. Seule une fraction de cet azote est transformée en nitrates chaque année.
2. Les apports anthropiques dus aux apports d'engrais azotés. Ces engrais existent sous deux formes : une forme directement assimilable (nitrates) qui est emportée s'il pleut juste après l'épandage ; et une forme moins directement assimilable (ammoniac, urée) mais plus hasardeuse donc généralement épandue en plus grande quantité et donc tout aussi polluante (14).

Les teneurs mensuelles en nitrates mesurées varient entre 1,48 mg/l (valeur minimale est observée au mois d'avril au niveau le site (AB) et 1,98 mg/l (valeur maximale observée en mois de mars au niveau du même site). La concentration de cet élément dans le site AK varie entre 0,089 mg/l (valeur minimale est enregistrée au mois d'avril) et 2,32 mg/l (valeur maximale enregistrée au mois de mars) (Fig. 4.9).

Selon les normes Algériennes, françaises et OMS (Tab 4.2) les teneurs en nitrates de l'eau des sites d'étude sont respectés.



**Figure 4.9:** Variations mensuelles de Nitrates au niveau d'AB et AK.

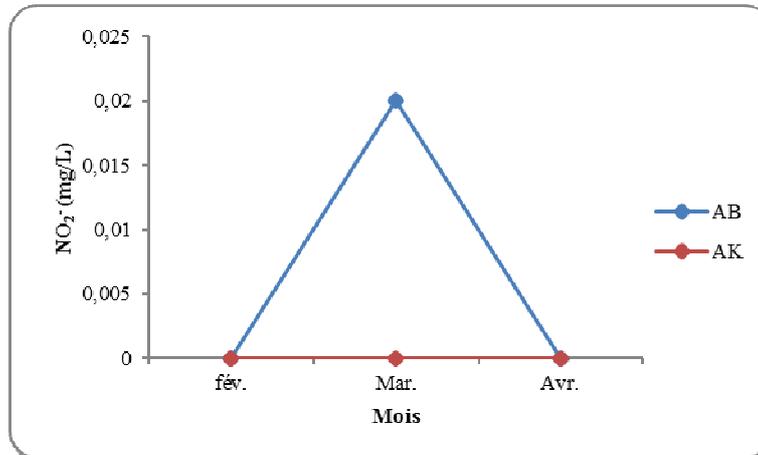
#### 4.1.2.2. Nitrites

Le paramètre de nitrite est considéré comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de  $\text{NO}_2^-$  devient nocif quand il dépasse 0,5 mg/l (OMS, 2011). Le taux doit être contrôlé régulièrement, un taux important survient en générale lorsque l'eau est sur chargée en matières organique, et que les bactéries ne sont pas suffisantes pour les transformer en nitrates (15).

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux).

L'analyse du profil de nitrites (Fig. 4.10) montre que les teneurs en ( $\text{NO}_2^-$ ) dans le site (AB) au mois de février et mois d'avril est nulle, Par contre en mois de mars on observe une augmentation de  $\text{NO}_2^-$  (0,02mg/l), ces résultat peuvent expliquée par les effets de la précipitation (lessivage du sol). Dans le site (AK) les teneurs en nitrite durant les trois mois d'analyse sont nulles. Les résultats des analyses de laboratoire en ce qui concerne les nitrites ont montrées que l'eau de forage (AB) et l'eau de source (AK)

présentent des taux de nitrites relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes, Françaises et l’OMS (Tab. 4.2)

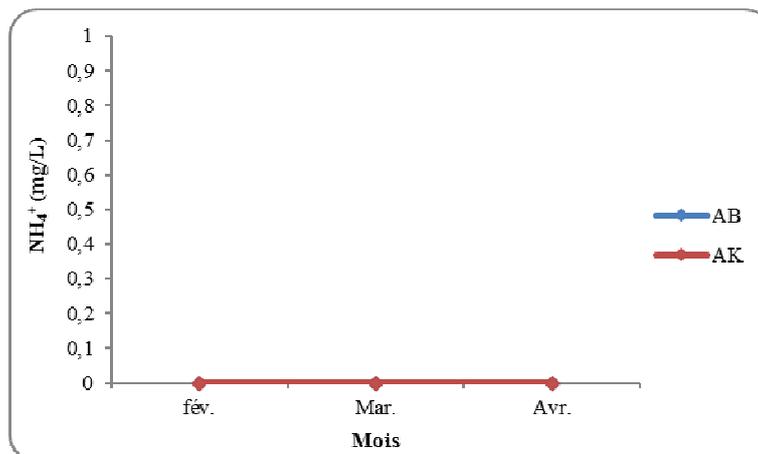


**Figure 4.10:** Variations mensuelles de Nitrites au niveau d’AB et AK.

#### 4.1.2.3. Ions d’ammonium

L’ammonium dans l’eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L’ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C’est donc un excellent indicateur de la pollution de l’eau par des rejets organiques d’origine agricole, domestique ou industriel (16).

Au site AB et AK, les teneurs en ammonium enregistrées sont nulles durant les trois mois d’analyse (Fig. 4.11). Ne dépasse pas la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes, Françaises et l’OMS (Tab. 4.2).



**Figure 4.11:** Variations mensuelles d’Ammoniums au niveau d’AB et AK.

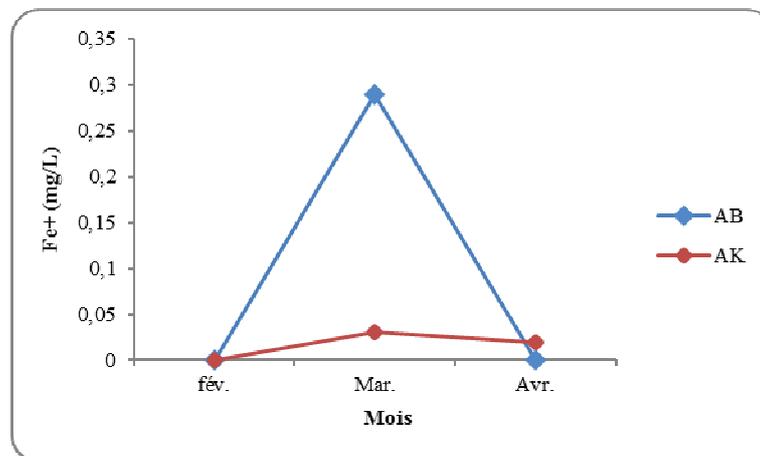
#### 4.1.2.4. Fer

Le fer se trouve naturellement dans la couche aquifère mais les concentrations, dans les eaux souterraines, peuvent augmenter du fait de l'activité des hommes. La présence dans l'eau au-delà de 0,1 mg/l dans les eaux souterraines est gênante ont souvent une coloration orange provoquer des dépôts d'hydroxyde ferrique. Ces eaux entraînent des problèmes de décolorations et ont un goût métallique désagréable qui se ressent dans l'eau du robinet ou dans la préparation de nourriture (16).

La figure 4.12, illustre bien leur variation mensuelle, au mois de février le fer est nul au niveau de deux sites (AB, AK) puis il y a eu une augmentation observable à Ain Brinis au mois de mars d'une valeur de 0,29mg/l, la même chose pour (AK) il y a eu une augmentation mais plus petite que celle d'(AB) 0,03mg/l. Les valeurs vont être rechetée (0mg/l) au mois d'avril au niveau de deux sites (AB, AK).

En mois de mars au site AB il y a eu un dépassement de la norme européenne qui indique la valeur du fer dans l'eau estimée 0,2 mg/l (**Décret n°89-3**).

Le fer se trouve naturellement dans la couche aquifère mais les concentrations, dans les eaux souterraines, peuvent augmenter du fait de l'activité des hommes (forage, ...). Les eaux souterraines infestées de fer ont souvent une coloration orange.



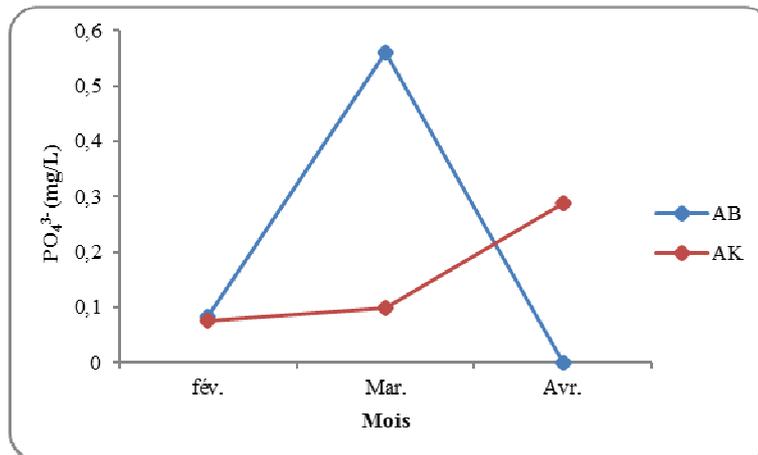
**Figure 4.12:** Variations mensuelles de Fer au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.2.5. Ortho phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sont des composants naturels des organismes vivants, ils se composent de phosphore (P) et d'oxygène (O). Ils sont présents dans les engrais utilisés pour les jardins et finissent par aboutir dans les eaux souterraines par lessivage et infiltration. Sa présence dans l'eau à des conséquences néfastes elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière phénomène d'eutrophisation (17).

Les concentrations en ortho-phosphates dans le site (AB) exhibent des taux de 0,083 mg/l, 0,56 mg/l et 0 mg/l respectivement durant les trois mois d'analyse. La teneur en ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans le site (AK) au mois de février est 0,076 mg/L, puis on observe une augmentions légère en mois de mars (0,1mg/l) et en mois d'avril (0,287mg/l) (Fig. 4.13).

Les teneurs en phosphate ne dépassent pas la norme Algérienne et la norme de l'OMS qui indiquent une valeur maximale admissible (5 mg/l) (Tab. 4.2).

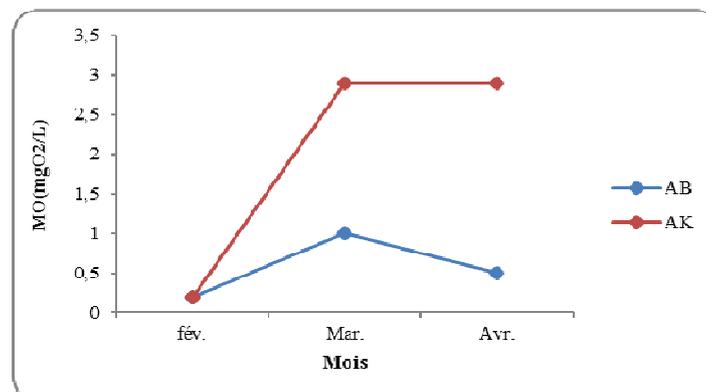


**Figure 4.13:**Variations mensuelles de L'ortho phosphate au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.2.6. Matière organique (MO)

Ce paramètre influence directement les propriétés organoleptiques de l'eau (odeur et goût); elle peut être la cause d'une certaine toxicité acquise au cours du traitement, elle influence directement la stabilité biologique de l'eau (18).

D'après la figure 4.14, dans le site AB et AK on voit des concentrations faibles et inférieures partout à la concentration maximale admissible retenue par le Décret n°89-3 (5mgO<sub>2</sub>/l). La valeur maximale est enregistrée en mois d'avril (3 mgO<sub>2</sub>/l au niveau du site (AK) et valeur minimale est enregistrée en mois de février (0,2mg O<sub>2</sub>/l au niveau du site (AB) et (AK)).



**Figure 4.14:**Variations mensuelles de matière organique au niveau d'AB et AK.

### 4.1.3. Paramètres de minéralisation globale

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie (Tab. 4.3).

**Tableau 4.3:** Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		AB	AK	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)
TH	F°	30,73	23,94	200 (mg/l en CaCO <sub>3</sub> )	15	10
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	33,98	15,56	200	100	/
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	20,09	19,11	/	50	/
Cl <sup>-</sup>	mg/l	42,6	52,06	500	250	250
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	12,3	14,1	400	250	250
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	303,37	141,90	500	/	/
TA	F°	0	0	/	/	/
TAC	F°	3,94	9,45	/	/	/

#### 4.1.3.1. Titre hydrotimétrique (TH)

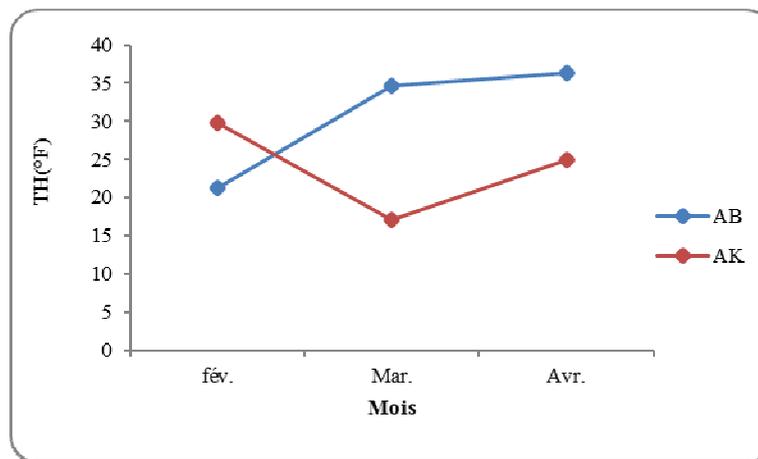
Le TH est un paramètre dont les principaux ions responsables sont les ions calcium et magnésium les ions strontium, fer, baryum et manganèse.

L'eau souterraine est généralement plus dure que l'eau de surface. L'eau souterraine riche en acide carbonique et en oxygène dissous a ordinairement un grand pouvoir dissolvant (19).

Les eaux du site AB sont caractérisées par une dureté totale élevée au mois d'avril d'une valeur de 36,4 F° et au mois de mars d'une valeur de 34,6 F° par contre la valeur de mois de février est la plus minime que celle de deux derniers mois 21,2 F°.

Au niveau de site AK la dureté totale enregistrée au mois de février est 29,8 F° sachant que c'est la valeur la plus élevée durant l'analyse, puis cette dernière va être démunie au mois de mars d'une valeur de 17,02 F° en fin le TH de mois d'avril augmente d'une valeur de 25F° (Fig. 4.15).

Les résultats des analyses de laboratoire en ce qui concerne le TH ont montré que l'eau de forage (AB) et l'eau de source (AK) présentent des taux de TH relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes et elle présentent des teneurs supérieures partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Françaises et l'OMS (Tab. 4.2).



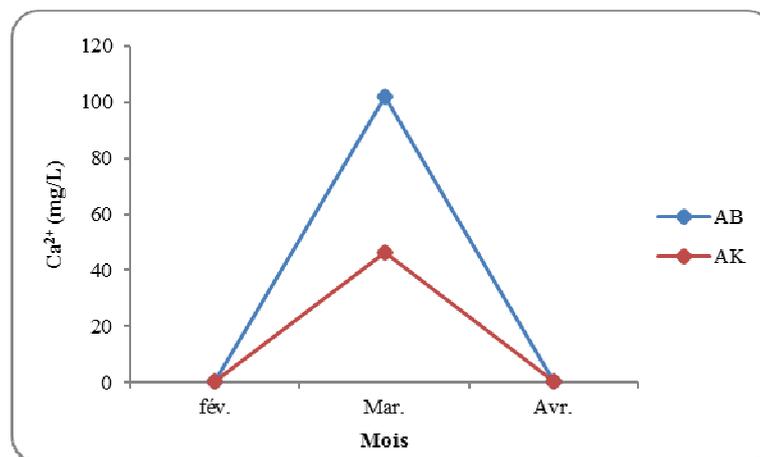
**Figure 4.15:** Variations mensuelles de TH au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.3.2. Calcium

C'est un paramètre leur concentration dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium (19).

Durant la période d'étude, les concentrations enregistrées en calcium ne présentent pas généralement de variation notable entre les sites (Fig. 4.16), sauf au cours de mois de mars la teneur dans AB est augmentée de plus (101,72mg/l) que celui de site AK (46,45mg/l).

La concentration maximale admissible de calcium est 200 mg/l selon la norme algérienne et l'eau analysée est en-dessous les normes que ce soit du site AB ou AK.



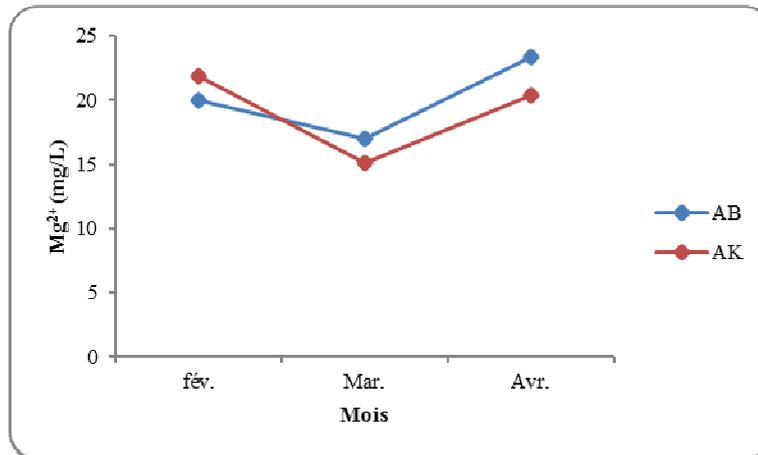
**Figure 4.16:** Variations mensuelles du taux de  $Ca^{2+}$  au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.3.3. Magnésium

A partir de la figure 4.17, au mois de février les teneurs en magnésium dans le site AB et AK sont presque similaire (19,93 mg/l) (21,87 mg/l) respectivement. Puis une diminution s'est produite au mois de mars au niveau de deux sites AB (17,01mg/l) et AK

(15,06mg/l). En fin au mois d'avril les valeurs s'augmentent encore et estimée de 23,33 mg/l dans le site AB et 20,41 mg/l au niveau de site AK.

Les résultats obtenues en ce qui concerne le  $Mg^{2+}$  ont montré que l'eau de forage (AB) et l'eau de source (AK) présentent des taux relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes françaises (Tab. 4.2).



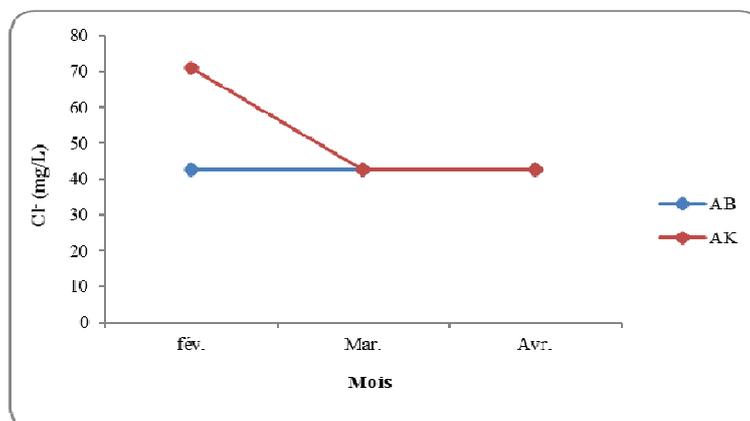
**Figure 4.17:** Variations mensuelles du taux de  $Mg^{2+}$  au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.3.4. Chlorure

C'est un paramètre leur teneur dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductivité électrique des d'eau.

Certaines eaux souterraines sont très saumâtres leur teneur élevée en chlorures rend l'eau corrosive (15).

La figure 4.18, montre que les teneurs en chlorure durant les mois février, mars et avril au niveau de site AB sont stable 42,6 mg/l. A propos de site AK au mois de février la teneur en chlorure est plus élevée estimée de 71 mg/l, puis elle suite une stabilité durant les derniers mois (mars et avril) d'une valeur de 42,6 mg/l.



**Figure 4.18:** Variations mensuelles des chlorures au niveau d'AB et AK.

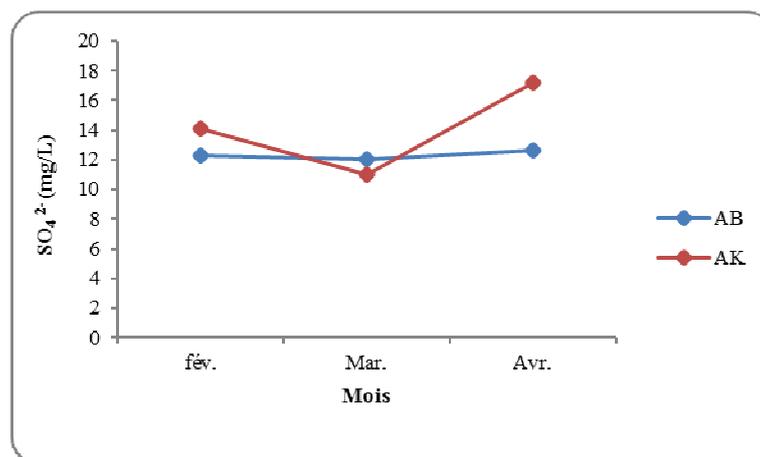
Les résultats obtenues en ce qui concerne le  $\text{Cl}^-$  ont montrées que l'eau de forage (AB) et l'eau de source (AK) présentent des taux relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes, Françaises et l'OMS (Tab. 4.2).

#### 4.1.3.5. Sulfates

La teneur en sulfates au site AB subisse presque une stabilité durant les trois mois avec des valeurs de (12,3 mg/l, 12mg/l et 12,6mg/l) (Fig. 4.19).

La teneur en sulfates au site AK au mois de février est 14,1 mg/l, puis au mois de mars elle a eu une diminution d'une valeur de 11 mg/l, et en fin on observe au mois d'avril une augmentation du sulfate d'une valeur de 17,2 mg/l.

La concentration maximale admissible de sulfate est 400 mg/l selon les normes Algériennes et les résultats obtenues sont inférieures aux les normes que ce soit du site AB ou AK.

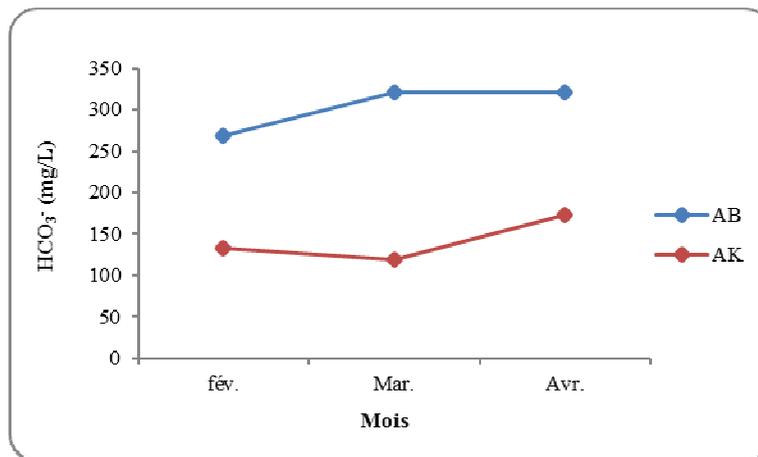


**Figure 4.19** Variations mensuelles de Sulfates au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.3.6. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

La figure 4.20 illustre bien la variation mensuelle de Bicarbonates, au site AB la teneur en bicarbonates au mois de février est 268,4mg/l puis elle a eu une augmentation au mois de mars et mois d'avril estimée de 320,86 mg/l.

Pour le site AK la valeur maximale est enregistrée au mois d'avril (173,24 mg/l) et la valeur minimale est enregistrée au mois de mars (119,56mg/L).

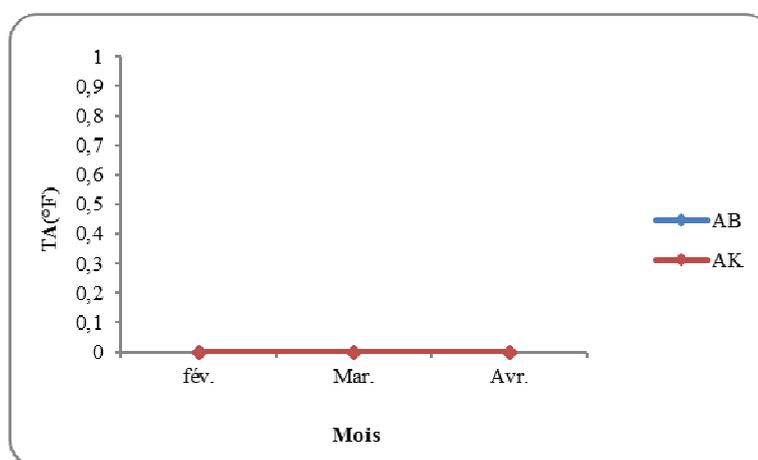


**Figure 4.20:** Variations mensuelles de Bicarbonates au niveau d'AB et AK.

La concentration maximale admissible de sulfate est 500 mg/l selon les normes Algériennes et les résultats obtenues sont inférieures aux les normes que ce soit du site AB ou AK.

#### 4.1.3.7. Titre Alcalimétrique simple (TA)

Les teneurs en TA dans les deux sites AB et AK sont nulles durant les trois mois d'analyse. (Fig. 4.21).

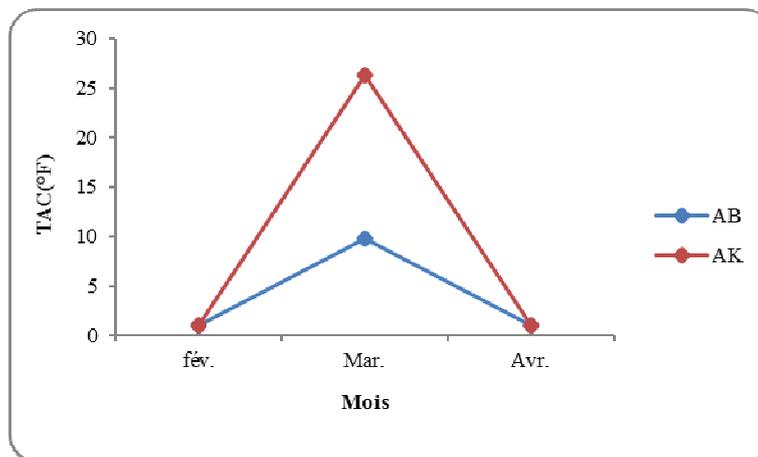


**Figure 4.21:** Variations mensuelles de TA au niveau d'AB et AK.

#### 4.1.3.8. Alcalinité complète (TAC)

D'après la figure 4.22, le site AB et AK au mois de mars ont subi une augmentation de TAC d'une valeur de 22 (F°) et 10,9 (F°) respectivement, et au mois d'avril les valeurs reviennent similaires que celle de mois de février que ce soit dans le site AB ou AK.

Les concentrations du TAC au niveau des sites de prélèvements d'eau sont inférieures par rapport à la norme 50°F de l'OMS (1986) des eaux destinées à la consommation humaine.



**Figure 4.22:** Variations mensuelles de TAC au niveau d'AB et AK.

#### 4.2. Qualité microbiologique de l'eau

L'analyse microbiologique 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. Elle doit être utilisée comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter les valeurs suivantes: (Tab. 4.4).

**Tableau 4.4:** Normes de qualité des paramètres bactériologiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles			
		AB	AK	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)	Directive européenne (1998)
GT à 22°C	Germes/1ml	<b>264</b>	<b>393</b>	/	/	/	100
GT à 37°C	Germes/1ml	<b>273</b>	<b>227</b>	/	/	/	20
CT	UFC/100ml	<b>18</b>	<b>108</b>	/	/	10	/
CF	UFC/100ml	<b>3</b>	<b>1</b>	00	00	00	00
SF	UFC/100ml	<b>433</b>	<b>419</b>	00	00	00	00
ASR	UFC/20ml	<b>01</b>	<b>05</b>	00	00	00	00

## 4.2.1. Recherche et dénombrements des micro-organismes

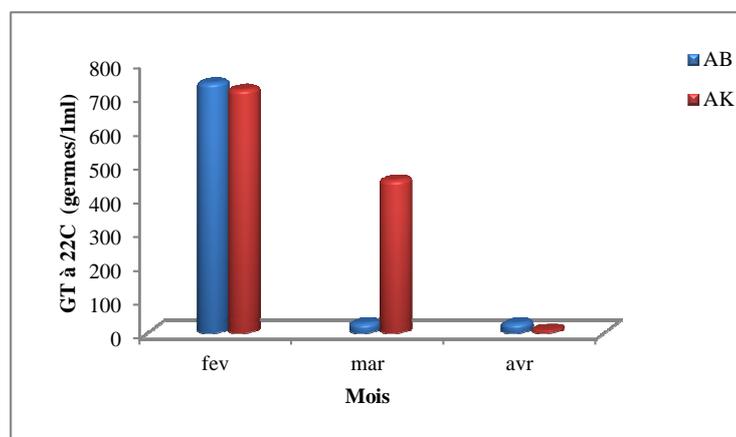
### 4.2.1.1. Germes totaux

#### 4.2.1.1.1. Germes totaux à 22°C

La concentration des germes totaux aérobies dans les eaux potables sont sans effet direct sur la santé. Leur développement dans le réseau de distribution peut être signe de stagnation, d'entretien déficient et d'insuffisance de résiduel de désinfection.

L'examen des graphes dans la figure (4.23) nous montre que la concentration des GT à 22°C est variable dans les trois mois de prélèvements pour les deux sites. Concernant le site AB on remarque une présence maximal de germes totaux dans le mois de février 740 germes /1ml par contre une concentration faible dans les mois de mars et avril 28 germes/1ml et pour le site AK on observe que le nombre de germe totaux est variable et élève dans les mois de février et mars (720germes /1ml et 452germes /1ml) sont respectivement.

Les résultats de dénombrement de ces germes ont montré que l'eau de forage (AB) et l'eau de source (AK) présentent des taux des GT à 20° C relativement fortes et supérieures partout à la concentration maximale admissible retenue par les Directive européenne (Tab. 4.4)

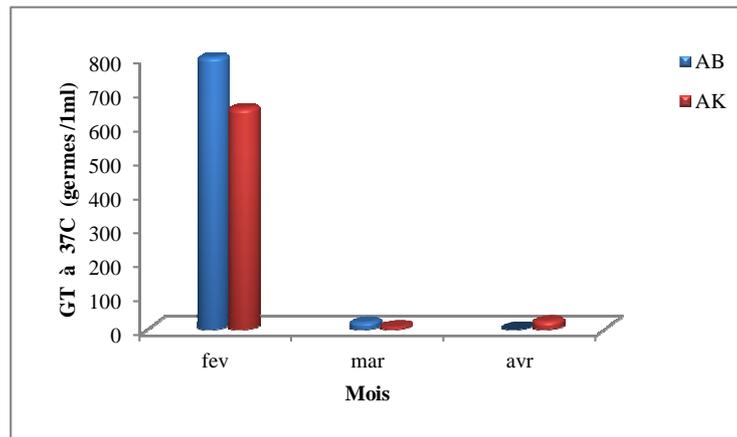


**Figure 4.23 :** Variations mensuelles des Germes Totaux à 22°C.

#### 2.1.1.2. Germes totaux à 37°C

D'après les résultats obtenu dans la figure (4.24), on constate que le taux des germes totaux a 37°C est variable durant les trois mois de prélèvement pour les deux sites, le nombre le plus élevé est enregistré en mois de février au niveau le site AB et le site AK (800 germes/1ml, 650 germes/1ml sont respectivement), cette concentration se diminue au moins de mars et avril et varié entre 00germes/1ml et 24germes/1ml.

Les Directive européenne indique une valeur limite 20 germes/1ml et selon le tableau ci-dessus notre résultats sont dépassent les normes.



**Figure 4.24 :** Variations mensuelles des Germes Totaux à 37°C.

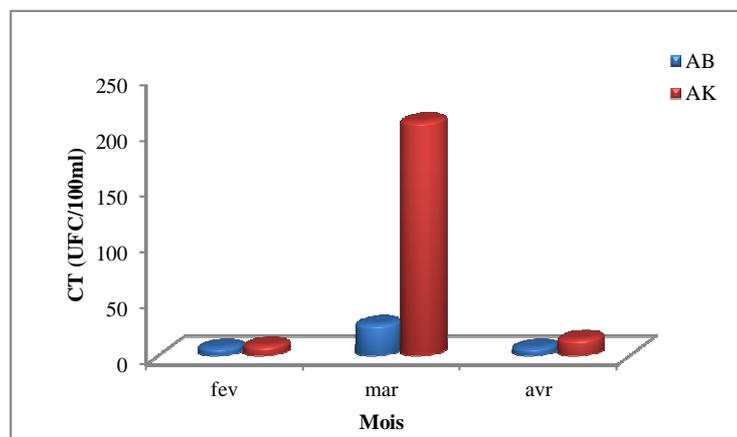
#### 4.2.1.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécales

##### 4.2.1.2.1. Coliformes Totaux et les Coliformes Fécaux

###### A. Coliformes Totaux

L'examen de graphe illustré dans la figure (4.25) nous montre que les concentrations des coliformes totaux extrêmement variées dans les deux sites de prélèvement et qui dans l'ensemble sont supérieures à la valeur guide des eaux potables (10 CT/100 ml) (OMS, 2011).

Pour le site AK (Eau de source) les concentrations des coliformes totaux sont élevées au cours de toute la période d'étude, avec un maximum de 210 UFC/100ml pour le prélèvement de mois de mars. Ceci est sans doute dû à sa présence près des agglomérations (commune de Ras El Agba).

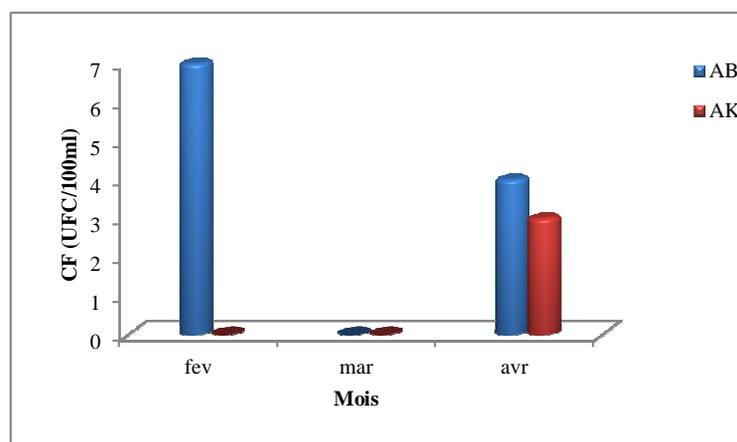


**Figure 4.25:** Variations mensuelles des Coliformes Totaux

## B. Coliformes Fécaux

Les coliformes fécaux sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales humaines et de ce fait constituent des indicateurs fécaux de la première importance.

L'examen des graphes dans la figure (4.26) nous montre que le nombre des coliformes fécaux dans les eaux analysées dépasse la norme de l'OMS (0 UFC/100 ml) (Tab. 4.4). Pour le site AB (Eau de forage), le nombre des coliformes fécaux varie au cours de l'étude de 4 UFC/100ml à 7 UFC/100ml. Ce nombre fluctue entre 0UFC/100 ml et 3UFC/100 ml dans les eaux de source (AK). La présence des coliformes d'origine fécale avec des effectifs dépassant les normes admises pour l'eau de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale des eaux de notre étude. Ces résultats liés aux rejets domestiques de la commune de Ras El Agba.



**Figure 4.26:** Variations mensuelles des Coliformes Fécaux

### 4.2.1.2.2. Streptocoques Fécaux

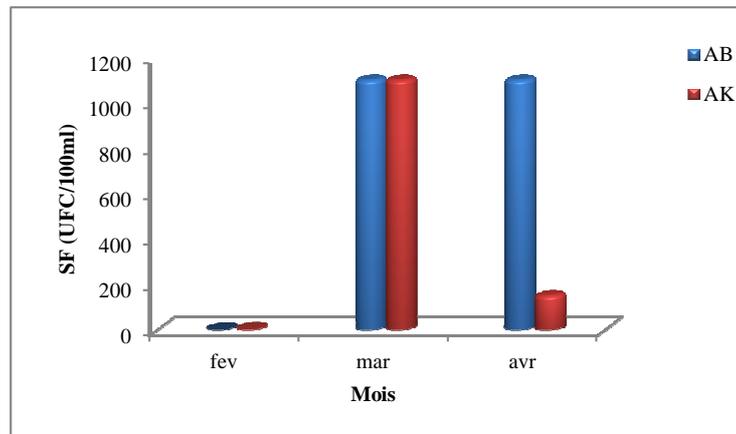
Le nombre des streptocoques fécaux est directement lié à la qualité de matière fécale animale se trouve dans l'eau.

L'examen graphique illustré dans la figure (4.27) nous montre que la concentration de ces bactéries fécales est variable dans les deux sites. Nos résultats obtenus sont supérieures à la valeur guide des eaux potables (Tab. 4.4)

Le maximum de concentrations des streptocoques fécaux est de 1100 UFC/100 ml pour le prélèvement réalisé pendant le mois de mars au niveau de site AK (eau de source). Ces résultats liés principalement aux rejets domestiques de la commune de Ras El Agba.

Pour les eaux de forage (AB) on remarque que le nombre très élevé des streptocoques fécaux est enregistré pendant les mois de mars et d'avril avec une valeur de

1100UFC/100ml. Cet enrichissement est principalement dû au lessivage des terres agricoles avoisinantes et à l'élevage d'ovin et bovin et aviculture.

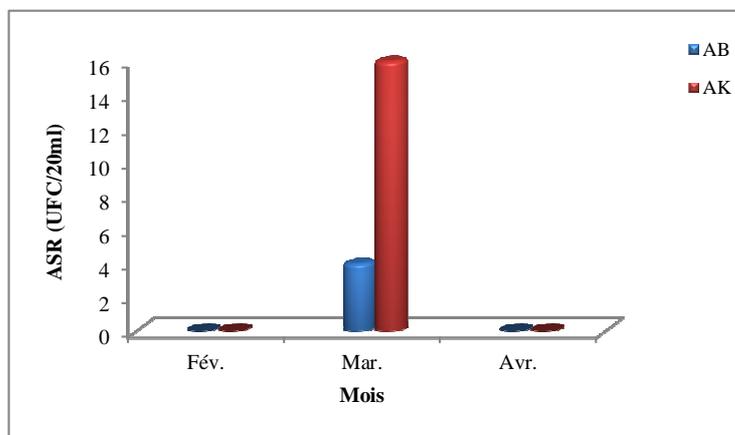


**Figure 4.27 :** Variations mensuelles des Streptocoques Fécaux

#### 4.2.1.2.3. ASR

Les clostridium sulfito-réducteur sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau, Ils sont donc des témoins d'une contamination fécale ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

Les variations des nombres des ASR dans les deux sites sont représentées dans la figure (4.28), d'après les résultats obtenus on remarque que les taux des ASR dans les eaux analysées sont variés entre 00UFC/20ml (valeur minimale est enregistré pendant les mois de février et d'avril) et 16 UFC/20ml (valeur maximale est enregistré pendant le mois de mars). 00UFC/20ml est la valeur limite indiquée par l'OMS (Tab. 4.4) et selon la figure ci-dessous les eaux analysées durant le mois de mars est dépassé cette norme.



**Figure 4.28 :** Variations mensuelles des ASR

### 4.2.1.3. Recherche des bactéries pathogènes

#### 4.2.1.3.1. Staphylocoques

D'après les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous on remarque une présence importante des staphylocoques durant les mois de mars et d'avril. Ce pendant l'OMS (2004) fixe une valeur zéro pour la présence des bactéries pathogènes dans l'eau destinée à la consommation humaine étant donné la pathogénicité de ces organismes, donc les résultats sont supérieurs aux normes.

**Tableau 4.5:** Résultats de recherche des Staphylocoques

	Février	Mars	Avril
<b>AB</b>	-	+	-
<b>AK</b>	-	+	+

#### 4.2.1.3.2. Pseudomonas

D'après les résultats obtenus dans le tableau ci-après on remarque une absence totale des Pseudomonas durant les trois mois de prélèvement. Donc les résultats sont respectées les normes.

**Tableau 4.6:** Résultats de recherche des Pseudomonas

	Février	Mars	Avril
<b>AB</b>	-	-	-
<b>AK</b>	-	-	-

#### 4.2.1.3.2. Salmonelles

D'après les résultats obtenus dans le tableau on remarque une présence très importante des Salmonelles au mois de mars.

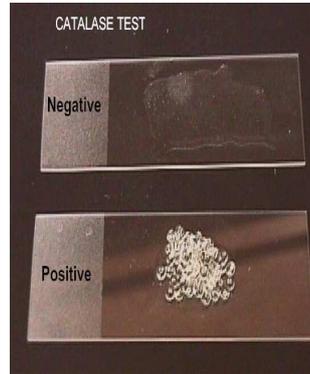
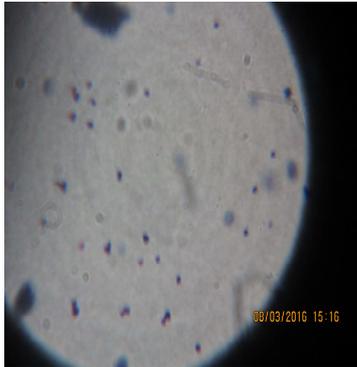
**Tableau 4.7:** Résultats de recherche des Salmonelles

	Février	Mars	Avril
<b>AB</b>	-	+	-
<b>AK</b>	-	+	-

**4.2.2. Test de confirmation des bactéries pathogènes**

✓ **Staphylocoques**

La plupart des colonies, observables sur le milieu de Chapman après une incubation de 24 heures à 37°C, sont des Gram positifs, catalase positif et mannitol positif (Fig. 4.29, 4.30 et 4.31)



**Figure 4.29:**Cocci Gram(+) **Figure 4.30:** Catalase positif **Figure 4.31:**Mannitol positif

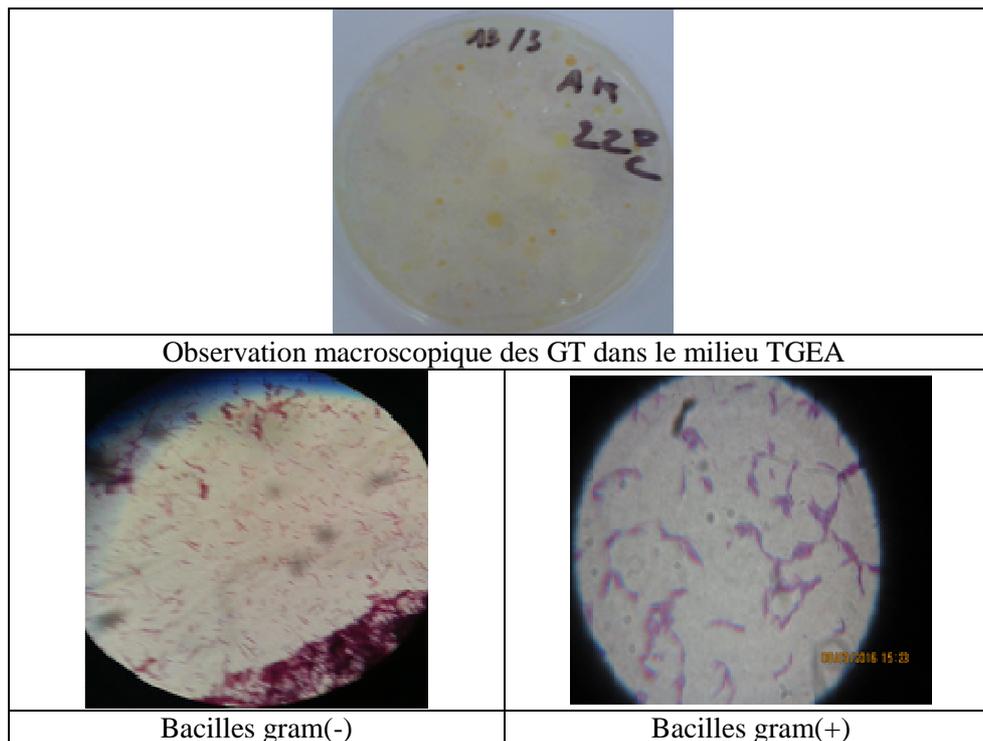
**4.2.3. Résultats de l'identification**

**4.2.3.1. Caractères macroscopiques et microscopique**

Le repiquage successif utilisé dans le seul but de purifier les souches nous a permis de distinguer les caractères de toutes les colonies sur leurs milieux préférentiels d'isolement. Ces données sont résumées dans les tableaux (4.8, 4.9 et 4.10 (Annexe)).

**Tableau 4.8:** Aspect Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes recherchées.

<p>Test présomptif des CT</p>	<p>Test de confirmation des CF</p>
<p>Isolement des CF dans le milieu GN</p>	<p>Observation macroscopique de Salmonella dans le milieu Hektoen</p>



**Tableau 4.9:** Caractères Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes Isolées.

Observation macroscopique	Observation microscopique	Milieux de culture
Virage du couleur + dégagement du gaz	/	BCPL
Tube Trouble + anneau rouge.	Bâtonnets à Gram négatifs Cocci à gram positif	Eau peptonée exempte d'indole
Trouble bactérienne.	/	Rothe
Trouble bactérienne + pastille.	Cocci à gram positif, ovales à gram-négative, en diplocoques ou courtes chaînettes	Eva litsky
Circulaire, ondulés, rigoureuse, transparente légèrement blanchâtre.	Bacilles isolés, Gram négatif	Mac Conkey
Colonie blanche, petite, lisse, demi-bambée.	Forme des chaînettes, isolées Cocci gram positif.	Colombia
Colonies noires, petites et grande, arondes, régulier.	Forme des chaînettes, isolées Bacilles gram positif.	Gélose Viande de foie
1. Circulaire, lisse, plate, brillante transparente, 2 mm de diamètre.	- Bacilles isolés ou en chaînettes, Gram négatif.	Gélose nutritive (GN)
2. Irrégulière, lisse, plate, jaune 1 mm de diamètre.	- Bacilles isolés, Gram négative.	
3. Bambée, lisse, brillante, à contour régulier, de couleur jaune.	- Bacilles isolés, regroupés, Gram négatif.	
1. Petite, opaque, lisse, bombée, à contour régulier, pulvérulente, de couleur blanche.	Monocoque, diplocoque, amas Gram positif	Milieu Chapman
2. Bombée, lisse, à contour régulier, jaunâtre avec virage de la couleur du		

milieu entourant les couloirs au jaune brillant.		
1. Vertes ou bleuâtres, circulaire, ondulés, bossue, rigoureuse, transparente légèrement blanchâtre.	- Bacilles isolés, Gram négatif.	Gélose Hektoen
2. jaune saumon, bambée, lisse, 1 mm de diamètre		

#### 4.2.3.2. Identification biochimique

L'étude biochimique nous a permis d'identifier 5 espèces bactériennes appartenant à la famille des Entérococeae, 2 espèces appartenant à la famille des Staphylococceae et 2 espèces appartenant à la famille des Streptococceae. Les résultats sont représentés dans les tableaux (4.11 et 4.12) et dans les figures (4.32 ,4.33 ,4.34 ,4.35, 4.36 et 4.37).

**Tableau 4.11:** Résultats de l'identification par la galerie API 20 E.

Echantillon	Api	Espèces bactériennes
AB	API 20 E	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
AB	API 20 E	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
AK	API 20 E	<i>Ochrobactrum anthropi</i>
AK	API 20 E	<i>Flavimonas oryzihabitans</i>
AK	API 20 E	<i>Serratia odorifera 1</i>

**Tableau 4.12:** Résultats de l'identification par la galerie API staph et Api 20 Strep

Echantillon	Api	Espèces bactériennes
AK	API 20 Staph	<i>Staphylococcus xylosus</i>
AK	API20 Staph	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>
AB	API 20 Strep	<i>Micrococcus Sp</i>
AK	Api 20 Strep	<i>Aerococcus viridans 2</i>
AK	API 20 Strep	<i>Micrococcus Sp</i>



Figure 4.32 : Profil biochimique de la souche *Aerococcus viridans 2*



Figure 4.33 : Profil biochimique de la souche *Flavimonas oryzihabitans*



Figure 4.34 : Profil biochimique de la souche *Serratia odorifera 1*



Figure 4.35: Profil biochimique de la souche *Ochrobactrum anthropi*



Figure 4.36: Profil biochimique de la souche *Pseudomonas aeruginosa*



Figure 4.37 : Profil biochimique de la souche *Stenotrophomonas maltophilia*

#### 4.2.4. Recherche des levures

##### 4.2.4.1. Résultats de recherche

D'après les résultats obtenus dans le tableau (4.13) on remarque une présence très importante des levures durant les trois mois de recherche pour les deux sites.

**Tableau 4.13:** Résultats de recherche des levures

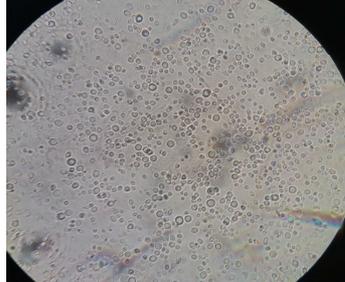
	Février	Mars	Avril
AB	3	8	23
AK	51	308	10

##### 4.2.4.2. Résultats de l'Identification

###### 4.2.4.2.1. Caractères macroscopiques et microscopique

L'identification des levures isolées a été faite sur la base de l'aspect macroscopique et microscopique des colonies. Cette identification reste approximative, vu la nécessité d'un examen biochimique (Api 20 C AUX). Les caractères macroscopiques et microscopiques des espèces isolées sont résumés dans le tableau (4.14).

**Tableau 4.14:** Caractères Macroscopiques et Microscopiques des levures

Observation macroscopique	Observation microscopique	Milieu de culture
Colonies circulaires, de couleurs jaune et crémeuses	Présence de levures avec Bourgeons	Sabouraud
		

###### 4.2.4.2.2. Identification biochimique

Nous avons identifié 03 espèces. Les résultats sont représentés dans le tableau (4.15).

**Tableau 4.15:** Résultats de l'identification par la galerie API Caux

Echantillon	Api	Espèces identifiées
AK	API C aux	<i>Rhodotorula minuta</i>
AK	API C aux	<i>Cryptococcus uniguttulatus</i>
AB	API C aux	<i>Cryptococcus laurentii</i>



***CONCLUSION ET  
RECOMMANDATIONS***

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine de la commune de Ras El Agba, et cela pour deux échantillons, un correspond à l'eau de source et l'autre à une eau de forage; principale eau d'alimentation.

A cet effet les principaux résultats que nous avons obtenus peuvent se résumer comme suit:

Du point de vue climatique, il s'agit d'une région à un climat méditerranéen, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. Elle reçoit une moyenne annuelle de pluie de 640,60mm sous une température moyenne oscillant entre 10,39°C en janvier et 29,56°C en juillet.

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

- Une dureté de l'ordre de 30°F, donc c'est une eau qui est assez dure.
- Une conductivité de l'ordre de 690μS/cm, donc c'est une eau de bonne qualité.
- Des teneurs en nitrites, nitrates, ammonium, phosphates et le fer faible ne dépassent pas la norme de la potabilité de l'eau.

Du point de vue microbiologique, les résultats que nous avons obtenus dans les deux échantillons illustrent une contamination bactérienne très nette, exprimée par de fortes concentrations en germes totaux à 22° C (328 germes/1ml) et à 37°C (250 germes/1ml). Une contamination fécale (taux de coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les ASR) sont très élevés, soient de l'ordre de 63 UCF/100ml, 02 02 UCF/100ml, 426 UCF/100ml et 03 UFC/20ml.

Les bactéries pathogène sont été détectées : *Pseudomonas aeruginosa*, *Ochrobactrum anthropi*, *Aerococcus viridans* 2, *Micrococcus Sp*, *Staphylococcus xylosus* et *Staphylococcus haemolyticus* dans les deux échantillons, les levures aussi ont été isolées dans cette eau comme: *Rhodotorula minuta*, *Cryptococcus uniguttulatus* et *Cryptococcus laurentii*.

Les résultats obtenus prouvent la mauvaise qualité microbiologique de l'eau de source et de l'eau de forage. Elle présente un danger pour la consommation humaine. Les causes de cette pollution sont multiples; dont les principales sont les suivantes:

- ✓ Les infrastructures d'assainissement du village de Ras El Akba soient directement déversées sur le cours d'eau d'Aïn Beguimen qui passe au cours de son cheminement directement au dessus de la nappe Aïn Brinis (80m de profondeur).
- ✓ Le réseau de drainage est défaillant et peu développé et le village est sujet à de nombreuses inondations qui accentuent les problèmes d'assainissement.
- ✓ La gestion des déchets solides et les ordures ménagères se contentent du même cours d'eau d'Aïn Beguimen en faisant parti des problèmes d'assainissement auxquels le village est confronté. Ces pratiques favorisent l'infiltration des eaux usées.

De ce fait les nappes les plus profondes et celles situées hors des villages sont sollicitées : c'est le cas du village de Sellaoua Anouna où de nouveaux champs de captage furent implantés dans la zone péri-urbaine pour approvisionner la population urbaine, mais jusqu'à présent la population de Sellaoua Anouna continue à s'alimenter par le réseau de Aïn Brinis qui demeure très insuffisant pour satisfaire les deux villages en plein développement démographique.

Concernant les paramètres physico-chimiques, les résultats effectués obéissent largement aux normes de potabilité.

En fin de cette étude, pour améliorer la qualité des eaux de sources et des eaux de forages, nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes:

- ✓ La sensibilisation des populations sur les meilleures pratiques d'hygiène de leur cadre de vie et une gestion rationnelle de l'eau;
- ✓ Effectuer une réflexion sur le renouvellement des canalisations;
- ✓ Un contrôle permanent des forages et des sources;
- ✓ Mettre en place un système d'assainissement correcte des eaux usées;



***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-  **A.B.H.C.S.M (Agence des Bassins Hydrographiques; Constantinois, Seybouse, Mellègue) (2005).** Qualité Des Eaux Souterraines Dans Le Bassin De La Seybouse, Rapport Interne. 46 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 de l'Université 8 Mai 1945 – Guelma. 164P
-  **Benmarce K. (2007).** Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma (NE algérien). Mémoire de magister, en Hydrogéologie. Université Badji Mokhtar, Annaba. 126 pages.
-  **Biomerieux (2002).** Système d'identification des staphylocoques, microcoques et apparentés. Fiche technique API Staph.
-  **Biomerieux (2009).** Système d'identification des *Streptococcaceae* et germes apparentés. Fiche technique API Strep.
-  **Bourdon T.L. et Marchal N. (1973).** Techniques Bactériologiques. *Dion*. 335p.
-  **Briere F.G. (2000).** Distribution et collecte des eaux 2eme édition : école polytechnique de montréal .P :299-300. *Bull.Soc.Hist.Nat.Afr.du Nord*; Alger, 59 :14
-  **C.E.A.E.Q. (2000).** Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : méthode par filtration Sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp5.
-  **C.E.A.E.Q. (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp4.
-  **Clark C.G., Bryden L., Cuff W.R., Johnson P.L., Jamieson F., Ciebin B. & Wang G. (2005).** Use of the Oxford multilocus sequence typing protocol and sequencing of the flagellin short variable region to characterize isolates from a large outbreak of waterborne

*Campylobacter sp.* strains in Walkerton, Ontario, Canada. *J Clin Microbiol* 43, 2080–2091.

 **C.W.E.A. (2012).** Recherche et dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa*. filtration sur membrane. Fiche technique.

 **Dajoz R. (2000).** Précis D'Ecologie: Cours Et Exercices Résolus.7 ième édition. Dunod, Paris. 613p.

 **Debieche T.H. (2002).** Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine : 235p

 **Décret n°89-3** du 3janvier 1989 (*J.O.* du 4 janvier 1989) modifier par décret n° 90-330 du 10 avril (*J.O.* du 13 avril 1990) et par le décret n° 91-257 du 7 mars 1991 (*J.O.* du 8 mars 1991).

 **Delarras C. et Trebaol B. (2003).** Surveillance Sanitaire Et Microbiologique Des Eaux: Réglementation - Prélèvements - Analyses. TEC & DOC. 269p.

 **Delolm H., Boutin J.P. et Andre L.J. (1992).** Eau douce et pathologie. *Médecine d'Afrique Noire* 39 (3).

 **Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L. et Belghyti D. (2008).** Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. *Larhyss Journal.* (7). 59-77.

 **Directive 98/83/CE du 3 novembre (1998).** (*J.O.C.E.* n° L. 330 du 5 décembre 1998). La qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998. Dunod, Paris 1130.

 **El Morhit M. (2009).** Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences Ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (bas Loukkos) Maroc. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences Rabat, 260p.

-  **Emberger L. et Gaussens H. et al., (1963).** Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne, UNESCO-FAO, Paris.
-  **Emsalem R. (1986).** Climatologie Générale. Edition. *I.P.E.N.A.G.* Tome 1. 198p.
-  **Francois A. (2008).** L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck .P :134
-  **Gueroui Y. (2015).** Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945- Guelma. 200p
-  **Harlye J.P., Klen D.A. et Prescott L.M. (2010).** Microbiologie, 3eme édition : 1216p.
-  **Hubert P. et Martin M. (2001).** Quelle eau boirons-nous demain ? Edition : Fabienne Travers. P:64-124.
-  **J.O.R.A. (2011).** Journal Officiel de la République Algérienne : Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
-  **J.O.R.F. (2007).** Journal Officiel de la République Française : Arrêté du 11 janvier 2007  
relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.
-  **Leclerc H. (1994).** Microbiologie Des Eaux D'alimentation. *TEC & DOC.* 495p.
-  **Luna B. et Kenneth S. (1972).** L'eau. Edition: Time-Life: 1. P: 9-39-110-115.
-  **Mansouri Z. (2009).** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien). Mémoire de magistère, université Annaba ; 118 pages
-  **Marchal N., Bourdon J.L. et Richard C. (1982).** Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. Doin, Paris.
-  **Margat J. (1992).** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: harmattan.

-  **O.M.S. (1986).** Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). *Organisation Mondiale De La Santé*. 2<sup>ème</sup> édition. 211p.
-  **O.M.S. (2004).** Organisation Mondiale de la Santé: directives de qualité pour l'eau de boisson. 3<sup>ème</sup> édition, Volume 1 (Recommandations). Geneva. Paris.110 p
-  **O.M.S. (2011).** Organisation Mondiale de la Santé: directives de qualité pour l'eau de boisson. 4<sup>ème</sup> édition. Geneva. Paris.360p.
-  **Pfohl A. et Leszkowicz. (1999).** Schwartozbrod. Institution. Faculté de pharmacie Nancy France source.
-  **Pilet C., Bourdon J.L., Toma B., Marchal N., Balbastre C. et Person J.M. (1987).** Bactériologie Médicale Et Vétérinaire: Systématique Bactérienne. Doin. 372p.
-  **Reggam A. (2010).** Evaluation de la Qualité Physico – Chimique et Bactériologique des Eaux Potables : Cas de la Station de traitement de Hammam Debagh – Guelma. Mémoire de Master de l'Université 8 Mai 1945 – Guelma. 91p
-  **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux ; aspects règlementaires Et techniques. Sceran.
-  **Rodier J. (1996).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.
-  **Rodier J. (1999).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de mer 7<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.
-  **Rodier J. (2005).** L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8<sup>ème</sup> édition. *Dunod*. 1383 p.
-  **Rodier J. Legube B., Merlet N. et coll. (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.
-  **Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J.P., Geoffray C.H., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L. et Vial J. (1984)** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>e</sup> édition. Ed. Dunod : pp 5.

 **Santé canada, (2006).** *Recommandation pour la qualité de l'eau potable au canada* : document technique-les bactéries pathogènes d'origine hydrique : microorganismes préoccupants courants et émergents. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, direction générale de la santé environnementale et la sécurité des consommateurs, santé Canada, Ottawa.

 **Schwartzbord L. (1991).** *Virologie des milieux hydriques.* Edition Lavoisier, Tec et Doc. Paris.

 **Singleton P. (1999).** *Bactériologie.* 4<sup>ème</sup> édition. *Dunod.* 542p.

 **Soltner D. (1999).** *Les bases de la production végétale.* Edition. *Sciences & Techniques Agricoles,* Tome 2. 396 p.

 **Stewart P. (1969).** *Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère.*

### Webographie

- (1). [www.annuaire-mairie.fr](http://www.annuaire-mairie.fr) > Algérie > Guelma. (05/03/2016).
- (2). Source : <https://www.notre-planete.info>. (08/03/2016).
- (3). Hamid *Baâli* [www.lemidi-dz.com](http://www.lemidi-dz.com). (15/03/2016).
- (4). [www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr) bibliothèque. (15/03/2016).
- (5). <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/cholera/maladiehydrique/cholera>.(15/03/2016).
- (6). <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/typhoide/maladiehydrique/typhoide> (18/03/2016).
- (7). [WWW.grotius.fr](http://WWW.grotius.fr)/quelle-sont-les-maladies-liee-a-l'eau (18/03/2016).
- (8). <http://www-sololiya.../3-les-different-type-de-maladie-liee-a-l'eau> (19/03/2016).
- (9). <http://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrophotom%C3%A9trie>. (07/04/2016).
- (10). <http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html>. (19/04/2016).
- (11). [http://www.oieau.fr/refea/fiches/AnalyseEau/Physico\\_chimie\\_PresGen.htm](http://www.oieau.fr/refea/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm).(19/04/2016).
- (12). <http://aquatechnique.pagesperso-orange.fr>. (23/04/2016).
- (13). <http://wiki.scienceamusante.net>. (20/04/2016).
- (14). <http://www.environnement.ens.fr>. (08/04/2016).

- (15). <http://www.memoireonline.com>. (19/04/2016).
- (16). <http://www.lenntech.fr/eaux-souterraines/fer.htm#ixzz484KkvUjR>(19/04/2016).
- (17).<http://www.jpboeret.eu/biologie/index.php/ecologie/pollution-de-l-eau>. (25/04/2016).
- (18).<http://www.hellopro.fr/analyses-des-matieres-organiques-de-l-eau>. (10/04/2016).
- (19).<http://canadiensante.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/water-calcium-eau>. (10/04/2016).

## RESUME

La potabilité de l'eau est désignée comme l'une des grands soucis de la population algérienne, beaucoup de réclamation sur ce problème ont été déposées auprès des autorités compétentes par les habitants de la région d'étude. C'est pour cela qu'on a vérifiées si l'eau consommée par les populations de la zone d'étude n'est pas nocive pour leur santé, et pour décelée ce risque on a établi une étude comparative entre l'eau de forage et l'eau de source prélevées de la même région (commune de Ras El Agba).

Cette analyse est effectuée durant trois mois allant du mois de février jusqu'à mois d'avril, l'analyse physique est due à l'aide d'un multi paramètres (le pH, la température, la salinité, la conductivité électrique .....etc) ainsi que l'analyse chimique est fait par la mesure des substances de pollution et de minéralisation (Les teneurs en nitrates, en fer, en calcium, en magnésium, ...etc), l'analyse microbiologique est basée essentiellement sur la recherche et le dénombrement des bactéries indicatrice de contamination fécale, la recherche des bactéries pathogène et des levures.

Les résultats des analyses physico- chimiques ont montrés que les teneurs des éléments ne dépassent pas les valeurs indiquées par les normes Algériennes et l'OMS dans les deux échantillons. Alors que les résultats microbiologiques nous émergent une contamination fécale des eaux de forage et des eaux de source signalées par les fortes concentrations en coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Ces concentrations provenant des eaux de ruissellement et des eaux usées domestiques. Cette pollution affecte l'environnement et constitue une menace majeure sur la santé de ces habitants.

**Mots clés :** Etude comparative, Qualité physico-chimique, Qualité microbiologique, Eau de forage, Eau de source, Contamination.

## ABSTRACT

Portability of water is designated as one of the major concerns of the Algerian population; many complaints on this problem have been lodged with the competent authorities by residents of the study area. This is why we verified that the water consumed by the population of the study area is not harmful to people's health, and to identified this risk a comparative study between water drilling and well water taken from the same region (commune of Ras El Agba).

This analysis is performed for three months from February to April, Physical analysis is due to using a device has multi parameter(the pH , temperature, salinity, the electric conductivity...etc) and chemical analysis is done by measuring substances of pollution and mineralization (The nitrates , iron, calcium , magnesium....etc),the microbiological analyze is primarily based on the detection and enumeration of indicator bacteria of fecal contamination , the search for pathogenic bacteria and yeast .

The results of physicochemical analyzes have shown that the contents of the elements do not exceed the values indicated by the Algerian standards and WHO in both samples. While the microbiological results show us fecal contamination of waters drilling and well waters reported by high concentrations of fecal coliforms and streptococci focus. This concentrations coming from runoff and domestic sewage this pollution affects the environment and is a major threat to the health of these population.

**Keywords:** Comparative study, physical-chemical quality, bacteriological, water drilling, well water, the study area, contamination.

## الملخص

تعتبر عذوبة المياه واحدة من الهموم الرئيسية لسكان الجزائر، هناك العديد من الشكاوى التي تم ايداعها بشأن هاته المشكلة لدى السلطات المختصة من قبل سكان منطقة، لهذا السبب يجب التحقق من أن المياه التي يستهلكها سكان ليست ضارة على صحتهم ، و لكشف هذه المخاطر قمنا بدراسة مقارنة بين مياه الآبار والينابيع التي تم جمعها من نفس المنطقة ( بلدية رأس العقبة) .

هذه الدراسة تم تنفيذها لمدة ثلاثة أشهر انطلاقا من شهر فيفري إلى شهر افريل، حيث يتم التحليل الفيزيائي عن طريق استخدام جهاز متعدد الخدمات (ثابت الحموضة ، ودرجة الحرارة والملوحة والموصلية الكهربائية... الخ) في حين يتم التحليل الكيميائي عن طريق قياس مواد التلوث والتمعدن(كمية النترات والحديد والكالسيوم والمغنيزيوم.....الخ) ويستند التحليل الميكروبيولوجي في المقام الأول على الكشف و تعداد البكتيريا المؤشرة للتلوث البرازي ، والبحث عن البكتيريا المسببة للأمراض والخمائر.

وقد أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية أن محتويات العناصر لا تتجاوز القيم المشار إليها وفقا لمعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية في كل من العينتين ، في حين أن نتائج الميكروبيولوجية تبين لنا وجود تلوث في مياه الحفر ومياه الينابيع؛ راجع الى تركيزات عالية من بكتيريا القولون البرازية و البكتيريا العقدية البرازية. هذه التركيزات ناجمة من الجريان السطحي و مياه الصرف الصحي المنزلي. هذا التلوث يؤثر على البيئة و يشكل خطرا كبيرا على صحة السكان .

**الكلمات المفتاحية:** جودة الفيز و كيميائية ,البكتريولوجي ، مياه الابار, مياه الينابيع ,منطقة الدراسة , التلوث.

دراسة مقارنة.



## ***ANNEXES***

**Tableau 1.8:** Température moyenne mensuelle et précipitation moyenne mensuelle  
(Dans la région de Guelma 2002-2015).

<b>Mois</b>	<b>Pré. moy. (mm)</b>	<b>Tmoy. (C°)</b>
<b>Jan.</b>	90	10,39
<b>Fév.</b>	90	10,66
<b>Mar.</b>	56	13,4
<b>Avr.</b>	57	16,72
<b>Mai.</b>	47	20,69
<b>Jui.</b>	20	25,93
<b>Juil.</b>	7	29,56
<b>Aôu.</b>	13	29,4
<b>Sep.</b>	35	25,46
<b>Oct.</b>	63	21,73
<b>Nov.</b>	75	15,83
<b>Déc.</b>	99	11,67

Tableau 3.2 : Table de NPP (Rodier, 2009)

Nombre caractéristique			Nombre de cellules
3 tubes de 10 ml	3 tubes De 1ml	3 tubes de 0,1ml	NPP dans 100 ml
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	2	30
2	2	0	20
2	2	1	30
2	2	2	35
2	2	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
2	3	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	1	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	2	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	3	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400

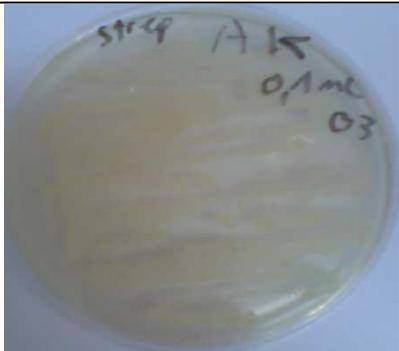
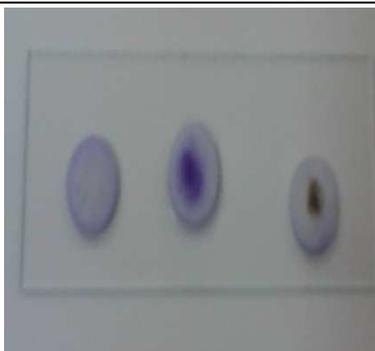
Tableau 3.4: Tableau de lecture de l'Api 20E.

TESTS	COMPOSANTS ACTIFS	QTE (mg/cup.)	REACTIONS/ENZYMES	RESULTATS	
				NEGATIF	POSITIF
ONPG	2-nitrophényl-β-D-galactopyranoside	0,223	β-galactosidase (Ortho NitroPhényl-β-D-Galactopyranosidase)	incolore	jaune (1)
ADH	L-arginine	1,9	Arginine DiHydrolase	jaune	rouge / orangé (2)
LDC	L-lysine	1,9	Lysine DéCarboxylase	jaune	rouge / orangé (2)
ODC	L-ornithine	1,9	Ornithine DéCarboxylase	jaune	rouge / orangé (2)
CIT	trisodium citrate	0,756	utilisation du CITrate	vert pâle / jaune	bleu-vert / bleu (3)
H <sub>2</sub> S	sodium thiosulfate	0,075	production d'H <sub>2</sub> S	incolore / grisâtre	dépôt noir / fin liseré
URE	urée	0,76	UREase	jaune	rouge / orangé (2)
TDA	L-tryptophane	0,38	Tryptophane DésAminase	jaune	TDA / immédiat marron-rougeâtre
IND	L-tryptophane	0,19	production d'INDole	incoloré vert pâle / jaune	JAMES / immédiat rose
VP	sodium pyruvate	1,9	production d'acétoïne (Voges Proskauer)	incoloré / rose pâle	VP 1 + VP 2 / 10 min rose / rouge (5)
GEL	gélatine (origine bovine)	0,6	Gélatinase (GELatine)	non diffusion	diffusion du pigment noir
GLU	D-glucose	1,9	fermentation / oxydation (GLUcose) (4)	bleu / bleu-vert	jaune / jaune gris
MAN	D-mannitol	1,9	fermentation / oxydation (MANnitrol) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
INO	inositol	1,9	fermentation / oxydation (INOsitol) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
SOR	D-sorbitol	1,9	fermentation / oxydation (SORbitol) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
RHA	L-rhamnose	1,9	fermentation / oxydation (RHAmmose) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
SAC	D-saccharose	1,9	fermentation / oxydation (SACcharose) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
MEL	D-melibiose	1,9	fermentation / oxydation (MELibiose) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
AMY	amygdaline	0,57	fermentation / oxydation (AMYgdaline) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
ARA	L-arabinose	1,9	fermentation / oxydation (ARAbinose) (4)	bleu / bleu-vert	jaune
OX	(voir notice du test oxydase)		cytochrome-OXYdase	(voir notice du test oxydase)	

**Tableau 3.5:** Tableau de lecture de l'API 20 Staph.

TESTS	COMPOSANTS ACTIFS	QTE (mg/cup.)	REACTIONS / ENZYMES	RESULTAT	
				NEGATIF	POSITIF
0	Aucun		Témoin négatif	rouge	—
GLU	D-glucose	1,56	(Témoin positif) (D-GLUcose)	rouge *	jaune
FRU	D-fructose	1,4	acidification (D-FRUctose)		
MNE	D-mannose	1,4	acidification (D-ManNosE)		
MAL	D-maltose	1,4	acidification (MALtose)		
LAC	D-lactose (origine bovine)	1,4	acidification (LACtose)		
TRE	D-tréhalose	1,32	acidification (D-TREhalose)		
MAN	D-mannitol	1,36	acidification (D-MANnitol)		
XLT	xylitol	1,4	acidification (XyLITol)		
MEL	D-mélibiose	1,32	acidification (D-MELibiose)		
NIT	nitrate de potassium	0,08	Réduction des NiTrates en nitrites		
PAL	$\beta$ -naphtyl phosphate	0,0244	Phosphatase ALcaline	jaune	violet
VP	sodium pyruvate	1,904	production d'acétyl méthyl-carbinol (Voges Proskauer)	incoloro-rose pâle	violet-rose
RAF	D-raffinose	1,56	acidification (RAFfinose)	rouge	jaune
XYL	D-xylose	1,4	acidification (XYLose)		
SAC	D-saccharose	1,32	acidification (SACcharose)		
MDG	méthyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside	1,28	acidification (Méthyl- $\alpha$ -D-Glucopyranoside)		
NAG	N-acétyl-glucosamine	1,28	acidification (N-Acétyl-Glucosamine)		
ADH	L-arginine	1,904	Arginine DiHydrolase	jaune	orange-rouge
URE	urée	0,76	UREase	jaune	rouge-violet

**Tableau 4.10:** Aspect Macroscopiques et Microscopiques des Colonies Bactériennes recherchées

	
Observation macroscopique des salmonelles (milieu bouillon sélénite)	Observation macroscopique des ASR (milieu viande de foie)
	
Isolement des streptocoques (milieu GN)	Test oxydase

**Composition des milieux de culture :****1. Milieux solides :****\*Mac Con Key****Composition :**

Peptone.....	20,0 g
Lactose.....	10,0 g
Sel biliaires n°3 .....	1,5 g
Cristal violet 0,00.....	1 g
Rouge neutre.....	0,05 g
Chlorure de sodium .....	5,0 g
Agar.....	15,0 g

**Préparation :**

51,5 g par litre Stérilisation à l'autoclave.

**\*TGEA (gélose numération: gélostryptone- glucose- Extrait de levure):****Composition:**

Tryptone.....	5g
Glucose.....	1g
Extrait de levure.....	2,5g
Gélose.....	15g
Eau distillée.....	1000ml
pH .....	7

**\*Milieu de Chapman****Composition :**

Peptone bactériologique .....	10 g / l
Extrait de viande de boeuf .....	1 g / l
Chlorure de sodium .....	75 g / l
Mannitol .....	10 g / l
Rouge de phénol .....	0,025 g / l
Agar .....	15 g / l
pH .....	7,5

**Préparation :** Verser 111 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 121° C pendant 15 minutes.

**2. Milieux liquides :****\*Eau peptonée exempte d'indole : Elle est surtout utilisée pour la recherche de la production****Composition:**

D'indole Formule (en grammes par litre d'eau distillée)	
Peptone exempte d'indole.....	10 g / l
Chlorure de sodium .....	5 g / l
pH final.....	7,2

**Préparation :**

Mettre 15 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée. Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution. Ajuster, si nécessaire, le pH à 7,2 .Répartir puis stériliser à

l'autoclave à 120° C pendant 15 minutes.

**\*Eva- Lit sky:**

**Composition:**

Peptone.....	20g/l
Glucose.....	5g/l
Chlorure de sodium.....	5 g/l
Phosphate bi potassique.....	2,7 g/l
Azothvate de sodium.....	0,3 g/l
Ethyle- vliote.....	5 g/l
pH .....	7

**\* Rothe (Bouillon Glucose l'acide de sodium):**

**Composition:**

	DC	SC
Tryptone.....	40g.....	20g
Glucose.....	10g .....	5g
Chlorure de sodium.....	10g.....	5g
Phosphate bi potassique.....	5,4 g.....	2.7g
Phosphate mono potassique.....	5,4 g.....	2.7g
Acide de sodium.....	0,4g .....	0.2g
Eau distillée.....	1000 ml.	

Autoclavage = 15mn 121C° pH = 6,8

**\* B.C.P. (bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre)**

**Composition:**

	DC	SC
Peptone .....	10 g / l.....	5g/l
Extrait de viande .....	6 g / l.....	3g/l
Lactose .....	10 g / l.....	5g/l
Pourpre de bromocrésol .....	0,05 g / l.....	0.025g/l
Eau distillée .....	1000 ml	

pH final = 6

Autoclavage = 20 mn a 120C°