



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature  
et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

## MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques  
Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :  
**Ikram Aya BOUTABA**

Le : mardi 9 juillet 2019

### **Analyse physicochimique et microbiologique de quelques marques d'eaux embouteillées (Baniane, Bouglez, El-kantara, Manbaa al-ghezlane et Guedila)**

---

#### Jury :

Mme.	Sara REDOUANE SALAH	MCA	Université de Biskra	Président
Mme.	Nassima BENAMEUR	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
M.	Tarek BENAMEUR	Pr	Université King Faisal KFU	Rapporteur
Mme.	Manel DJOUMA	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018/2019

# Remerciements

C'est avec une grande joie et une certaine émotion que je rédige aujourd'hui ces quelques lignes de remerciements.

En préambule à ce mémoire Je glorifier et remercier Allah le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience qui m'ont permis d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Madame BENAMEUR Nassima, d'avoir accepté de me diriger, et de m'avoir conseillée judicieusement, et de m'avoir orientée et encouragée tout au long de ce travail. Je présente mes remerciements au Professeur BENAMEUR Tarek d'avoir accepté de co-encadrer ce Travail et pour la confiance qu'il avait en moi, pour aborder cet axe de recherche et ses conseils judicieux.

Me vifs remerciements vont également aux membres du jury, Mme ROUDOUANE SALAH, présidente, et DJOUMA Manel, examinatrice pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

J'adresse mes remerciements à monsieur DEBABECHE Mahmoud directeur de laboratoire de recherche de Génie-Civil, Hydraulique, Développement durable et Environnement (LAR GHYDE).

Mes remerciements s'adressent également à Tout le personnel l'Algérienne Des Eaux (A.D.E), en particulier SALAM Dalale et le chef de service Monsieur Djoumaa, je tiens à remercier tout le personnel de laboratoire d'hygiène et de prévention en particulier à Habiba et Hadjer.

Je souhaite remercier tous les membres de service de laboratoire de département de biologie et de l'agronomie en particulier Oussama et Chahla.

Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont apporté un soutien pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude, particulièrement ma famille.

Dans le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui Ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos études.

## Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

A celle qui attendue avec patience les fruits de sa bonne éducation, qui m'a tout donné, qui a toujours été là pour moi ,a celle qui tient le paradis sous ses pieds, A mon ange« Ma mère» que Dieu te donne santé et longue vie.

A le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager, A ma fierté et mon honneur : « Mon Père »

A mon chère frère Mustapha Ramzi et ma très chère petite sœur «Malek Sadjida»

A mes collègues de promotion et mes meilleures amies en particulier Nour El-houda, Haizia, Khadidja, Hiba, Romaiassa et Yasmine pour les moments forts et agréables que nous avons passés ensemble.

A tous mes enseignants de notre département de Biologie.

**Ikram Aya**

# Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations	III
Introduction générale	1

## Chapitre 1. Synthèse bibliographique

1.1. Introduction	3
1.2. Ressource en eaux de consommation	3
1.2.1. Eaux de surface	3
1.2.2. Eaux souterraines	3
1.3. Catégories de l'eau	3
1.3.1. Eau potable	3
1.3.2. Eau minérale	4
1.3.3. Eau de source	4
1.4. Qualité physico-chimique	4
1.4.1. Les paramètres physico-chimiques	4
1.4.1.1. Température	4
1.4.1.2. Potentiel hydrogène (pH)	4
1.4.1.3. Conductivité	5
1.4.1.4. Anions	5
a) Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	5
b) Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	5
c) Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )	5
d) Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )	5
e) Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	5
1.4.1.5. Cations	6
a) Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	6
b) Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	6
c) Potassium ( $\text{K}^+$ )	6
d) Sodium ( $\text{Na}^+$ )	6
e) Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	6
f) Fer ( $\text{Fe}^{+2}$ )	6
1.5. La qualité microbiologique	6

1.5.1. Les paramètres microbiologiques.....	7
1.5.1.1. Les germes totaux.....	7
1.5.1.2. Coliformes totaux.....	7
1.5.1.3. Coliformes fécaux.....	7
1.5.1.4. Streptocoques fécaux.....	7
1.5.1.5. Clostridium sulfito-réducteurs.....	7
1.6. Les normes algériennes.....	7
1.7. Conclusion.....	8

## **Chapitre 2. Matériel et méthodes**

2.1. Introduction.....	9
2.2. Echantillonnage.....	9
2.3. Analyse physico-chimique.....	9
2.3.1. Détermination de la température.....	9
2.3.2. Détermination du pH.....	9
2.3.3. Détermination de Conductivité.....	9
2.3.4. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....	9
2.3.4.1. Détermination du calcium.....	10
2.3.4.2. Détermination du magnésium.....	10
2.3.5. Dosage du potassium.....	11
2.3.7. Dosage d'ammonium.....	11
2.3.8. Détermination du chlorure.....	12
2.3.9. Détermination du bicarbonate.....	13
2.3.10. Dosage du nitrate.....	14
2.3.11. Dosage du nitrite.....	14
2.3.12. Dosage du sulfate.....	15
2.3.13. Dosage d'orthophosphate.....	15
2.3.14. Dosage du fer.....	15
2.2.1. Dénombrement des germes revivifiables.....	17
2.2.2. Dénombrement des coliformes totaux et Coliformes fécaux.....	18
2.2.3. Dénombrement des streptocoques.....	21
2.2.4. Dénombrement des Clostridium.....	22
2.3. Conclusion.....	24

## **Chapitre 3. Résultats et discussion**

3.1 Introduction.....	25
3.2. Caractérisation physico-chimique et bactériologique.....	25
3.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	25

3.2.1.1. La température.....	25
3.2.1.2. pH.....	25
3.2.1.3. Conductivité .....	26
3.2.1.4. Résidus sec .....	27
3.2.1.5. Calcium .....	28
3.2.1.6. Magnésium.....	28
4.2.1.8. Potassium.....	30
3.2.1.9. Ammonium.....	30
3.2.1.10. Fer.....	31
3.2.1.12. Bicarbonate.....	32
3.2.1.13. Nitrate.....	33
3.2.1.14. Nitrite.....	34
3.2.1.15. Sulfate.....	34
3.2.2. Résultats des analyses bactériologiques .....	35
3.2.2.1. Les germes totaux.....	36
3.2.2.2. Les coliformes totaux et fécaux.....	37
3.2.2.3. Les streptocoques fécaux.....	37
3.2.2.4. Les clostridiumssulfuto-reducteurs .....	37
4. 3. Classification qualitatif des eaux.....	37
4.3.1. Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction de la minéralisation .....	38
4.3.2. Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction des propriétés hydrochimiques .....	38
4.4. Conclusion.....	40
Conclusion générale .....	42
Références bibliographiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Annexes	
Résumé	

## Liste des tableaux

Tableau 1.1. Paramètre de qualité physico-chimique de l'eau de consommation humaine .....	8
Tableau 1.2. paramètre de qualité bactériologique de l'eau de consommation humaine .....	8
Tableau 2.1 Les réactifs utilisés pour le dosage d'ammonium.....	13
Tableau 3.1. les résultats des analyses bactériologiques .....	37
Tableau 3.2. Classification des eaux minérales et eaux de sources en fonction de la composition ionique .....	39

## Liste des figures

Figure 2.1. Protocole expérimentale de la recherche des germes totaux.....	18
Figure 2.2. Protocole expérimentale de la recherche des coliformes totaux et fécaux .....	20
Figure 2.3. Protocole expérimentale de la recherche des streptocoques fécaux .....	22
Figure 2.4. Protocole expérimentale de la recherche des clostridium sulfuroreducteur .....	24
Figure 3.1. Représentation graphique de la teneur en température .....	26
Figure 3.2. Représentation graphique du teneur en pH.....	27
Figure 3.3 Représentation graphique du teneur en conductivité.....	28
Figure 3.4. Représentation graphique du teneur en résidus sec .....	28
Figure 3.5. Représentation graphique du teneur en calcium .....	29
Figure 3.6. Représentation graphique du teneur en magnésium .....	30
Figure 3.7. Représentation graphique du teneur en sodium.....	30
Figure 3.8. Représentation graphique du teneur en potassium .....	29
Figure 3.9. Représentation graphique du teneur en ammonium .....	30
Figure 3.10. Représentation graphique de la teneur en fer.....	30
Figure 3.11. Représentation graphique du teneur en chlorure .....	33
Figure 3.12. Représentation graphique du teneur en bicarbonate .....	34
Figure 3.13. Représentation graphique du teneur en nitrate .....	34
Figure 3.14. Représentation graphique du teneur en nitrite .....	35
Figure 3.15. Représentation graphique du teneur en Sulfate .....	36
Figure 3.16. Représentation graphique du teneur en orthophosphate .....	36
Figure 3.17. Milieu TGEA après incubation.....	37
Figure 3.18. Diagramme de piper des eaux minérales naturels et eaux de sources .....	40



## Liste des abréviations

**ADE:** Algérienne des Eaux.

**BCPL:** Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol

**CE:** Conductivité électrique

**D/C:** Double Concentration

**EVA:** Ethyle Violet et Acide de sodium

**EDTA :** Ethyle Diamine Tétracétique

**ISO:** International standardisation Organisation

**NET:** Noire d'érichrome

**NPP:** Nombre plus probable

**OMS:** Organisation Mondiale de la Santé

**pH:** Potentiel Hydrogène.

**RS:** Résidus sec

**S/C:** Simple Concentration.

**TGEA:** Tryptone Glucose Agar.

**TH:** Dureté ou titre hydrométrique

**µs/cm:** micro-siemens par centimètre

# **Introduction**

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets; Dont l'organisme d'un adulte a besoin dans les conditions normales d'environ 2,5 litres d'eau par jour pour bien fonctionner, cette eau peut être de l'eau canalisée (eau d'adduction) ou de l'eau embouteillée dès son prélèvement pour être livrés à la consommation confirment Sghaier et Abdallah (2018).

La consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles à nuire à la sante des individus déclarent John et Donald (2010).

D'après Hazzab (2011) le secteur de l'eau conditionnée en Algérie a vécu ces dernières années un développement exceptionnel. Ce développement s'est concrétisé par l'implantation de dizaines d'unités d'exploitation et de production des eaux conditionnées à travers l'ensemble du territoire national. Il a été aussi accompagné par une augmentation exceptionnelle et remarquable de la consommation des eaux embouteillées en vingt ans (4 L/habitant/an en 1989 à 22 L/habitant/an en 2007); Cette évolution spectaculaire a causé l'inquiétude des consommateurs envers l'augmentation de la pollution de l'eau et leur opposition au goût désagréable, à l'odeur et à la contamination bactérienne déclare (Saleh et al., 2001), mais actuellement et à l'horizon de l'an 2020 la consommation des eaux embouteillées par habitants augmente de plus en plus, ces dernières années, la popularité de l'eau embouteillée peut être évaluée par le nombre de marques (plus de 5 000) produites dans le monde ce qui est confirmé par Semerjia, (2011). En effet les gens ne sont pas conscients du risque qui peut engendrer l'eau embouteillée car déjà l'histoire de ce dernier a marqué la présence de streptocoques dans la marque d'eau minérale connue Youkous cette nouvelle a été publiée dans le journal Le matin d'Algérie en 2013.

La bonne qualité de l'eau embouteillée distribuée pour la consommation humaine constitue un élément très important pour la protection de la santé publique. Dans ce but, Ce travail consiste à caractériser et classer pour une consommation plus saine d'eaux embouteillées (Banyane, Bougulez, El-kantara, Manbaaal-ghezlane, Guedila) étudiées à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux

Ce manuscrit alors structuré comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur des généralités relatives à l'eau et paramètres de caractérisation des eaux, ainsi que les normes et les exigences de leur qualité.
- Le deuxième chapitre comporte la partie matériel et méthodes d'analyse utilisées dans le laboratoire,
- Le troisième et le dernier chapitre est consacré à la présentation et la discussion des résultats obtenus,
- On terminera notre manuscrit par une conclusion générale et des recommandations.

**Chapitre 1**  
**Synthèse**  
**bibliographique**

## **1.1.Introduction**

L'eau est un élément vital pour l'être humain. Il est important de l'avoir en qualité et en quantité suffisante garantissant ainsi une vie saine et sans danger à long terme (Rodier, 1996). L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (OMS, 2004).

## **1.2. Ressource en eaux de consommation**

OMS (2004) affirme que Les approvisionnements en eau de boisson peuvent aller du très grand réseau urbain, desservant des dizaines de millions d'habitants.

-Les eaux destinées à la consommation humaine ont une double origine:

### **1.2.1. Eaux de surface**

Les eaux de surfaces ou superficielles pour 40% du volume produit. Elles englobent toutes les eaux, circulantes ou stockées, qui existent à la surface du continent. Ces eaux qui se trouvent à la surface terrestre peuvent être des eaux courantes ou stagnantes (Rejseck, 2002).

De ce faite, elles sont exposées, par leur contact, à toute sorte de pollution. Ils sont riches en composés organiques et autres substances chimiques, sont dirigées vers des stations de traitement en vue de leur purification et de leur potabilité (Maraza, 2014).

### **1.2.2. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines pour 60% du volume produit. Elles proviennent de nappes souterraines plus au moins profondes et sont capté par forage ou par des puits (Rejseck, 2002). Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de grande qualité, avec notamment de très faibles teneurs en micro-organismes et autres substances en suspension confirment Rasmussen et Rouleau (2003).

## **1.3. Catégories de l'eau**

### **1.3.1. Eau potable**

D'après Rejseck (2002) une eau potable est une eau propre à la consommation, donc dépourvue de tous les éléments nocifs. On entend Par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires.

### **1.3.2. Eau minérale**

Selon Sghaier et Abdallah (2018) les eaux minérales naturelles sont définies comme étant des eaux microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, Et de composition stable dans le temps

Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine (Hazzab, 2011).

### **1.3.3. Eau de source**

D'après Marty (2006) L'eau de source désigne une simple eau naturelle, le plus souvent d'origine profonde et dont la qualité physico-chimique et microbiologique doit respecter sans traitement les critères de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine.

## **1.4. Qualité physico-chimique**

D'après La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètre. Basée sur des valeurs de références, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres (Rodier, 2009).

### **1.4.1. Les paramètres physico-chimiques**

Au contact prolongé du sol, les eaux se chargent des certains éléments minéraux tels que les chlorures, les sulfates, le magnésium, le sodium, le potassium .La température, la conductivité et le pH sont également pris en compte (Rejseck, 2002).

#### **1.4.1.1. Température**

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine (Gregorio et Pierre-Marie, 2007).

#### **1.4.1.2. Potentiel hydrogène (pH)**

Le PH est en relation avec la concentration d'hydrogène  $H^+$  présent dans une eau. Sa mesure peut être réalisée par différentes méthodes. Le PH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés et varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rejsek, 2002).

### 1.4.1.3. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm, La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau (Belghiti *et al.*, 2013).

### 1.4.1.4. Anions

#### a) Sulfates (SO<sup>2-</sup><sub>4</sub>)

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution (Maraza, 2015).

#### b) Phosphates (PO<sup>3-</sup><sub>4</sub>)

Les phosphates sont des anions qui s'attachent très facilement aux minéraux du sol. Les phosphates dégradent les qualités organoleptiques de l'eau : odeur, saveur, turbidité, couleur (Maraza, 2015).

#### c) Nitrates (NO<sup>2-</sup><sub>3</sub>) et Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites (Maraza, 2015).

#### d) Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Selon Hubert *et al.* (2002) Les bicarbonates sont d'origines diverses et n'ont pas de rôle prépondérant direct sur la santé. Ils ont par contre un rôle par les cations auxquels ils sont liés (sodium, calcium) et qui donnent un goût souvent salé.

#### e) Chlorures (Cl)

Très répandus dans la nature, généralement sous formes de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. (Ayad et Kahoul, 2017).



#### 1.4.1.5. Cations

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

D'après Bouchemal (2017) Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux).

##### b) Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

D'après Rodier et al(2009) Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et al., 2009).

##### c) Potassium ( $\text{K}^+$ )

Le potassium est un élément naturel des eaux, où sa concentration, à peu près constante, sauf dans certains contextes géologiques particuliers où elle atteint 20 à 25 mg/l (Potelon et Zysman, 1998).

##### d) Sodium ( $\text{Na}^+$ )

D'après Potelon et Zysman (1998) le sodium est très abondant ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates...). Le principal minéral contenant du sodium et l'un des plus répandus est le chlorure de sodium. Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables confirment Belghiti *et al.* (2013).

##### e) Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution.. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (Maraza, 2015).

##### f) Fer ( $\text{Fe}^{+2}$ )

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air, Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/jour mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Ayad et Kahoul, 2017).

#### 1.5. La qualité microbiologique

L'objectif de l'examen microbiologique de l'eau est de fournir des informations quant à la potabilité, c'est à dire sans risque d'ingestion de micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud (Rejseck, 2002).

### **1.5.1. Les paramètres microbiologiques**

D'après Rejseck (2002) les bactéries recherchées seront utilisées comme indicatrice soit de pollution, soit d'efficacité de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

#### **1.5.1.1. Les germes totaux**

Microorganismes revivifiables, toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié (Rejseck, 2002). Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (Ayad et Kahoul, 2017).

#### **1.5.1.2. Coliformes totaux**

Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, gram négatives, non sporulées, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35°C. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Entérobactérie* (Rejseck, 2002).

#### **1.5.1.3. Coliformes fécaux**

Ce sont des bacilles Gram négatifs, aérobie, anaérobie facultatifs, Oxydase négative.

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (Ayad et Kahoul, 2017).

L'OMS (2011) a recommandé que les bactéries coliformes fécales ne doit pas être détectable dans un échantillon de 100 ml d'eau (Oyelude et Ahenkorah., 2012).

#### **1.5.1.4. Streptocoques fécaux**

Bactérie Gram positif, sphérique à ovoïde, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène de groupe D, cultivant en anaérobiose à 44 °C, et à pH 9.6 (Rejseck, 2002).

#### **1.5.1.5. Clostridium sulfito-réducteurs**

Les Clostridiiums sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux (Rodier, 2009).

### **1.6. Les normes algériennes**

La norme Algérienne des paramètres de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation humaine sont figurés au tableau (1.1) et le tableau (1.2)

**Tableau 1.1.** Paramètre de qualité physico-chimique de l'eau de consommation humaine

Paramètre	Unités	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011
Température	C°	25
pH		6,5-8,5
CE à 20°	µS/cm	2800
Résidu Sec	mg/l après séchage à 180°C	1500
Dureté total	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
Calcium	mg/l	200
Magnésium	mg/l	200
Potassium	mg/l	12
Sodium	mg/l	200
Sulfate	mg/l	400
Chlorure	mg/l	500
Nitrate	mg/l	50
Nitrite	mg/l	0,2
Ammonium	mg/l	0,5
Phosphate	mg/l	0,5
Aluminium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	0,3

**Tableau 1.2.** Paramètre de qualité bactériologique de l'eau de consommation humaine

Paramètre	Unités	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011
Germes totaux	Nombre / 1ml	20
Coliformes totaux	Nombre / 100 ml	0
Coliformes fécaux	Nombre / 100 ml	0
Clostridium sulfito-Réducteur	Nombre / 20 ml	0
Stréptocoques fécaux	Nombre / 100 ml	0

## 1.7. Conclusion

Ce chapitre fut illustré des généralités sur l'eau et les indicateurs de pollution de nature physicochimique et bactériologiques, à travers lesquels on peut évaluer la qualité et la classification des eaux embouteillées destinée à la consommation humaine.

# **Chapitre 2**

## **Matériel et méthodes**

## 2.1. Introduction

Les différentes méthodes d'analyses pour caractériser la qualité des eaux embouteillées à travers la détermination de quelques paramètres physico-chimiques fut l'objectif de ce chapitre.

## 2.2. Echantillonnage

Notre contribution est basée sur le test et l'évaluation de la qualité d'eau potable de quelque marque déposé au marché tel que; Baniane, Bouglez, EL-kantara, Manbaa al-gezlane et Guedila. Fabriquées durant la période du mois de Décembre 2018, Janvier et Février 2019, avec trois répétitions de chaque marque.

## 2.3. Analyse physico-chimique

### 2.3.1. Détermination de la température (NF EN 27888)

La température est mesurée par une méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètre de type Consort C5020, elle est exprimée en degré Celsius (°C).

### 2.3.2. Détermination du pH (NFT 90-008)

Le pH mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau à analyser par la méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètres de type Consort C5020

### 2.3.3. Détermination de Conductivité (Rodier, 2009)

Nous avons mesuré la conductivité par méthode électrochimique à l'aide d'un appareil multi paramètres de type Consort (C5020), le résultat est donné directement en micro-siemens par centimètre ( $\mu S/cm$ ).

D'une façon générale, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

-Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner;

-faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées;

-Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant.

### 2.3.4. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) (Rodier, 2009).

Correspond à la somme des concentrations en cations de Calcium et Magnésium à l'exception des alcalins.

### 2.3.4.1. Détermination du calcium

#### ➤ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est calcon carboxylique, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

#### ➤ Mode opératoire

- Introduire 5 ml d'eau à analyser avec 45ml d'eau distillée dans une fiole de 100 ml;
- Ajouter 2-3 ml NaOH (2N) et 0.2 g de calcon carboxylique et 100g NaCl;
- En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au rose.

### 2.3.4.2. Détermination du magnésium

#### ➤ principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylènediamine tétraacétique (EDTA) à pH 10, Le noire d'érichrome, qui donne une couleur rouge foncé ou violette, est utilisé comme indicateur.

#### ➤ Mode opératoire

- Introduire 5 ml d'eau à analyser avec 45ml d'eau distillée dans une fiole de 100 ml ;
- Ajouter 4ml de solution tampon;
- Ajouter 4 goutte de NET;
- En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au violet.
- Vérifier le changement de couleur vers le violet bleuet que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

#### ➤ Expression des résultats

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{(V-B) \times 1000 \times N}{A} \times D$$

$$[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}] = \frac{(V-B) \times 1000 \times N}{A} \times D$$

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

D'où :

V : Volume d'EDTA utilisé pour la titration d'échantillon

B : volume d'EDTA utilisé pour la titration de témoin

N : Normalité d'EDTA (0.01N)

A : prise d'essai (50ml)

D : Dilution ( $\times 10$ )

### 2.3.5. Dosage du potassium

Le potassium a été dosé selon la méthode Aubert (1978) décrété au- dessous.

➤ La solution mère

Chlorure de potassium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 1.90 g de chlorure de potassium (kcl) dans 500ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

➤ Les solutions filles

Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 et 3.5 ml de la solution mère (kcl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ppm.

-Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser;

- Passer les échantillons au spectrophotomètre à flamme;

-Lecture des résultats (voir annexe 1).

### 2.3.6. Dosage du sodium Aubert (1978)

➤ La solution mère

Chlorure de sodium (1000 ppm): dans une fiole jaugée de 1000 ml dissoudre 2.54 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 500 ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

➤ Les solutions filles

-Dans une fiole jaugée de 100 ml diluer respectivement 1, 2, 4, 6, 8 et 10ml de la solution mère (NaCl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 10, 20, 40, 60 et 100 ppm.

-Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser;

-Passé les échantillons au spectrophotomètre à flamme;

-Lecture des résultats (voir annexe 2).

### 2.3.7. Dosage d'ammonium (ISO 7150)

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

-Prendre 40 ml d'eau à analyser;

-Ajouter 4 ml du réactif I;

-Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h.30.

D'où :

**Tableau 2.1.** Les réactifs utilisés pour le dosage d'ammonium

Réactif I	Réactif II
2 g d'acide dichloroisocyanurique	130 g de Trictrate de sodium
32 g d'hydroxyde de sodium (NaOH)	130 g de salicylate de sodium
1000 ml d'eau distillée	1000 ml d'eau distillée

-L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de  $\text{NH}_4^+$ .

-Effectuer la lecture à 655 nm (voir annexe 3).

### 2.3.8. Détermination du chlorure (ISO 9297)

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement.

Addition d'un petit excès d'ion argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajouté comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

➤ Préparation des solutions

•Chromate de potassium (5%): diluer 5g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dans 100 ml d'eau distillée; Ajouter des gouttes d' $\text{AgNO}_3$  (0.1N) puis agiter pendant 10 min.

•Nitrate d'argent (0.01N): diluer 17 g d' $\text{AgNO}_3$  dans 1 L d'eau distillée, agité pendant 5 à 10 min, puis couvrirai avec un papier aluminium ou sachet noir contre la lumière.

➤ Mode opératoire

-Prendre 10 ml d'eau à analyser (1ml échantillon + 9ml eau distillée);

-Ajouter 2 gouttes de Chromates de potassium (10%);

-Titrer avec Nitrate d'argent (0.01N) jusqu'au virage la couleur brune;



## \*Essai à blanc

Titre une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon pour essai. La valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0.2 ml de Nitrate d'Argent, dans le cas contraire, vérifier la pureté de l'eau.

## ➤ Expression des résultats

$$N (\text{AgNO}_3) = \frac{(10 \times N \times N \text{ NaCl})}{V (\text{AgNO}_3)}$$

D'où :

$N_{\text{AgNO}_3}$ : normalité de la solution  $\text{AgNO}_3$

$V_{\text{AgNO}_3}$ : volume d' $\text{AgNO}_3$  utilisé (ml)

$N_{\text{NaCl}}$ : normalité de la solution de NaCl

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V (\text{AgNO}_3) \times N \times 1000}{A} \times D$$

D'où :

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d' $\text{AgNO}_3$  nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N: Normalité de la solution d' $\text{AgNO}_3^-$

A : volume de prise d'essai

D : Dilution (\*10)

**2.3.9. Détermination du bicarbonate (NF T90-036)**

## ➤ Principe

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène ( $\text{H}^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ).

## ➤ Réactif

Phénolphtaline (1%): dissoudre 1g de Phénolphtaline dans 100ml d'éthanol.

Méthyle orange (0.01%): dissoudre 0.01g dans 100ml d'eau distillée.

Acide sulfurique 0.05N: diluer 1.39ml d'acide sulfurique dans 1000ml d'eau distillée.

## ➤ Mode opératoire

-Prendre 20ml d'eau à analyser. Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine, S'il y a une coloration rose, il y a les carbonates. S'il n'y a pas une coloration de la solution; il y a les bicarbonates

-Ajouter des gouttes (3-4 gouttes) de l'indicateur coloré méthyle et titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à l'apparition de la coloration rouge brique.

➤ Expression des résultats

$$[\text{HCO}_3^-] = (X \cdot 0.05 \cdot 1000) / Y$$

D'où :

X : Volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilisé pour la titration

Y : Volume de la prise d'essai

**2.3.10. Dosage du nitrate (Afnor T90-012)**

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %, et 1 ml de salicylate de sodium;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C;
- Laisser refroidir;
- Reprendre le résidu avec 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, laisser reposer 10 min;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm (voir annexe 4).

**2.3.11. Dosage du nitrite (ISO 5667 F)**

➤ Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

➤ Mode opératoire

- Dans une fiole prendre 50 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactif mixte et attendre 10 minutes.

D'où

Réactif mixte :

Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide dans un mélange formé de 100 ml d'acide orthophosphorique et de 500 ml d'eau. Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl1) diamino-1,2 éthane, compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- L'apparition de la coloration rose indique la présence de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) en milligramme par litre (mg/l).

- Effectuer la lecture à 543 nm (voir annexe 5)

### 2.3.12. Dosage du sulfate (ISO 5667)

#### ➤ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl

#### ➤ Mode opératoire

-Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée;

-Ajouter 2 ml de chlorure de baryum et 5 ml de la solution stabilisante;

-Agiter énergiquement pendant 1 mn;

-Passer au spectrophotomètre à 420 nm (voir annexe 6)

### 2.3.13. Dosage d'orthophosphate (ISO 6878)

#### ➤ Principe

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate

Le phosphate est mesuré selon la méthode spectrophotométrique au réactif mixte à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible.

La mesure se fait comme suit:

-Dans une fiole prendre 40 ml d'eau à analyser;

-Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte, attendre 10 minutes;

Le réactif mixte:

A (dissoudre 13 g Heptamolybdate d'ammonium dans 100ml eau distillée)

B (dissoudre 0.35 g Tartrate d'antimoine dans 100 ml eau distillée)

C (diluer 150ml Acide sulfurique pur dans 150 ml eau distillée)

- L'apparition de la coloration bleue indique la présence de phosphate ( $\text{PO}_4^{+3}$ )

-Effectuer la lecture à 880 nm (voir annexe 7).

### 2.3.14. Dosage du fer (ISO 6332)

#### ➤ Principe

Addition d'une solution de phénantroline à 1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$ .

#### ➤ Mode opératoire

-Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.

- Mélanger soigneusement;

-Ajouter 2 ml de tampon acétate, ajouter 2 ml de la solution phénantroline et conserver à l'obscurité pendant 15 minutes;

Enfin, passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.

### 2.3.15. Détermination des résidus secs (NA 6945)

#### ➤ Principe

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau.

#### ➤ Mode opératoire

-Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée (PV);

-Prélever 25 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule;

-Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 h;

-Laisser refroidir pendant ¼ heure au dessiccateur;

-Peser immédiatement et rapidement;

#### ➤ Expression des résultats

$$(M2-M0)*1000/V$$

D'où:

V: Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

M0: La masse, en milligramme de la capsule vide.

M2: La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175-185°C.

## **2.2. Analyse bactériologique**

Les manipulations sont réalisées dans une zone aseptique près du bec Benzène. Avant de procéder aux analyses des échantillons, tous les milieux de cultures et le matériel nécessaire ont été préalablement préparés.

### **2.2.1. Dénombrement des germes revivifiables (Rodier, 2009)**

- A partir de l'échantillon à analyser et de série des dilutions, porter des gouttes dans des boîtes de pétrie vides préparées à cet usage et numérotées;

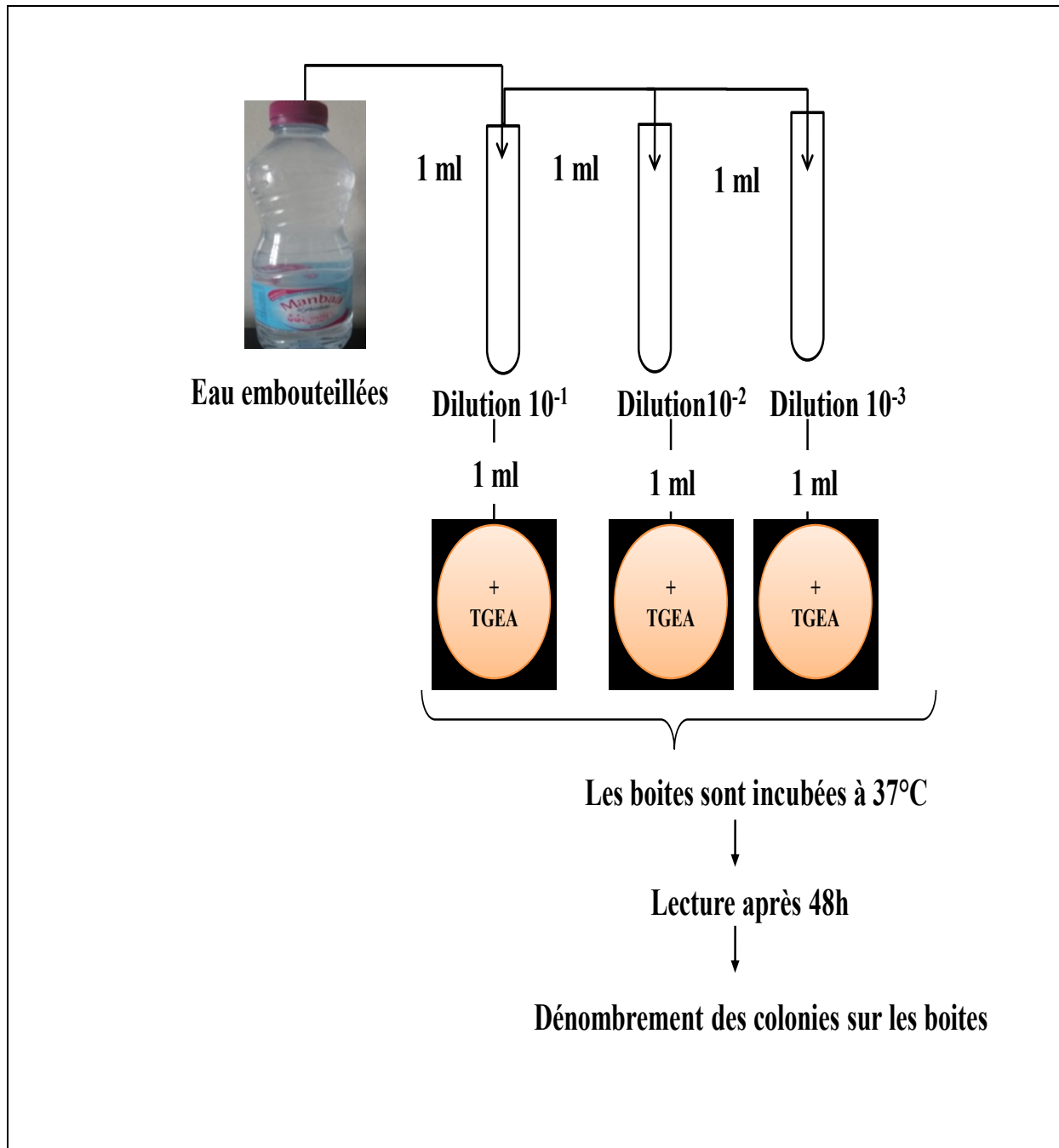
- Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 15 ml de gélose TGEA (voir Annexe 10) et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier;

- Retourner les boîtes et incuber à 37 °C pendant 24h à 48h (heure);

- La lecture se fait après chaque 24 heures.

\*on calcule le nombre de colonies formées présentes dans 1 millilitre d'échantillon.

\*les résultats sont exprimés en nombre de germes par millilitre (germes/ml)



**Figure 2.1.** Protocole expérimental de dénombrement des Germes totaux.

### 2.2.2. Dénombrement des coliformes totaux et Coliformes fécaux (Rejsek, 2002)

➤ Test de présomption

Réservé à la recherche des coliformes totaux

A partir de l'échantillon d'eau analysé, porter aseptiquement:

→ 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (D/C) (voir Annexe8) muni d'une cloche de Durham.

→ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (S/C) (Annexe 8) muni d'une cloche de Durham.

→ 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham.

-Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures

➤ Lecture

Seront considérés comme positif(+); les tubes présentant à la fois:

→Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche)

→Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

→La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (voir Annexe 9)

➤ Test de confirmation

Encore appelé test de Mac Kenzie, et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

- Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche.

- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu.

- L'incubation se fait à 44°C pendant 24heures.

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs(+) les tubes présentant à la fois:

→ Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).

→Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP

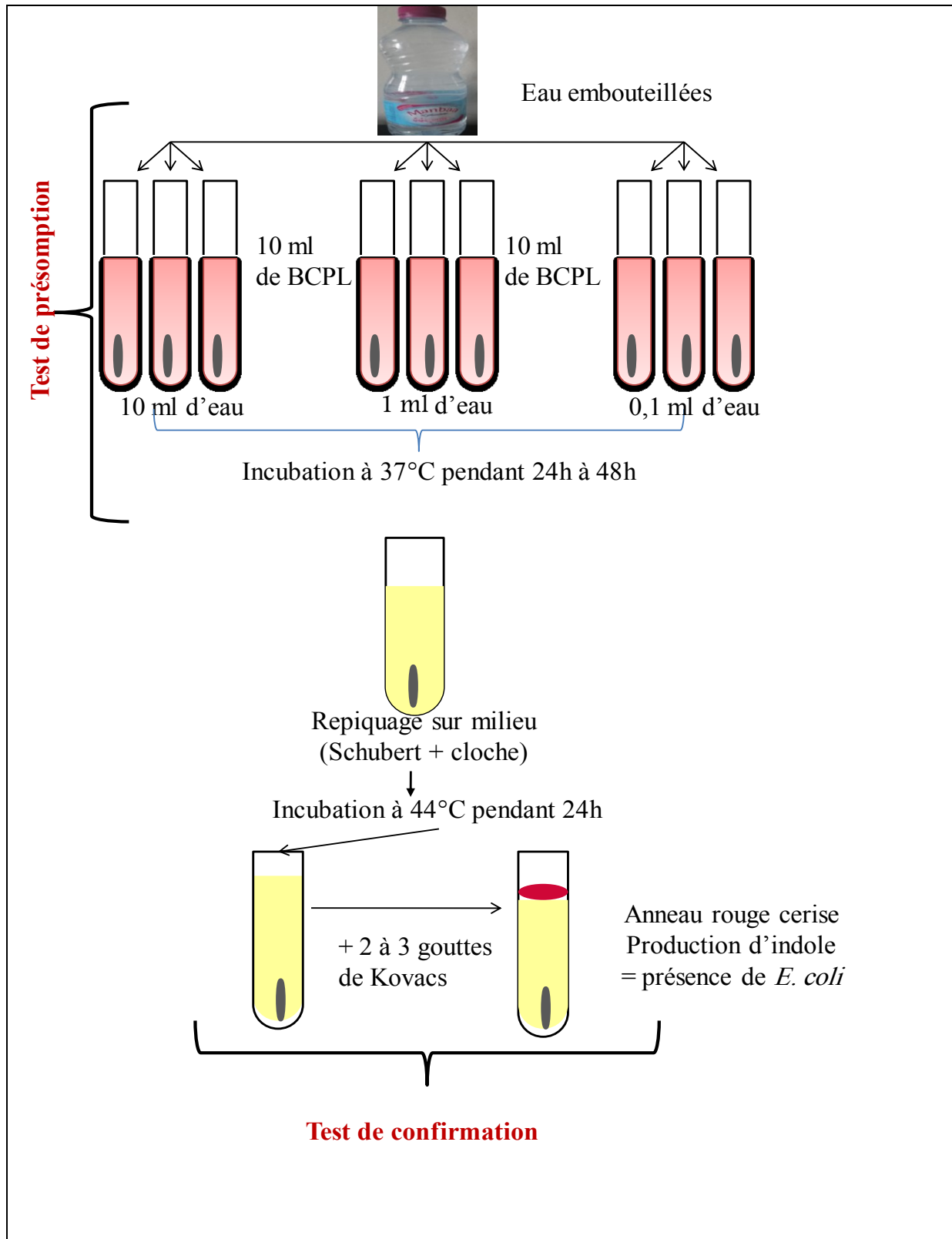


Figure 2.2. Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux



### 2.2.3. Dénombrement des streptocoques fécaux (Rejsek, 2002)

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement:
  - 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE (D/C) (voir Annexe8).
  - 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE (S/C) (voir Annexe 8).
  - 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE (S/C).
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture

Sont considérés comme positifs (+) les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir de streptocoque fécal.

\*La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP

➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

- Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY (voir Annexe8)

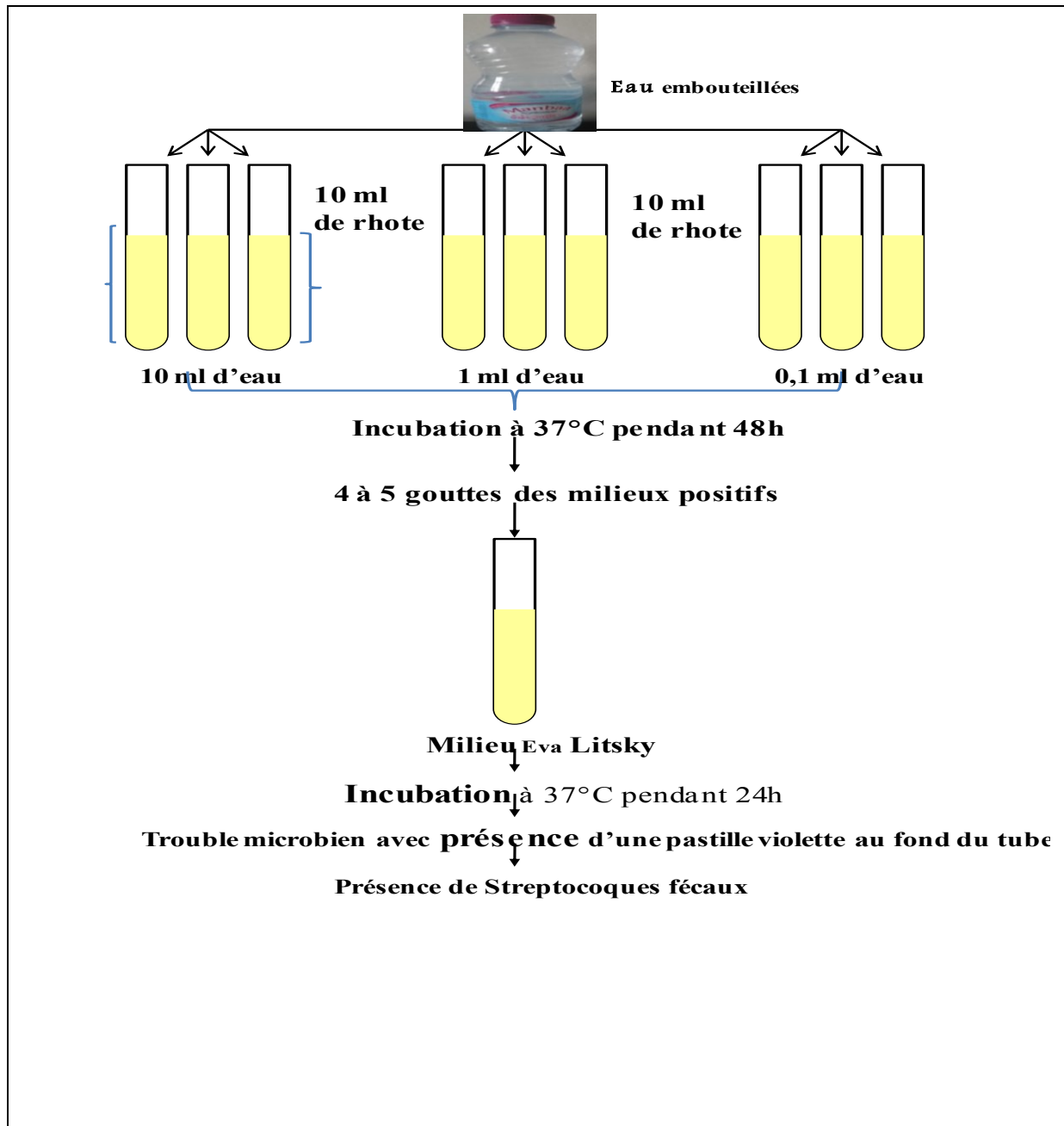
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

- Un trouble microbien.
- Une pastille blanchâtre (un dépôt) au fond des tubes.

\*la lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoques fécaux sont par 100 ml de l'échantillon analysé



**Figure 2.3.** Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes totaux.

#### 2.2.4. Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteur (Rerjsek, 2002)

La recherche et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices ont été réalisés par la méthode par incorporation en gélose en tubes profonds

-A partir de l'eau à analyser prendre environ 20 ml dans un flacon 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 et reste seulement la forme sporulée des bactéries sulfito-réducteurs.

- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon en question, sous l'eau de robinet (choc thermique);

- Répartir ensuite le contenu de ce flacon, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube;

- Ajouter environ 20 ml de gélose viande foie (voir Annexe 8), fondue puis refroidie à  $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ , additionnée 1 ml d'Alun de fer (voir Annexe 8) et 4 gouttes de Sulfite de sodium et une couche de paraffine (voir Annexe 8) ;

- Mélanger avec précaution et 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;

- L'incubation se fait à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.

#### ➤ Lecture

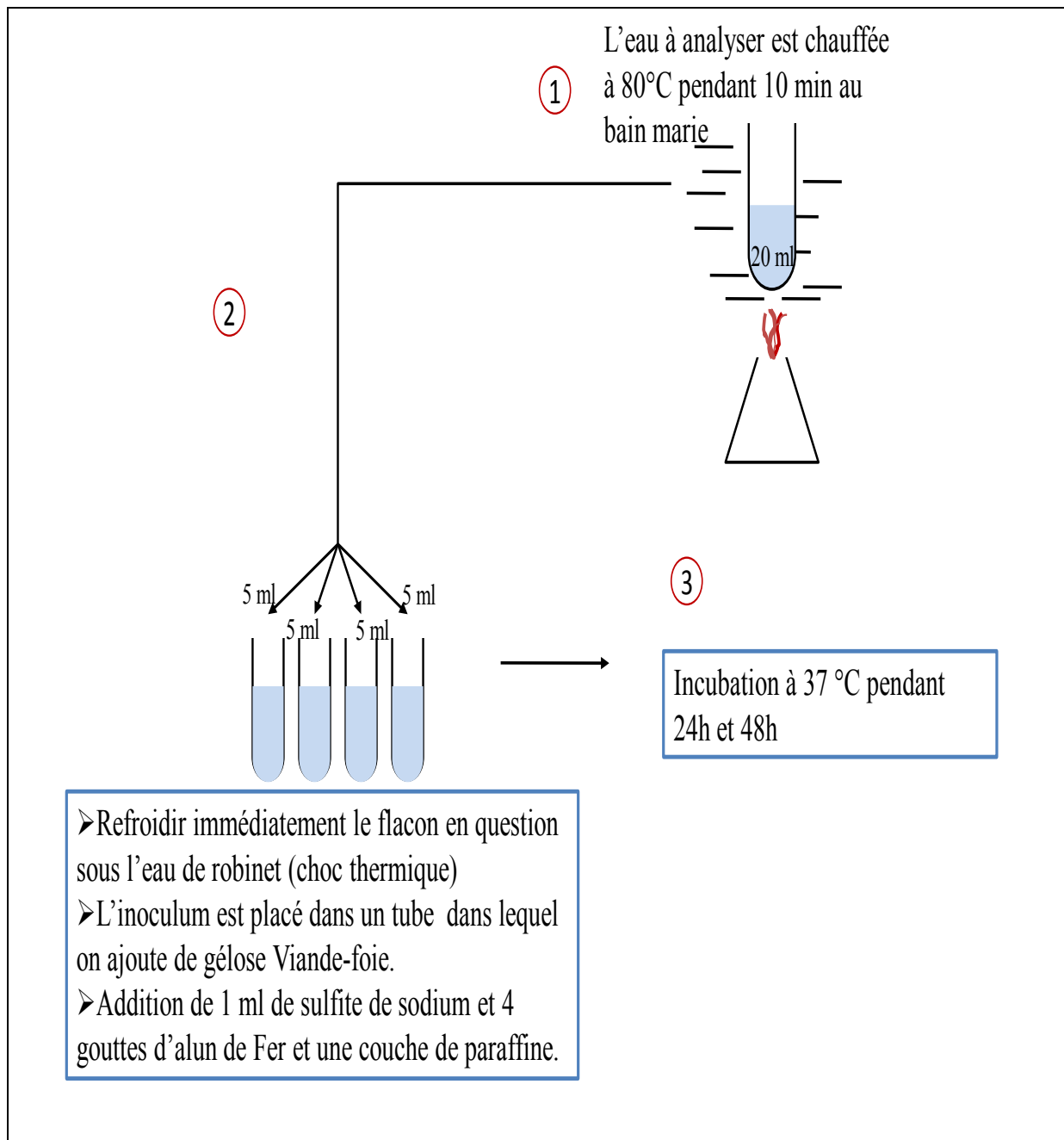
Incubation à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24h à 48h, après la période d'incubation sera considérée comme positif, les tubes contenant des grosses colonies noires entourés de halos noirs, qui correspondent au clostridium sulfito-réducteur.

→ La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-3}$ .

→ La deuxième lecture se fera à 24 heures.

→ La troisième et dernière lecture à 48 heures.

Les résultats sont exprimés par le nombre des clostridium sulfito-réducteurs par 20 ml de l'échantillon à analyser.



**Figure 2.4.** Protocole expérimental de dénombrement des *Clostridium* sulfite-réducteurs.

### 2.3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de présenter le matériel et les méthodes utilisés pour déterminer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux embouteillées.

# **Chapitre 3**

## **Résultats et discussion**

### 3.1 Introduction

Ce travail consiste à caractériser et classer les eaux embouteillées de marques ; Banyane, Bouguez, El-kantara, Manbaa al-ghezlane et Guedila étudiées à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques tel que (pH, Température, Conductivité électrique, résidu sec, calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure, bicarbonate, Ortho phosphates, ammonium, Nitrate et Nitrite, Sulfate, fer) et des paramètres bactériologiques (Germes totaux, Coliformes totaux et fécaux, Streptocoques fécaux, clostridiiums).

### 3.2. Caractérisation physico-chimique et bactériologique

#### 3.2.1. Résultats des analyses physico-chimiques

La réalisation des analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau de laboratoire d'ADE (Algérienne Des Eaux) à Biskra, ainsi qu'au niveau de laboratoire pédagogique de département d'agronomie à l'université de Biskra.

Les résultats de la teneur moyenne des paramètres étudiés des cinq marques (Banyane, Bouguez, EL-kanatra, Manbaa al-ghezlane, Guedila) obtenue durant la période d'étude en allant de mois de décembre vers le mois de février sont présentées ci-dessous

##### 3.2.1.1. La température

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine déclarent Gregorio et Pierre-Marie (2007). La teneur moyenne de la température de nos échantillons est présentée graphiquement à la figure (3.1), Les résultats obtenus sont de l'ordre de 19°C proche de la température du laboratoire, Ce qui nous permet de dire que notre eau suivant les normes algériennes JORA (2011) (voir chapitre 1).

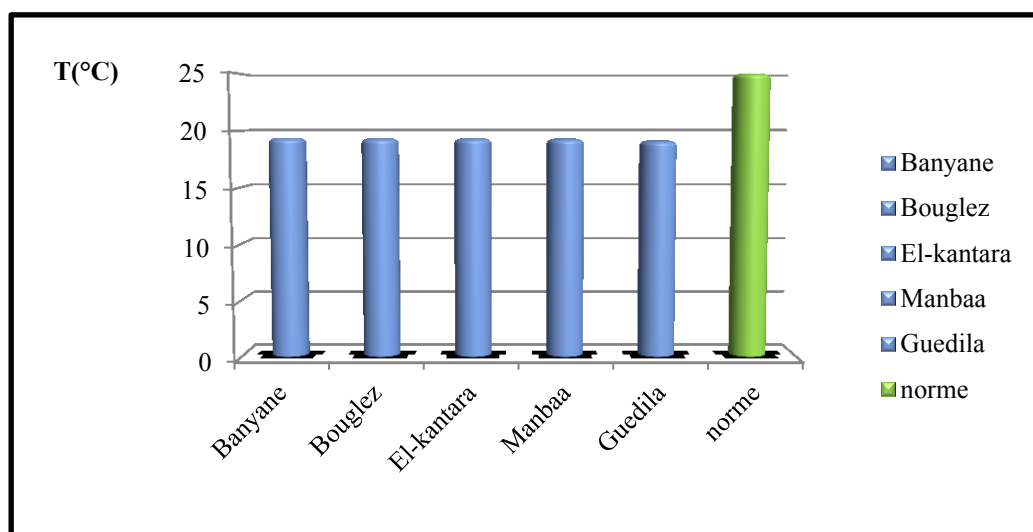
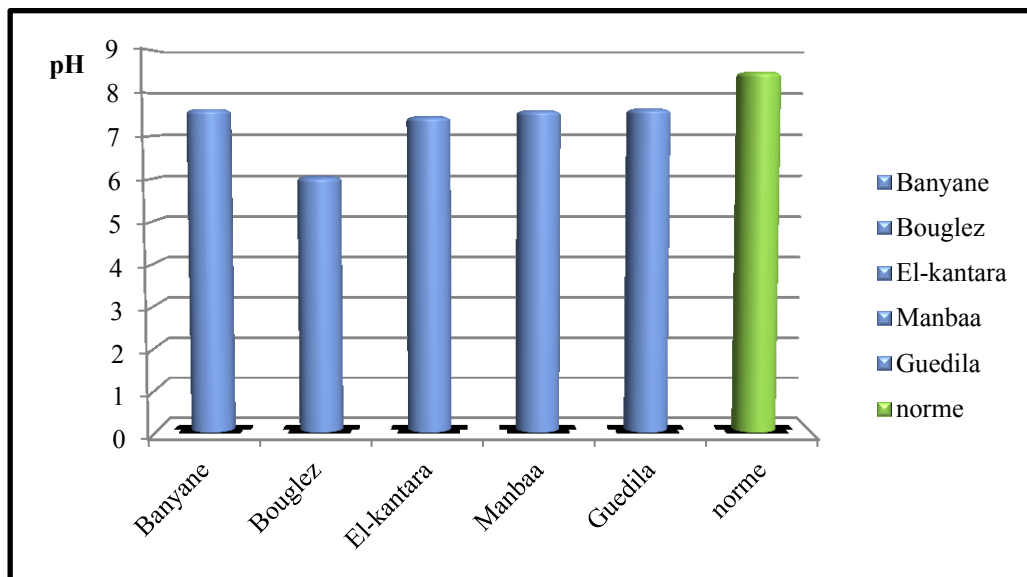


Figure 3.1. Représentation graphique de la teneur en température

### 3.2.1.2. pH

Le pH détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau en mesurant la concentration des ions H<sup>+</sup>, il varie selon une échelle de 0 à 14, Le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût ce qui est confirmé par Bouchemal (2017).

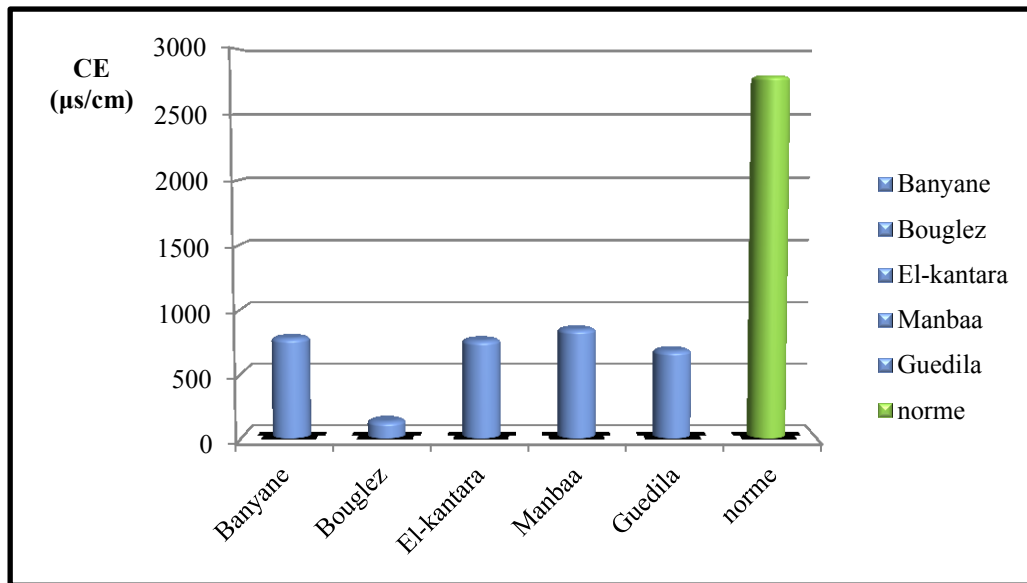
Le résultat enregistré de nos échantillons varie entre 6 et 7.6. Cette valeur respecte la norme Algérienne qui est comprise entre 6,5 et 8,5 (voir figure 3.2) avec une conformité avec les autres résultats obtenus par Hazzab (2011) et Sekiou et Kellil (2014) et Jatou *et al.*, (2018).



**Figure 3.2.** Représentation graphique du teneur en pH

### 3.2.1.3. Conductivité

La conductivité est due à la présence d'ions dans le milieu, et qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (Rejsek, 2002). Les résultats enregistrées varient entre 132 à 852  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (voir Figure 3.3), la valeur maximale 852  $\mu\text{S}/\text{cm}$  enregistrée dans la marque Banyane reste inférieure à la norme algérienne de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  JORA (2011) ; nos résultats sont très inférieure par rapport aux résultats trouvés par Sekiou et Kellil (2014).

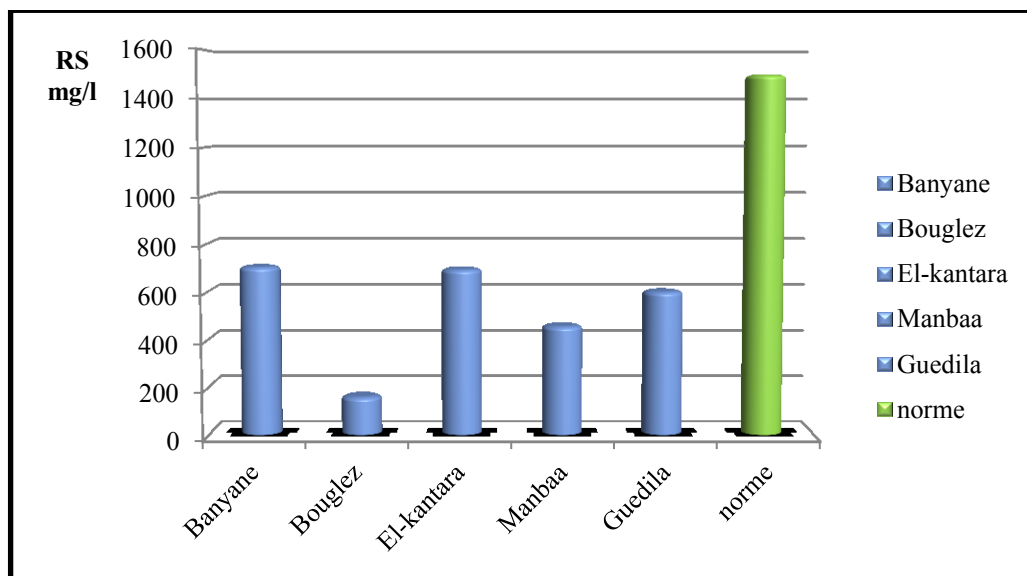


**Figure 3.3.** Représentation graphique du teneur en conductivité

#### 3.2.1.4. Résidus sec

D'après Potelon et Zysman(1998) Les résidus secs constituent un indice représentatif de la minéralisation de l'eau.

La teneur moyenne des résidus sec de nos échantillons (Cinq marques) sont présentée graphiquement à la figure (3.5). Les résultats obtenus varient entre 160 et 706 mg/l, Cette valeur respecte la norme 1500 mg/l (Figure 3.4).

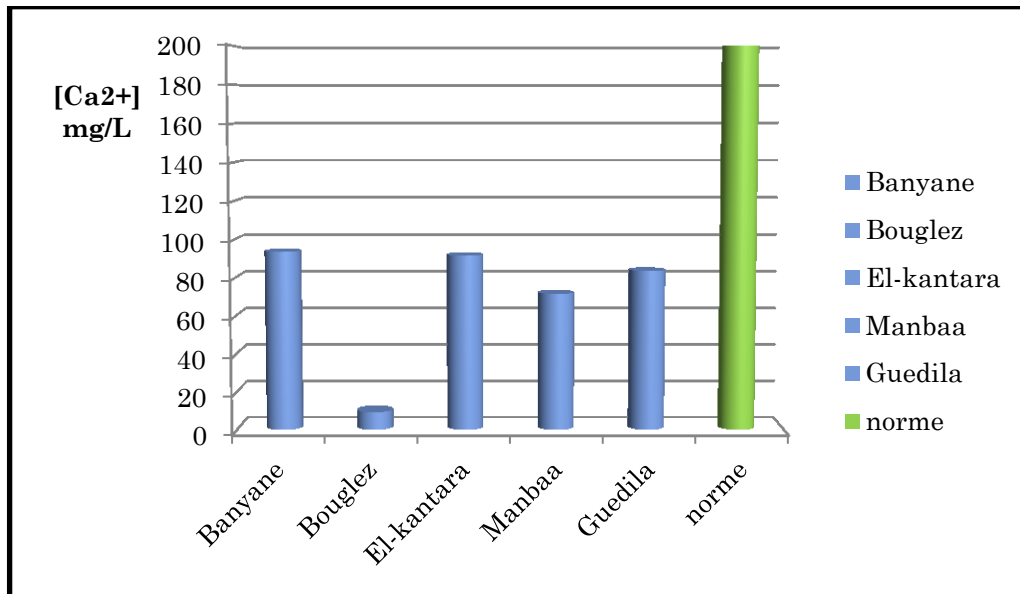


**Figure 3.4.** Représentation graphique du teneur en résidus sec



### 3.2.1.5. Calcium

La concentration moyenne de calcium de nos échantillons varie entre 9 et 93 mg/l (voir Figure 3.5) et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) affirme Bouchemal (2017). Nos résultats sont conformes à la norme algérienne (JORA, 2011) qui fixe une valeur maximale de 200 mg/l, en revanche nos résultats sont inférieurs à celles obtenues par Hazzab (2011) avec des valeurs maximales de 680 mg/l.

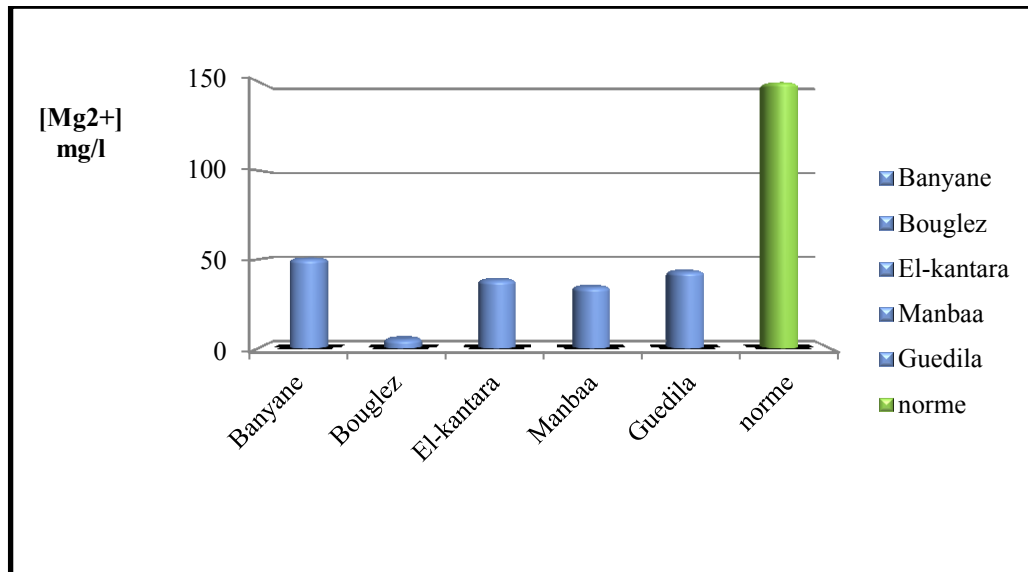


**Figure 3.5.** Représentation graphique de la teneur en calcium

### 3.2.1.6. Magnésium

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance (50% dans les os) et pour la production de certaines hormones (Potelon et Zysman, 1998)

Les mesures de nos échantillons ont donné une concentration en magnésium variant entre 5 et 51 mg/l (voir figure 3.6). Ces valeurs sont en accord avec la norme Algérienne (JORA, 2011) qui fixe une valeur maximale de 150 mg/l. Des résultats similaires ont été trouvés par Sekiou et Kellil (2014), cependant une autre étude réalisée par Hazzab (2011) a révélé que la concentration en magnésium varie entre 5 et 400 mg/l.

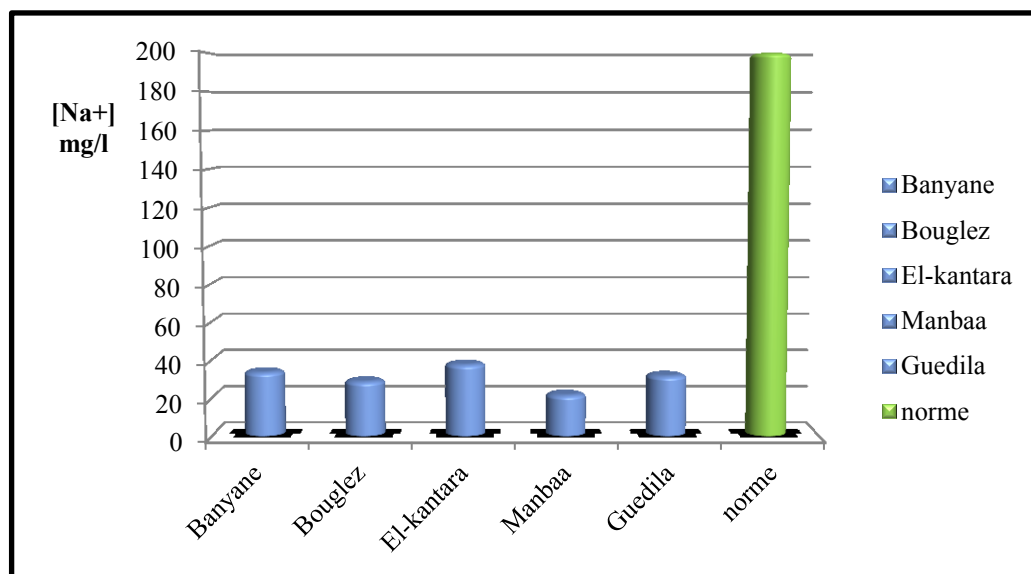


**Figure 3.6.** Représentation graphique du teneur en magnésium

### 3.2.1.7. Sodium

Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles. Il est nécessaire de fournir respectivement à un organisme adulte et enfant 2000 et 200 mg/jour, ce qui est confirmé par Potelon et Zysman (1998).

Les résultats obtenus varient entre 21 et 38 mg/l (voir Figure 3.7), qui sont en accord avec la norme algérienne (JORA, 2011), nos résultats sont supérieurs à celles trouvées par Oyelude et Ahenkorah (2012) ; ainsi que Sekiou et Kellil (2014).

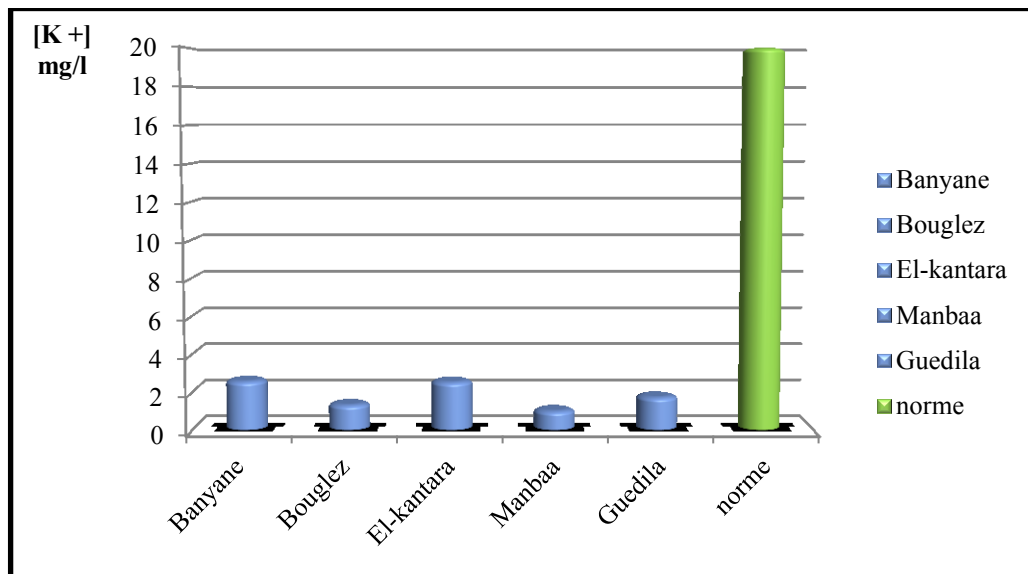


**Figure 3.7.** Représentation graphique du teneur en sodium

#### 4.2.1.8. Potassium

D'après Ayad et Kahoul (2017), Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme (transmission de l'influx nerveux) dont les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 3 à 4 grammes par jour et une déficience peut induire une faiblesse musculaire.

Les résultats obtenus varient entre 1 et 2.6 mg/l (voir Figure 3.8). Ce qui nous permettons de dire que notre eau est dans la norme algérienne (JORA, 2011). Nos résultats sont proches aux résultats trouvés par Sekiou et Kellil (2014), par contre nos résultats sont inférieurs aux résultats obtenus par Hazzab (2011)

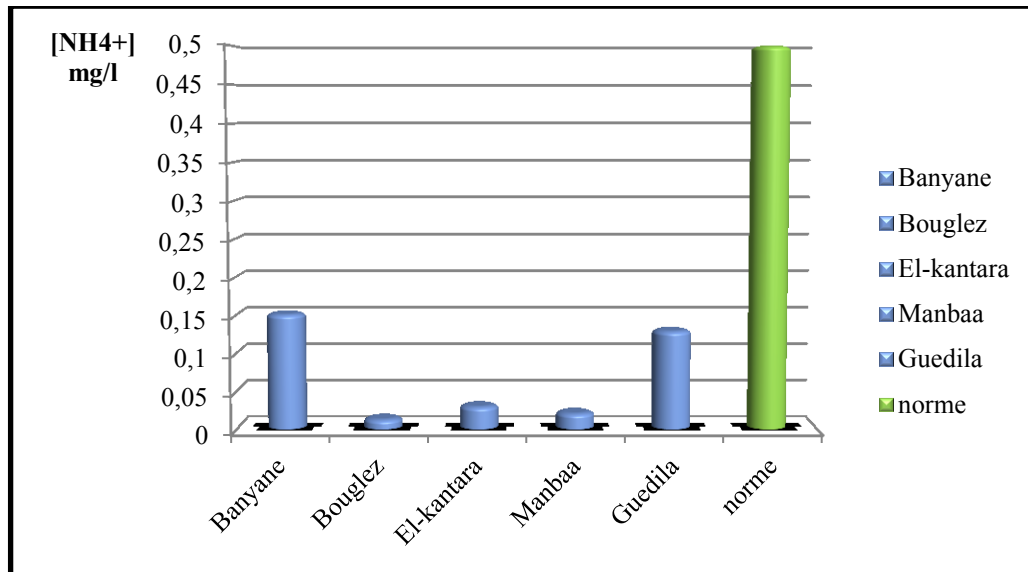


**Figure 3.8.** Représentation graphique du teneur en potassium

#### 3.2.1.9. Ammonium

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution confirme Dembele (2005).

Les résultats obtenus varient entre 0.03 et 0.15 mg/l (voir figure 3.9) qui sont inférieure à la limite maximale 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne (JORA, 2011).

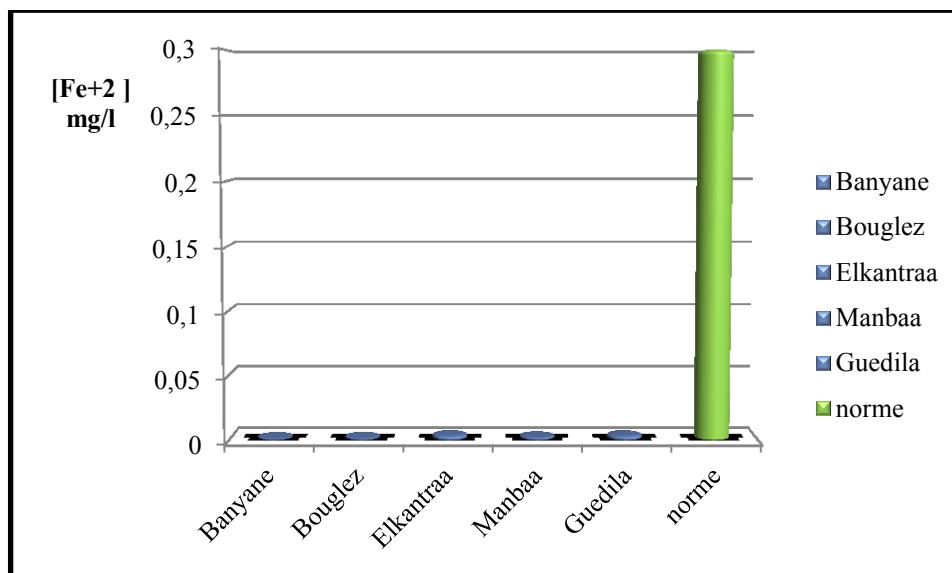


**Figure 3.9.** Représentation graphique de la teneur en ammonium

### 3.2.1.10. Fer

Il se retrouve de manière plus importante dans les eaux souterraines car le fer est un des éléments de la croûte terrestre (Rodier, 2009).

Les résultats obtenus sont négligeable qui varient entre 0.001 et 0.003 mg/l (voir figure 3.10) et ne dépasse pas la valeur maximale 0.3 mg/l fixé par la norme algérienne (JORA, 2011). Nos résultats sont inférieurs aux résultats trouvés par Oyelude et Ahenkorah (2012).



**Figure 3.10.** Représentation graphique de la teneur en fer

### 3.2.1.11. Chlorure

Selon Ayad et Kahoul (2017) Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

Les résultats présentés dans la Figure 3.11 montrent que la teneur moyenne en chlorure varie entre 24 et 40 mg/l qui sont en accord avec la norme algérienne (JORA, 2011) qui fixe 500 mg/l comme valeur maximale. Des résultats similaires ont été trouvés dans les études réalisées par Oyelude et Ahenkorah (2012).

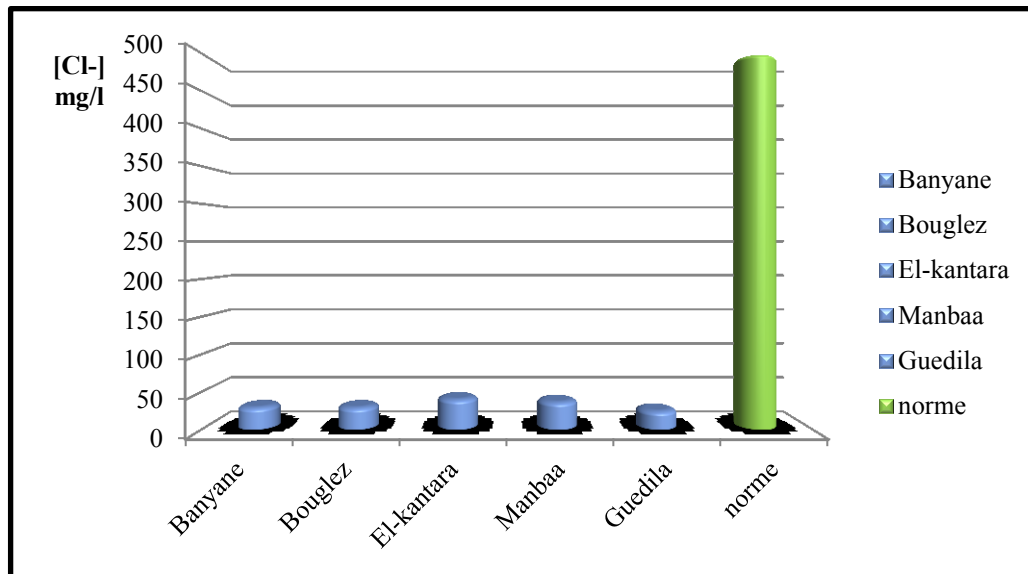
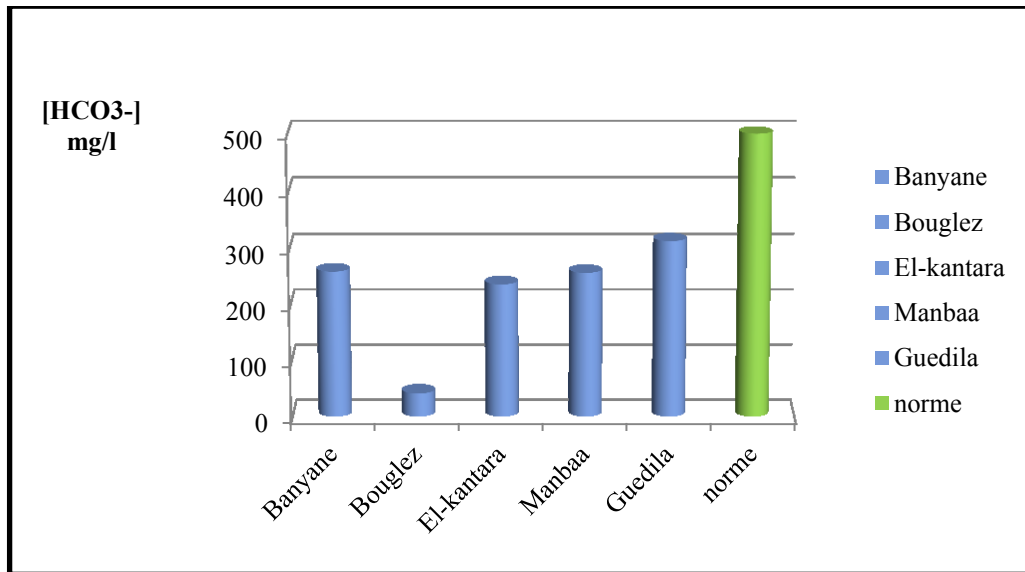


Figure 3.11. Représentation graphique du teneur en chlorure

### 3.2.1.12. Bicarbonate

Les bicarbonates sont d'origines diverses et n'ont pas de rôle prépondérant direct sur la santé confirment Hubert et al(2002). Aucune norme n'est fixée pour ce paramètre concernant les normes de l'eau potable en Algérie.

Les résultats obtenus varient entre 41 et 312 mg/l(voir figure 3.12) ;qui sont en accord avec l'OMS qui fixe 500 mg/l comme valeur maximale. Nos résultats sont supérieurs aux résultats trouvés par (Jatoi et al.,2018).

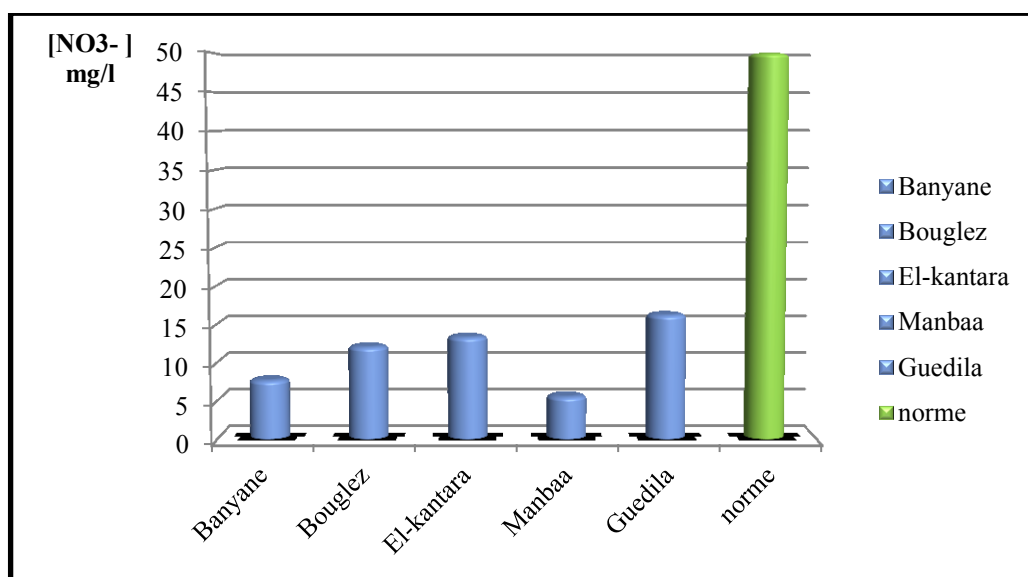


**Figure 3.12.** Représentation graphique du teneur en bicarbonate

### 3.2.1.13. Nitrate

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles déclarent Kahoul et Touhami (2014).

D'après la figure n° 3.13, tous les résultats obtenus qui varie entre 5 et 16 mg/l sont conformes aux normes algériennes (JORA, 2011). Nos résultats sont inférieure à celle trouvés par Sekiou et Kellil (2014) et par Jatoi et *al.* (2018) qui fixent respectivement des valeurs maximales de 30 et 21 mg/l.



**Figure 3.13.** Représentation graphique du teneur en nitrate

### 3.2.1.14. Nitrite

Les nitrites oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine. Inapte à la transformation de l'oxygène des tissus, D'après la figure n° 3.14 les résultats obtenus sont négligeable varient entre 0.001 et 0.006 mg/l sont inférieure à la norme algériennes (JORA, 2011) qui fixent 0.1 mg/l comme valeur maximale. Les concentrations obtenue est comparable à celles rapportées par Sekiou et Kellil (2014).

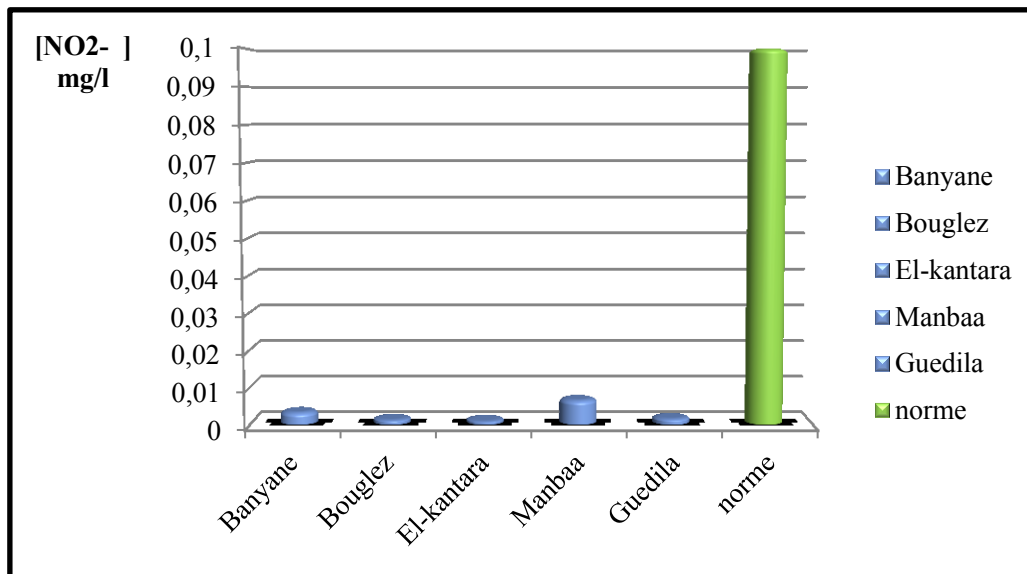


Figure 3.14. Représentation graphique du teneur en nitrite

### 3.2.1.15. Sulfate

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale déclare Dembele (2005).

Les résultats obtenus varient entre 31 et 153 mg/l (voir figure 3.15), répard au limite maximale 400 mg/l fixée par la norme algérienne (JORA, 2011). Nos résultats sont supérieurs à celles trouvés par Oyelude et Ahenkorah (2012), et dans la fourchette des résultats trouvés par Hazzab (2011)

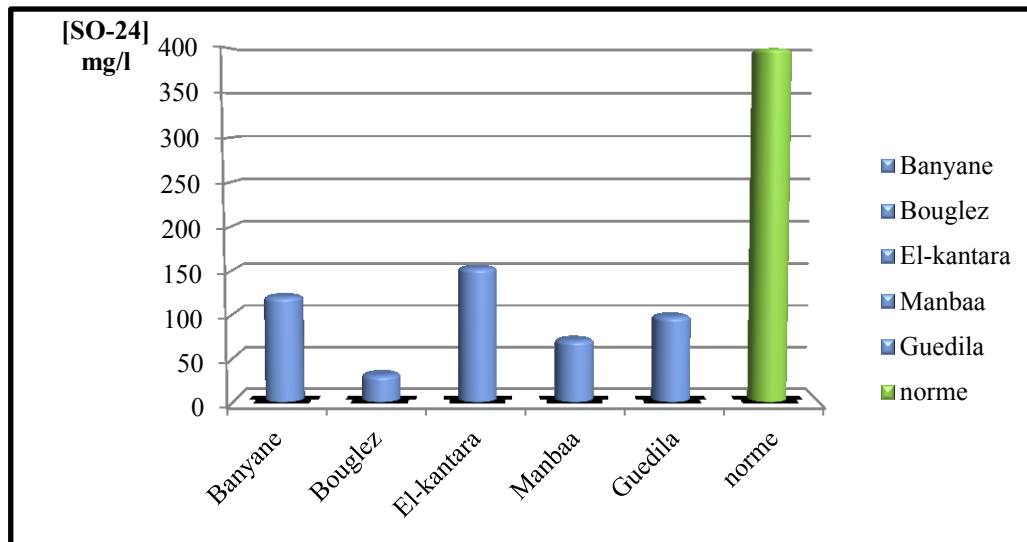


Figure 3.15. Représentation graphique du teneur en Sulfate

### 3.2.1.16. Ortho phosphate

Les phosphates dégradent les qualités organoleptiques de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur) confirme Dembele (2005).

Les résultats obtenus varient entre 0.01 et 0.03 mg/l (voir figure 3.16), Les concentrations en orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) enregistrées sont très faibles, et conforme à la norme algérienne (JORA, 2011) qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.

Cependant une autre étude réalisée au Ghana par Oyelude et Ahenkorah (2012) a révélé que la concentration en orthophosphates supérieure à la norme

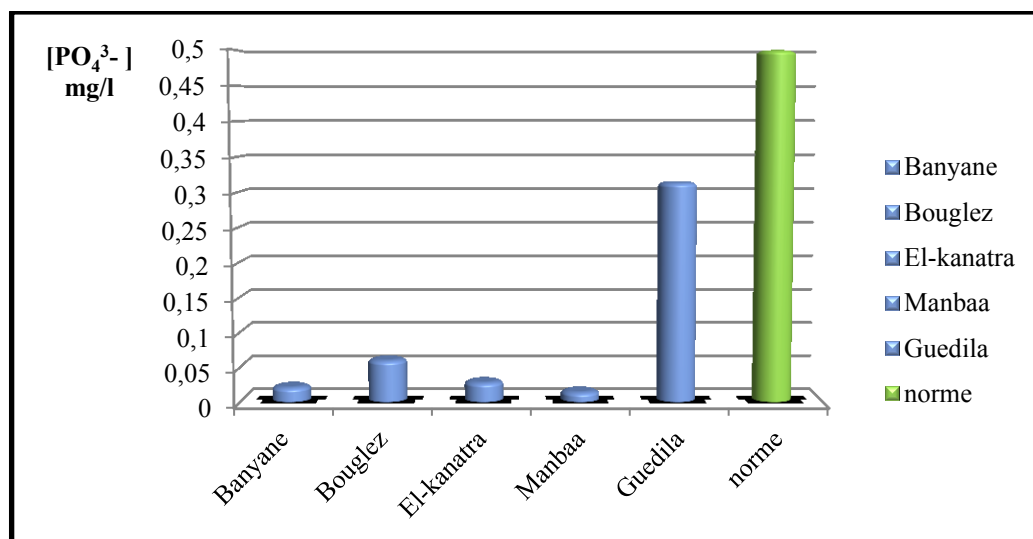


Figure 3.16. Représentation graphique du teneur en orthophosphate

### 3.2.2. Résultats des analyses bactériologiques



Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de laboratoire d'hygiène et de prévention qui consiste à la recherche des Germes totaux, Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridiiums sulfitoréducteurs

L'appréciation de la qualité bactériologique des eaux embouteillées a été suivie par le biais de l'analyse des paramètres étudiés des cirques marques (Banyaane, Bougulez, EL-kantara, Manbaa al-ghezlane, Guedila) obtenue durant la période d'étude en allant de mois de décembre 2018 vers le mois de février 2019 sont présentées ci-dessous (Tableau 3.1 ).

**Tableau 3.1.**Résultats des analyses bactériologiques

Paramètre	Banyaane	Bougulez	El-kantara	Manbaa	Guedila	Norme
Germes totaux	$6.28 \times 10^2$	$4.33 \times 10^3$	$5.28 \times 10^3$	$9.306 \times 10^3$	$14.738 \times 10^3$	20
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0
streptocoque fécaux	0	0	0	0	0	0
Clostridium	0	0	0	0	0	0

### 3.2.2.1. Les germes totaux

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable (Ayad et Kahoul, 2017).

Le test effectué pour la recherche des germes revivifiables est montré la formation des colonies lenticulaires en masse (voir la figure 3.17).



**Figure 3.17.** Milieu TGEA après incubation

Une fois la présence des germes a été identifiée, on effectue ensuite le dénombrement (le calcul du nombre des microorganismes présents) de chaque germe au niveau de ce point de prélèvement.

Les résultats trouvés dépassent le seuil de 20 Germes/ml fixé par la réglementation Algérienne (JORA, 2011), sont non satisfaisante, La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des sources, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène ce qui est confirmé par Ayad et Kahoul (2017).

#### **3.2.2.2. Les coliformes totaux et fécaux**

Selon les réglementations Algérienne (JORA, 2011), une eau destinée à la Consommation humaine ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml.

Les résultats des analyses de l'eau embouteillées confirment une absence totale des coliformes totaux et fécaux. Les résultats obtenus comparable à celles rapportées par Singla *et al.* (2014) en Inde et Joseph *et al.* (2018).

#### **3.2.2.3. Les streptocoques fécaux**

La réglementation de notre pays (JORA, 2011) exclue impérativement la présence des Streptocoques fécaux dans 100 ml. C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté l'absence totale des streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.

#### **3.2.2.4. Les clostridium sulfite-réducteurs**

Ce test permet de mettre en évidence une pollution fécale ancienne. Selon la réglementation algérienne, une eau potable ne doit pas contenir des clostridium sulfite-réducteurs dans 20 ml qui sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. Et l'absence de colonies entourées d'un halo noire dans répond aux normes Algérienne, C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté l'absence totale des streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.

### **4. 3. Classification qualitatif des eaux**

La classification des eaux minérales naturelles peut se faire en se basant sur différents critères, à savoir principalement :

- Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction de la minéralisation
- Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction propriétés hydrochimiques.

#### 4.3.1. Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction de la minéralisation

La minéralisation d'une eau représente la quantité totale de sels dissous exprimée en milligrammes par litre d'eau. Le résidu sec à 180°C est un bon témoin de la teneur en sels minéraux.

**Tableau 3.2.** Classification des eaux minérales et eaux de sources en fonction de la composition ionique

Classe d'eau	La marque
Eaux faiblement minéralisé Résidu sec $\leq 50$ mg/l	–
Eaux oligo-minérale 50 mg/l < Résidu sec $\leq 500$ mg/l	Bougulez Manbaaal-ghezlane
Eaux modérément minéralisées 500 mg/l $\leq$ Résidus sec $\leq 1500$ mg/l	Banyaane El-kantara Guedila
Eaux riche en sel minéraux Résidus sec $\geq 1500$ mg/l	–

Concernant la minéralisation de l'eau, les marques Banyaane, El-kantara, Guedila présentent une minéralisation moyenne ( $> 500$  et  $\leq 1500$  mg/l). Alors que Les deux autres marques (Bougulez, Manbaa al-ghezlane), présentent une classe oligo-minérale ( $> 50$  et  $\leq 500$  mg/l).

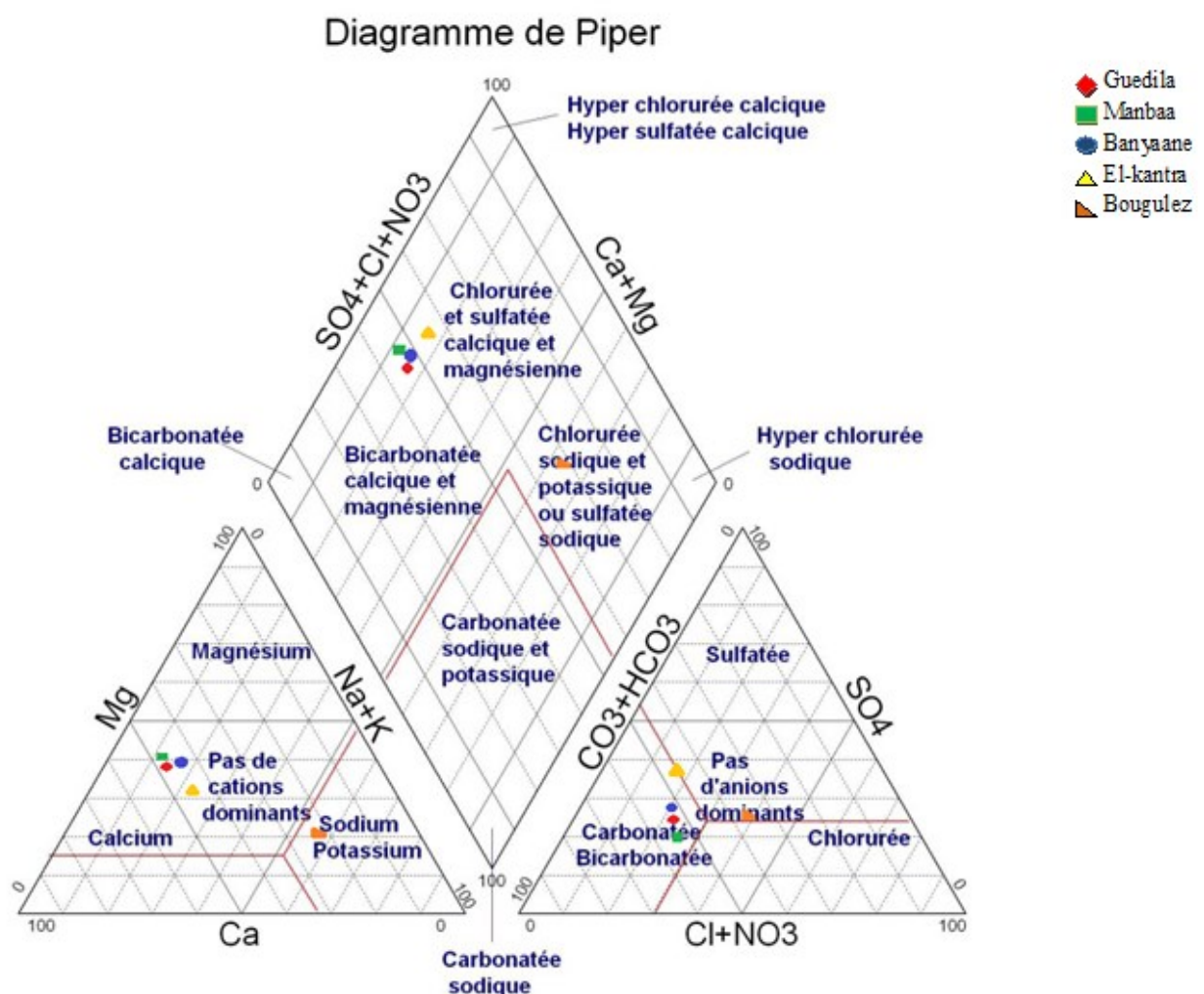
#### 4.3.2. Classification des eaux minérales et eau de sources en fonction des propriétés hydro chimiques

Dans le but de bien identifier les faciès hydrochimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux étudiées, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avèrent outil indispensable. Pour atteindre cet objectif, nous avons eu recours au diagramme de Piper. L'établissement de ces diagrammes a été fait en utilisant le logiciel Diagrammes, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon). Selon Srivastava et Ramanathan (2008), c'est un logiciel d'hydrochimie en distribution libre facilitant l'exploitation d'analyse d'eau pour la détermination du faciès chimique, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et d'anions dominants. Avant toute utilisation des données hydrochimiques, il faut vérifier la validité des résultats, pour cela, on dispose de plusieurs outils de validation dont le plus célèbre est la méthode de « **la balance ionique** ». Elle est basée sur le principe que tous les éléments

dissouts présents dans l'eau ont fait l'objet d'une première vérification par l'analyse de la balance ionique selon la formule suivante :

$$\text{Balance ionique (en \%)} = (\sum \text{cations} - \sum \text{anions}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) * 100 \text{ en meq/l.}$$

La limite pour une analyse exploitable est fixée à un écart maximal de 10% et qui est une erreur acceptable ce qui est confirmé par Sekiou et Kellil (2014).



**Figure 3.18.** Diagramme de piper des eaux minérales naturelles et eaux de sources

La représentation des données d'analyse des eaux minérales et eaux de sources en Algérie sur le diagramme de Piper indique qu'il y a peu de diversité (voir figure 19), La majorité des eaux (Banyaane, Guedila, Manbaa al-ghezlane) sont du type bicarbonaté calcique et magnésien, Les résultats obtenus est comparable à celles rapportées par hazzab

(2011), par contre la marque El-kantara est de type chlorurées et sulfaté calcique et magnésienne, alors que la marque Bouglez présente une facies de type chloruré sodique potassique ou sulfaté sodique.

#### 4.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressé de présenter nos résultats, de les comparés avec la norme Algérienne et avec d'autres résultats des travaux antérieurs obtenus on peut conclure que notre eau est de bonne qualité physico-chimique et microbiologique.

Concernant la minéralisation de l'eau, les marques Banyaane, El-kantara, Guedila présentent une minéralisation moyenne ( $> 500$  et  $\leq 1500$  mg/l). Alors que Les deux autres marques (Bougulez, Manbaaal-ghezlane), présentent une classe oligo-minérale ( $> 50$  et  $\leq 500$  mg/l).

Après le diagramme de Piper, nous constatons que la majorité des eaux (Banyaane, Guedila, Manbaa al-ghezlane) sont du type bicarbonaté calcique et magnésien, par contre la marque El-kantara est de type chlorurées et sulfaté calcique et magnésienne, alors que la marque Bouglez présente un facies de type chloruré sodique potassique ou sulfaté sodique.

# **Conclusion générale**

La bonne qualité de l'eau consommée par les humains constitue un élément très important pour la protection de la santé publique. Le thème de ce travail entre dans le cadre d'évaluer et de classer cinq marques d'eaux embouteillés.

L'étude que nous avons entre prise nous a permis d'apporter notre contribution à la connaissance de la qualité physico-chimique et bactériologique des marques d'eau embouteillée étudiées et nous avons constaté à travers nos différents résultats physico-chimiques obtenus que ces eaux étudiées ont une bonne qualité du fait que les cations ainsi que les anions majeurs ont des concentrations conformes aux normes de potabilité avec une minéralisation faible pour les marques (Bouguez Manbaa al-ghezlane) à moyenne pour les marques (Baniane, El-kantara, Guedila).

Après l'analyse de diagramme de piper nous avons conclu que La majorité des eaux (Baniane, Guedila, Manbaa al-ghezlane) sont de type bicarbonaté calcique et magnésien, par contre la marque El-kantara est de type chlorurées et sulfaté calcique et magnésienne, alors que la marque Bouguez présente un faciès de type chloruré sodique potassique ou sulfaté sodique.

Sur le plan bactériologiques des mêmes échantillons ont révélés l'absence totale des germes pathogènes tel que les coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les clostridiums sulfito-réducteur, alors que les germes totaux sont présent avec une concentration qui dépassent la norme Algérienne.

Nos perspectives vont vers le dosage d'autres paramètres tels les métaux lourds pour compléter le diagnostic sur le plan physico-chimique, un suivi de la qualité des eaux embouteillées dès la source jusqu'au produit final sera une ébauche importante pour mieux comprendre les points où la contamination a été menée.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandant d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de sa qualité, Notre préoccupation majeure est de répondre à la demande des consommateurs et de maîtriser la qualité de l'eau potable au cours de son trajet depuis la source vers les bouteilles, au niveau duquel l'eau doit préserver sa qualité d'eau potable. Il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes:

- ✓ Protection de la source.

- ✓ Bon entretien et nettoyage des réservoirs de stockage et des réseaux de distribution.
- ✓ Le bon choix de la matière plastique utilisée dans les bouteilles
- ✓ Renforcement de la surveillance de la qualité de l'eau.
- ✓ Recrutement des spécialistes avec la formation pratique.
- ✓ Exiger aux employeurs des usines des eaux embouteillées l'hygiène pour éviter toute contamination externe.
- ✓ Conservées dans des endroits frais à l'intérieur des magasins, loin de la chaleur.



# **Références bibliographiques**

**A...**

- ❖ Ayad W., et Kahoul M.2017. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch: Microbiologie appliquée. Thèse de doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba, 156 p.
- ❖ Aubert G., 1978. Méthode d'analyse des sols. FAO, France, 191 p.

**B...**

- ❖ Belhomsa A., Sibari M., Kherrati I., El Madhi Y., Belghyti D., et El Kharrim K. 2017. Recherche des Levures et des Moisissures dans les Eaux Conditionnées et Contrôle de la Qualité Marchande Selon Les Conditions de Stockage Maroc. Agro-Physiologie, Biotechnologie, Environnement et Qualité(109): 19-25.
- ❖ Belghiti M. L., Chalaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R. 2013. Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès.Biologie(14):1112-3680.
- ❖ Bouchemal F. 2017. Diagnostic de la qualité des eaux souterraines et superficielles de la région de Biskra: Hydraulique. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, 179 p.

**D...**

- ❖ Dembele, M. (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM. Sa dans la ville de BAMAKO:Médecine de pharmacie et d'odonto-stomatologie. Thèse de doctorat, Université de Bamako, 77 p.

**J...**

- ❖ Jatoi A. R., JakhraniA. Q., Mukwana, K. C., Laghari, A. N., et Tunio, M. M. 2018. Study of Physicochemical Properties of Commercial Drinking Bottled Water Brands. Engineering Technology et Applied Science Research 8(6): 3576-3579.
- ❖ John P. et Donald A. 2010. Microbiologique. 3ème Edition, 1216 p.
- ❖ Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). 2011. Décret exécutif n° 11-125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Imprimerie Officielle. Les Vergers: Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie

**H...**

❖ Hazzab A. 2011. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. *Hydrologie, environnement* 343(1): 20-31

❖ Hubert J., Hubert C., Jungers P., Daudon M., et Hartemann P. 2002. Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique. *Urologie*. 12(4): 692-699

**G...**

❖ Gangil R., Tripathi R., Patyal A., Dutta P., et Mathur K. N. 2013. Bacteriological evaluation of ackaged bottled water sold at Jaipur city and its public health significance. *Veterinary* 6(1) :27

**K...**

❖ Kahoul M. et Touhami M. 2014. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba. *Hydraulique* (19) : 1112-3680.

**M...**

❖ Maraza Z. 2015. Etude de l'effet de différents coagulants et adsorbants sur la qualité de l'eau potable de la station de Skikda: science de la matière .Thèse doctorat, Université 20 Août 1955, Skikda, 181 p.

**O...**

❖ OMS. 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3<sup>ème</sup> édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

❖ Oyelude E. O. et Ahenkorah S. 2012. Quality of sachet water and bottled water in Bolgatanga municipality of Ghana. *Applied Sciences, Engineering and Technology*4(9): 1094-1098.

**P...**

❖ Potelon J. L et Zysman .K. 1998. Le guide des analyses de l'eau potable. Édition : La lettre du cadre territorial S.E.P.T, pp. 89-119

**R...**

❖ Rasmussen H. et Rouleau A. 2003. Guide de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine: Centre d'étude sur les ressources minérales, Université de Québec à Chicoutimi, 182 p.

❖ Rejsek F. 2002. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine. France. 358 p.

❖ Rodier J., Legube B., Merlet N. 2009. L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, 1579 p.

**S...**

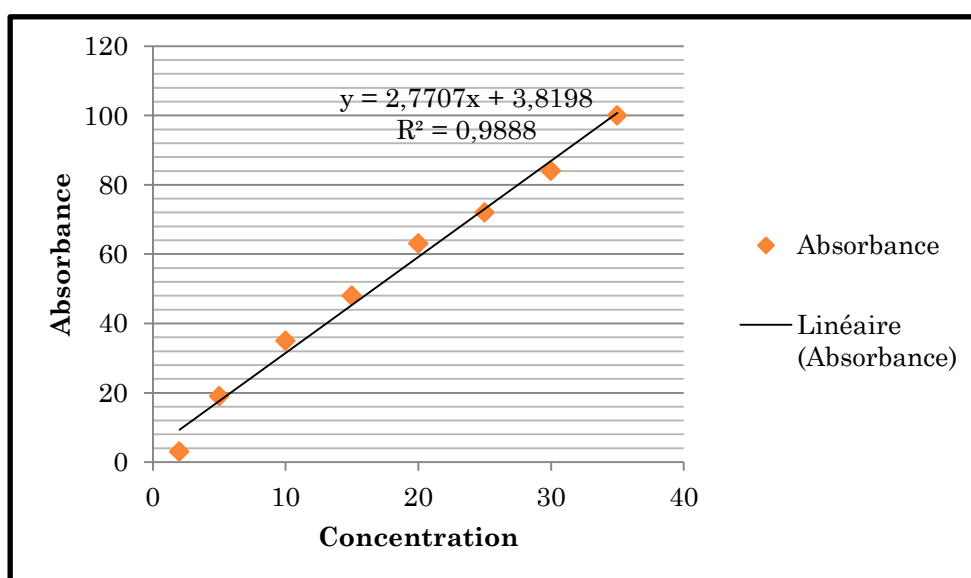
- ❖ Saleh M. A., Ewane E., Jones J., Wilson B. L. 2001. Chemical evaluation of commercial bottled drinking water from Egypt, *Journal of Food Composition and Analysis*: (14): 127-152.
  
- ❖ Sedrati N. 2011. Origines et caractéristiques physico-chimique des eaux de la wilaya de BISKRA : Hydraulique. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 252 p.
  
- ❖ Sekiou F., et Kellil A. 2014. Caractérisation et classification empirique graphique et statistique multivariable d'eaux de source embouteillée de l'Algérie. *Hydraulique* (20): 1112-3680.
  
- ❖ Semerjian L. A. 2011. Quality assessment of various bottled waters marketed in Lebanon. *Environmental monitoring and assessment* 172(1-4): 275-285.
  
- ❖ Singla A., Kundu H., Basavaraj P., Singh S., Singh K., et Jain S. 2014. Physico-chemical and bacterial evaluation of packaged drinking water marketed in Delhi. potential public health implications 8(3): 246.
  
- ❖ Sghaier T. et Abdallah M. 2018. Comparative study of the physicochemical composition of twenty packaged water brands marketed in Tunisia Etude comparative de la composition physico-chimique de vingt marques d'eaux conditionnées et commercialisées en Tunisie. *Génie Rural, Eaux et Forêts* 56 (3): 2286-5314.
  
- ❖ Srivastava S. K. et Ramanathan A. L. 2008. Geochemical assessment of groundwater quality in vicinity of Bhalswa landfill, Delhi, India, using graphical and multivariate statistical methods. *Environmental Geology* 53(7): 1509-1528.

# **Annexes**

## Annexe 1

Courbe d'étalonnage de potassium

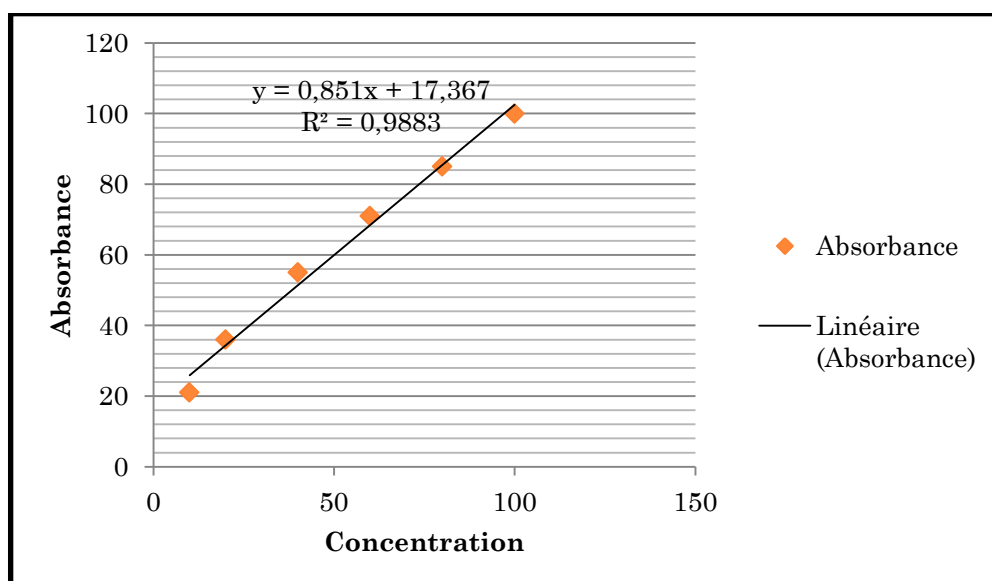
Ppm	2	5	10	15	20	25	30	35
Absorbance	3	19	35	48	63	72	84	100



## Annexe 2

Courbe d'étalonnage de sodium

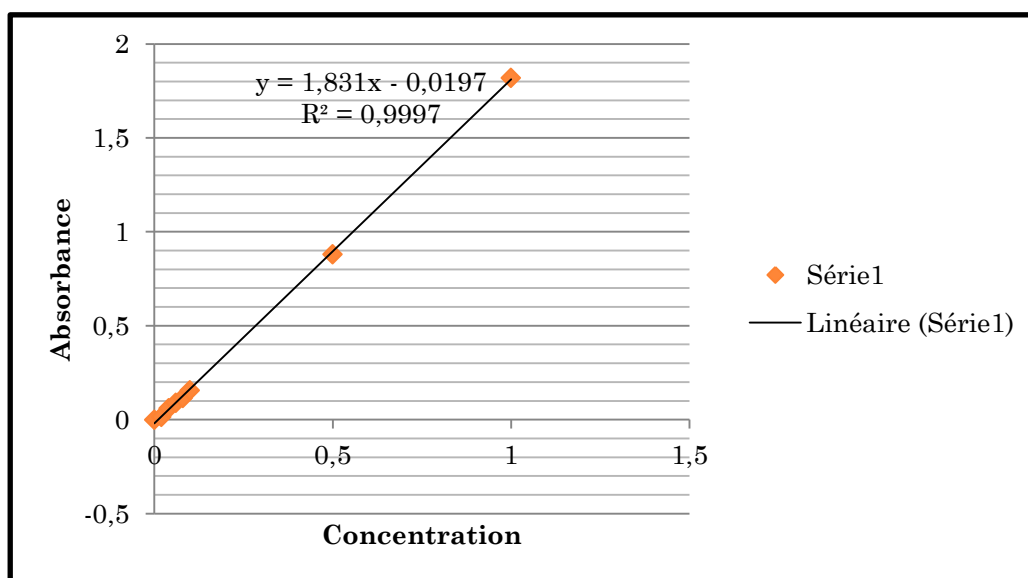
Ppm	10	20	40	60	80	100
Absorbance	21	36	55	71	85	100



## Annexe 3

Courbe d'étalonnage d'ammonium

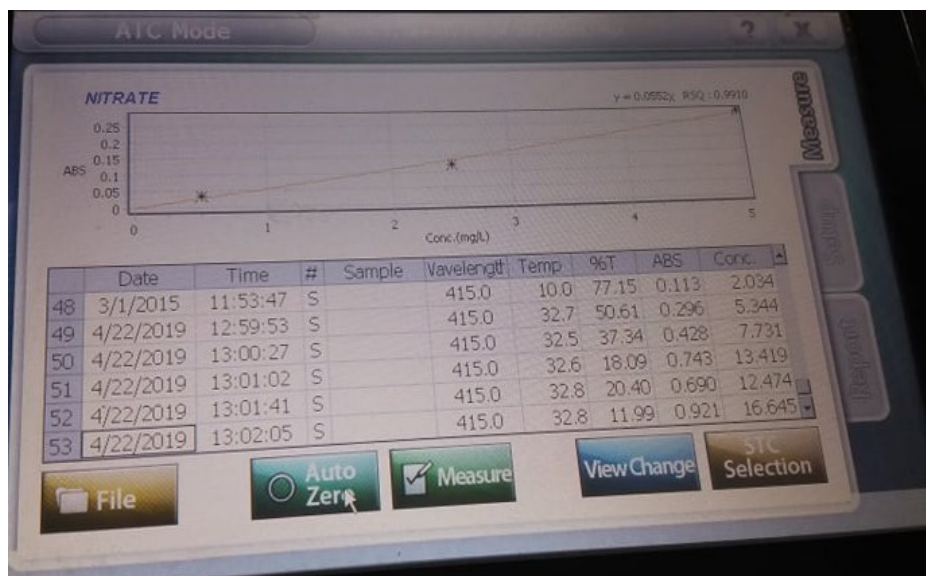
Solution fille 1 mg/l	0	1	2	3	4	5	25	50
Eau distillée (ml)	50	49	48	47	46	45	25	0
Réactif coloré (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Réactif de dichloroisocyanurate (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Attendre au moins 60 mn								
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] en mg/l	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,5	1
Absorbance	0	0,015	0,06	0,09	0,115	0,157	0,881	1,82



## Annexe 4

Courbe d'étalonnage de nitrate

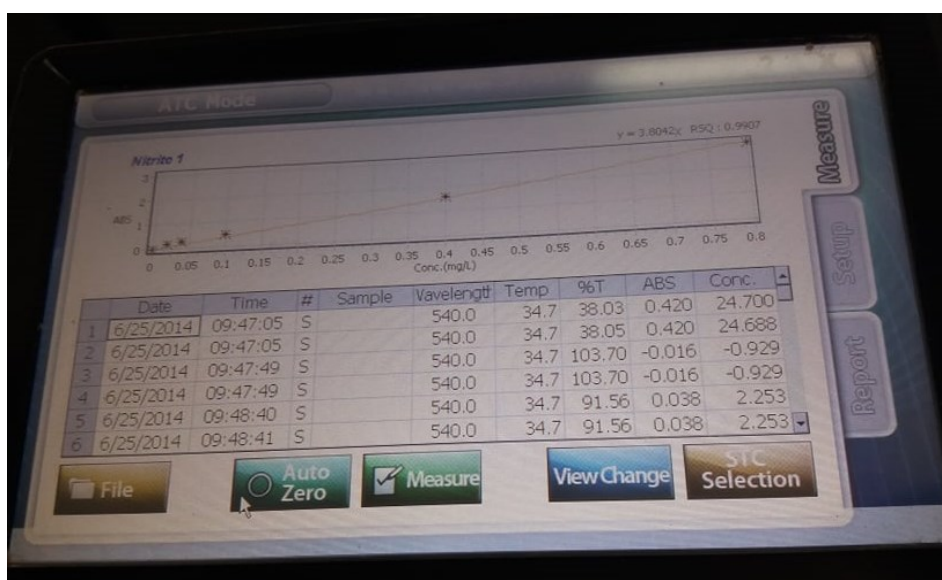
N° des capsules	0	1	2	3	4	5	6
Solution fille de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> à 10mg/l (ml)	0	1	2	4	6	8	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	6	4	2	0
Correspondance en mg/l de nitrates	0	1	2	4	6	8	10
Na OH 0 30%	3 gouttes						
Solution de Salicylate de Na (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Evaporation à sec à 80°C							
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentré (ml)	2	2	2	2	2	2	2
Laisser reposer 10 min							
Tartrate double de Na et K (ml)	15	15	15	15	15	15	15



## Annexe 5

## Courbe d'étalonnage de nitrite

Solutions filles 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 20 mn						
[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] en mg/l	0	0,02	0,04	0,1	0,4	0,8

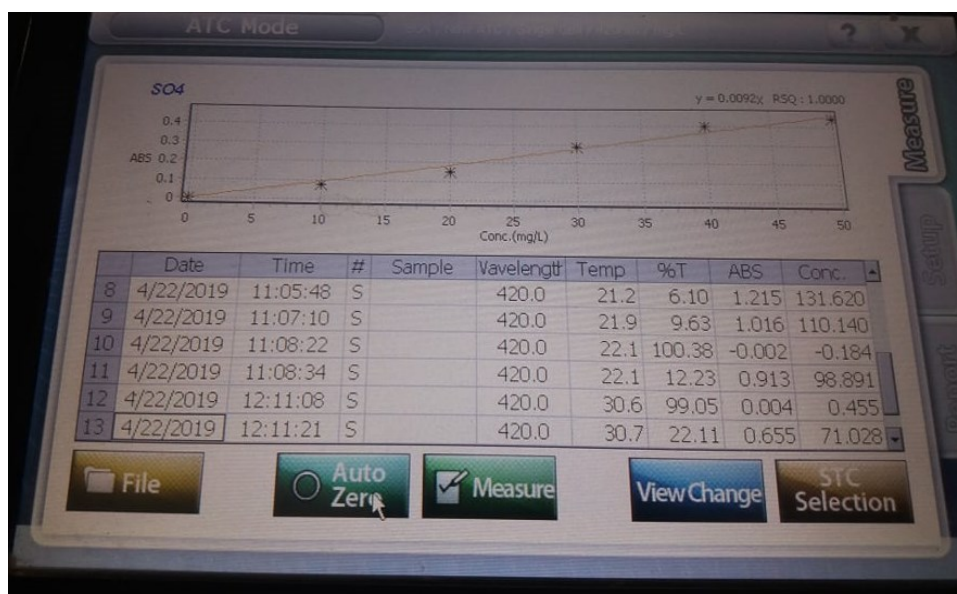




## Annexe 6

**Courbe d'étalonnage de sulfate**

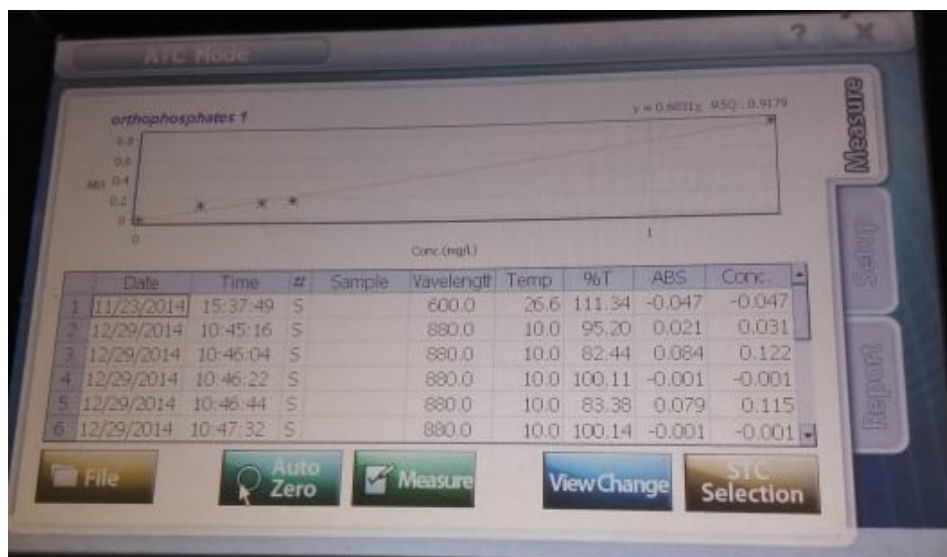
N° Fiole	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution mère à 1 g/l (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7
Eau distillée (mL)	100	99	98	97	96	95	94	93
Solution stabilisante (mL)	5	5	5	5	5	5	5	5
Agiter énergiquement pendant 1 mn.								
Solution BaCl 2 (mL)	2	2	2	2	2	2	2	2
Agiter énergiquement pendant 10mn								
Conc. Finale en SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> en mg/L	0	10	20	30	40	50	60	70



## Annexe 7

**Courbe d'étalonnage d'orthophosphate**

N° Fiole	0	1	2	3	4	5	6
S.fille à 2.0 mg/l P (mL)	0	0,8	1,6	2	4	6	8
40 ml eau distillée (mL)	40	39,2	38,4	38	36	34	32
Conc. mg/l en P	0	0,04	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4
Conc. mg/l en PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0,1224	0,2448	0,306	0,612	0,918	1,224
Acide ascorbique (mL)	1	1	1	1	1	1	1
Réactif –mélange (mL)	2	2	2	2	2	2	2
50 ml eau distillée en mL	7	7	7	7	7	7	7



## Annexe 8

### Composition des milieux de culture

- **Gélose à l'extrait de levure TGEA en g/l d'eau distillée (Rejseck, 2002)**

Composition	g/l
Tryptone (peptone de caséine, pancré)	6
Extrait de levure déshydraté	3
Gélose en poudre ou en paillettes	10 20 ( en fonction de pouvoir gélifiant)

- ✓ pH final:7

- **Milieu de ROTHE (milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée (Rejseck, 2002)**

Composition	Milieu S/C (g/l)	Milieu D/C
Extrait de viande de bœuf	4.5	9
Tryptone	15	30
Glucose	7.5	15
Chlorure de sodium(NaCl)	7.5	15
Azoture de sodium	0.2	0.4

- ✓ pH final : 6.8-7, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

- ✓ **Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre, (BCPL milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée pH final : 6,9 ± 0,2**

Composition	Milieu S/C	Milieu D/C
Peptone	5	10
Extrait de Viande	2	4
Lactose	5	10
Pourpre de bromocrésol	0.025	0.05

➤ **Milieu Litsky (EVA Litsky) en g/l d'eau distillée**

Composition	g/l
Peptone	20
Glucose	5
chlorure de sodium	5
Phosphate dipotassique	2,7
Phosphate monopotassique	2,7
Azothydrate de sodium	0,3
Ethyl violet	0,0005

✓ pH final : 6.8 –7, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes.

➤ **Milieu indole -mannitol (SCHUBERT)**

Composition	g/l
Tryptophane	0,2
Acide glutamique	0,2
Sulfate de magnésium	0,7
Sulfate d'ammoniu	0,4
Citrate de sodiu	0,5
Chlorure de sodiu	2
Tryptoneoxo	10
Mannito	7,5
Eau distillé	500 ml
Tampon phosphate pH 7,6	500 ml

✓ pH final : 7.6

➤ **Gélose viande-foie en g/l d'eau distillée (REJSECK, 2002)**

Composition	g/l
Base viande-foie	30
Glucose	2
Amidon	2
Agar	11 à 18

✓ pH final : 7,6 ± 0,2

➤ **Sulfite de sodium à 10% :**

-Dissoudre 10g de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (anhydre) dans 100ml d'eau distillée stérile.

➤ **Alun de Fer à 5%:**

-Dissoudre 5 g de citrate ammoniacal (alun de fer) dans 100 ml d'eau distillée stérile, L'alun de fer ne doit pas être chauffé. L'eau doit être stérile ainsi que le flacon.

## Annexe 9

**La table de Mac Grady NPP Extrait de la norme NFT 90-400**

<b>Nombre de tubes donnant un résultat positif</b>			<b>Indice NPP</b>
<b>3 tubes de 10 ml</b>	<b>3 tubes de 1 ml</b>	<b>3 tubes de 0,1 ml</b>	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	29
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	190
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

## ملخص

الماء هو الحياة. تعد النوعية الجيدة للمياه المعبأة في قارورات عنصرا هاما لحماية الصحة العامة. ولتقييم جودة هذه المياه المخصصة للاستهلاك البشري، تم إجراء فحص فيزيائي وكيميائي على العلامات التجارية الخمسة (بانيان، بوقلاز، القنطرة، منبع الغزلان، وقديلة). كشفت نتائج التحليل المنجزة أن هذه المياه ذات جودة فيزيائية كيميائية جيدة مع تمعدن متوسط للعلامات (بانيان، القنطرة، قديلة) إلى منخفض للعلامات التجارية (بوقلاز، منبع الغزلان)، ولديها ثلاث سحنات كيميائية مختلفة. المياه ذات العلامات التجارية (بانيان، قديلة، منبع الغزلان) هي من نوع كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، في حين أن العلامة التجارية القنطرة هي من نوع الكالسيوم والمغنيسيوم، الغنية بالكلور والكبريت، في حين أن العلامة التجارية بوقلاز لديها نوع كلوريد الصوديوم و البوتاسيوم أو صوديوم الكبريت. اما على المستوى الميكروبيولوجي فقد أظهرت النتائج الغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض.

**الكلمات المفتاحية:** المياه المعبأة، قارورات، النوعية، التحاليل الفيزيوكيميائية والبكتيرولوجية، التمعدن.

## Résumé

L'eau, c'est la vie. La bonne qualité de l'eau embouteilles en vue de la consommation humaine constitue un élément très important pour la protection de la santé publique. Pour apprécier la qualité de ces eaux destinées à la consommation humaine, un contrôle physico-chimique et bactériologique a été réalisé sur les cinq marques d'eau embouteillée (Banyane, Bougulez, El-kantara Manbaa al-ghezlane, Guedila). Les résultats des analyses effectuées ont fait ressortir que ces eaux sont de bonne qualité physico-chimique avec une minéralisation moyenne pour les marques (Banyane, El-kantara, Guedila) à faible pour les marques de (Bougulez, Manbaa al-ghezlane), et présentent trois faciès hydrochimiques différents ; l'eaux de marque (Banyane, Guedila, Manbaa al-ghezlane) sont de type bicarbonaté calcique et magnésien, par contre la marque El-kantara est de type chlorurées et sulfaté calcique et magnésienne, alors que la marque Bougulez présente un faciès de type chloruré sodique potassique ou sulfaté sodique. Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré une absence totale des germes pathogènes.

**Mots clés:** Eaux embouteillées, qualité, analyses physico-chimiques et bactériologiques, minéralisation

## Abstract

Water is life. The good quality of bottled water for human consumption is a very important element for the protection of public health. To assess the quality of bottled water intended for human consumption, a physico-chemical and bacteriological analyses was carried out on the five brands of bottled water (Banyane, Bougulez, El-kantara Manbaa al-ghezlane, Guedila). The results of the analyses carried out that these waters are of good physico-chemical quality with an average mineralization for the brands (Banyaane, El-Kantara, Guedila) to low for the brands of (Bougulez, manbaa al-Ghezlane), and have three different hydrochemical facies; the branded waters (Banyaane, Guedila, manbaa al-Ghezlane) are of the calcic and magnesium bicarbonate type, on the other hand, the El-kantara brand is of chlorinated and sulphated calcium and magnesium type, whereas the Bougulez brand has a type of sodium chlorides sodium or sodium sulfated type. On the microbiological level, the results showed a total absence of pathogenic germs.

**Key words:** Bottled waters, Quality, Physico-chemical and Bacteriological analyzes, mineralization