

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة البليدة 1

Université Blida 1



كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا و الفيزيولوجيا الخلوية

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Mémoire

En vue de L'obtention du Diplôme de Master en Biologie.

Option : Microbiologie.

Thème

**Contrôle de la qualité physico-chimique et
microbiologique des eaux de deux sources « Yema
Bahriya » et « Oued Bourebo » (Chrèa)**

Soutenu publiquement le : 13 Septembre 2020

Présenté par :

✚ Mlle. BEN ACHOUR Aya

✚ Mlle. AGUENINI Zahra

Devant le Jury :

Pr. SAIDI F.

Professeur

UB1

Présidente

M^{me}. MOHAMED MAHMOUD F.

Maitre de conférence B

UB 1

Examinatrice

M^{me}. TOBAL SEGHIR S.

Maitre assistante A

UB 1

Promotrice

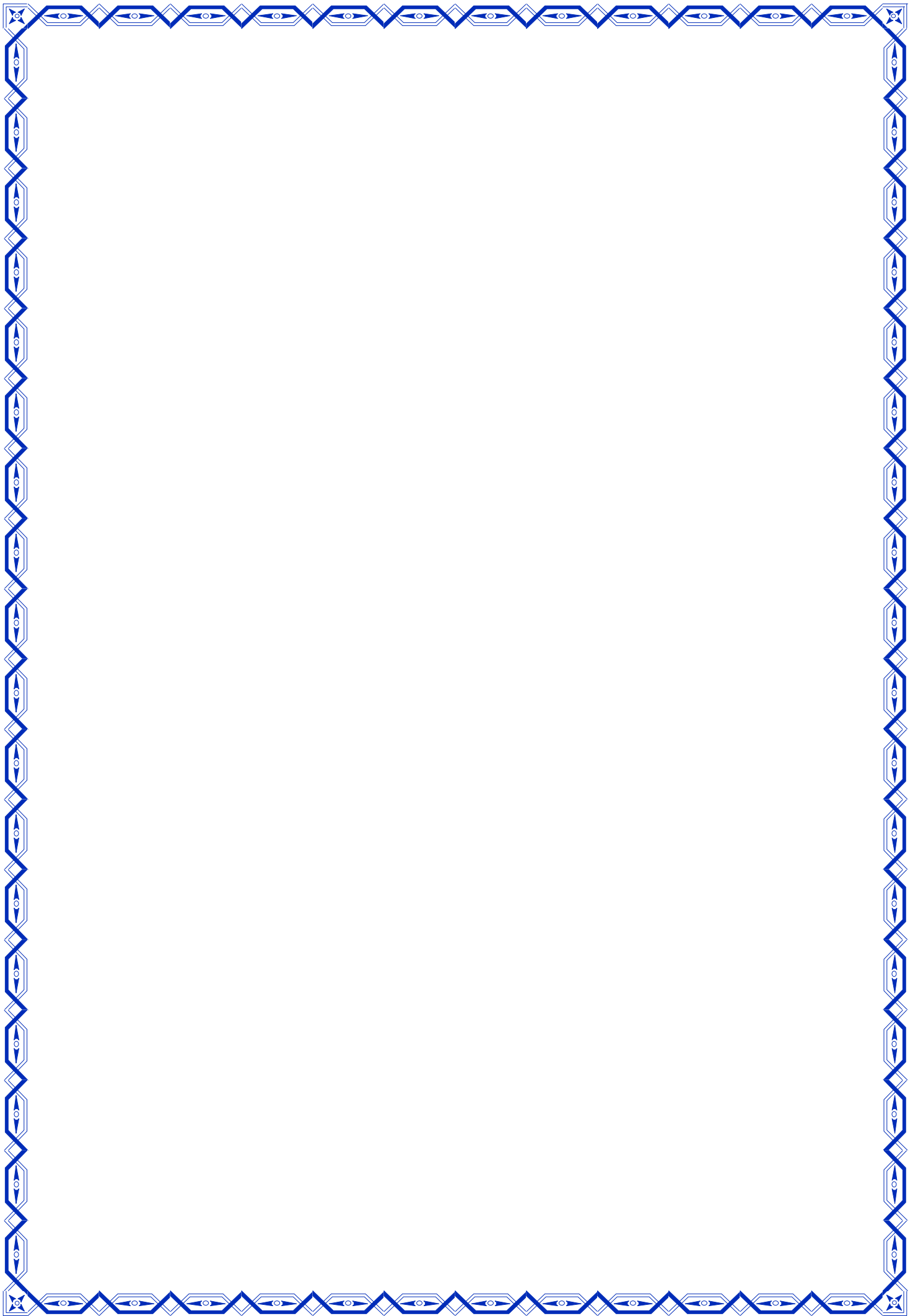
Pr. HAMAIIDI F.

Professeur

UB 1

Co-Promotrice

Année universitaire 2019/2020



Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous tenons à remercier toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail :

Notre promotrice « Mme Tobal Seghir S. » Maitre assistante A à l'université Blida 1, pour ses conseils judicieux qui ont alimenté notre réflexion.

Notre Co-promotrice « Mme Hamaidi F. » Professeur à l'université Blida1.

Nos vifs remerciements vont également à « Mme Saidi F. » Professeur à l'université Blida1, qui nous fait l'honneur de présider le jury de soutenance de ce mémoire ; ainsi qu'à « Mme Mohamed Mahmoud » Maitre de conférence B à l'université Blida1, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Mme Foudil Cherif H. maitre assistante à l'école supérieure d'hydraulique pour sa gentillesse infinie, son aide et ses conseils.

Nos remerciements s'adressent aussi au personnel du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida et particulièrement à Mr. Tafahi Djamel qui malgré ses innombrables occupations au laboratoire comme ailleurs, il nous a consacré énormément de temps et il nous a transmis une partie de son savoir avec beaucoup de patience et de rigueur.

Nous exprimons aussi nos sincères remerciements à Mr. Rachid sans oublier le personnel du laboratoire physico-chimique à SAIDAL Biotic de Semmar.

MERCI...

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, Que dieu leur prête santé

À mes chères sœurs Fella et Amina... pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À tous mes oncles et tantes, cousins et cousines Moncef, Hanane et Walid.

A mon prince Wael qui je souhaite un avenir radieux et plein de réussite.

Je le dédie aussi à mes copines Imene, Faiza, Houda, Yousra et mon binôme Aya pour sa fidélité, son amour, sa confiance, son temps, ses encouragements et son soutien.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Et finalement une dédicace à tous les étudiants Master 2 Microbiologie de Blida 2019-2020.

****Zahra****

Dédicace

*À mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi **mon père Abd ELKhalik**,*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **maman Zohra** que j'adore*

*À **Mon cher frère Mohamed Safouane** qui n'a cessé d'être mon meilleur exemple de persévérance, de courage et de générosité et **sa femme Kenza** qui m'a soutenu et encouragé.*

*À **mon âme soeur Rawaa**, je te souhaite une vie merveilleuse, heureuse et pleine de bonnes promesses.*

*À **ma princesse Aridj** à qui je souhaite un avenir radieux et plein de réussite.*

*À ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller **À mon cousin Ahmed** et **mes chères cousines, Lina, Nouha, Hiba et Roua.***

*À toute ma famille « **Ben Achour** » ainsi qu'à **mes amis Oumaima, Amina, Zineb, Yousra et Imene.***

A mon binôme Zahra.

Je te remercie pour ton soutien moral, ta patience et ton dévouement.

*À **mes camarades de promotion de microbiologie 2019-2020.***

*****Aya*****

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Table des matières	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Glossaire	
Introduction	1
I. Synthèse bibliographique	
I.1. Les ressources hydriques naturelles	3
I.1.1. Eaux de surface	3
I.1.2. Eaux souterraines	3
I.1.3. Les eaux de sources	4
I.1.3.1. Définition	4
I.1.3.2. Classification des eaux de sources	4
I.1.3.3. Traitement des eaux de sources	5
I.2. Qualité de l'eau	5
❖ Définition de l'eau potable.....	5
I.3. Les paramètres de qualité	6
I.3.1. Les paramètres microbiologiques	6
I.3.1.1. Les coliformes	6
a. Coliformes totaux	6
b. Coliformes fécaux	6
I.3.1.2. Les Streptocoques fécaux	7
I.3.1.3. Clostridium Sulfito-Réducteur	7
I.3.1.4. Les salmonelles	7
I.3.1.5. Vibrions cholériques	7
I.3.1.6. Pseudomonas	7
I.3.2. Les paramètres physico-chimiques	8
I.3.2.1. Les paramètres physiques	8
a. Température	8

b. Potentiel d'Hydrogène.....	8
c. Conductivité.....	8
d. Turbidité.....	9
e. TDS.....	9
f. Salinité.....	9
I.3.2.2. Les paramètres chimiques.....	9
a. Titre hydrométrique.....	9
b. Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	10
c. Le Potassium.....	10
d. Le Sodium.....	10
e. Le Calcium.....	10
f. Le Magnésium.....	11
g. Le Chlorure.....	11
h. Les Nitrites.....	11
i. Les Nitrates.....	12
j. L'ammonium.....	12
k. Le Phosphate	12
l. Le Sulfate.....	13
m. Le Fer.....	13
n. Les résidus sec.....	13
I.4. Définition de la pollution.....	13
I.4.1. Origines de la pollution	13
I.4.1.1. Pollutions d'origine anthropique	14
➤ Pollution domestique.....	14
➤ Pollution agricole.....	14
➤ Pollution industrielle.....	14
I.4.1.2. Pollution d'origine naturelle	14
I.5. Les maladies à transmission hydrique.....	14
I.5.1. Les maladies d'origine bactérienne.....	15
I.5.1.1. La fièvre typhoïde et paratyphoïde	15
I.5.1.2. Le choléra.....	15
I.5.1.3. La dysenterie bacillaire	16
I.5.2. Les maladies d'origine virales.....	16
I.5.3. Les maladies d'origine parasitaires.....	16

I.6. Normes de potabilité de l'eau.....	17
I.6.1. Les recommandations de l'OMS.....	17
I.6.2. Les normes européennes.....	17
I.6.3. Les normes algériennes.....	18

II. Matériel et Méthodes

II.1. Matériel	19
II.1.1. Matériel biologique.....	19
II.1.2. Matériel non biologique	19
II.2. Description de la zone géographique.....	19
II.3. Méthodes.....	20
II.3.1. Echantillonnage et mode de prélèvement.....	20
II.3.1.1. Prélèvement d'eau destiné à l'analyse microbiologique.....	20
II.3.1.2. Prélèvement d'eau destiné à l'analyse physico-chimique.....	20
II.3.1.3. Etapes de prélèvement.....	21
II.3.1.4. Transport et conservation.....	22
II.3.2. Méthodes d'analyse physico-chimique.....	22
II.3.2.1. Analyse physique.....	23
a. Température.....	23
b. Le pH.....	23
c. La conductivité.....	23
d. La turbidité.....	24
e. TDS.....	24
f. Salinité.....	25
II.3.2.2. Analyse chimique.....	25
a. Le titre hydrométrique.....	25
b. Le titre alcalimétrique.....	26
c. Le titre alcalimétrique complet.....	26
d. Dosage de chlorures (Méthode de Mohr)	27
e. Chlore résiduel.....	28
f. Dosage des orthophosphate par colorimétrie.....	29
g. Dosage de l'azote ammoniacale	30
h. Dosage de fer (méthode colorimétrique à l'orthophénanthroline)	31
i. Résidu sec	32
j. Dosage des nitrites (méthode à la sulfanilamide)	33

k. Dosage du sulfate	34
II.3.3. Quelques eaux commerciales vs nos eaux de source	35
II.3.4. Les analyses bactériologiques.....	36
II.3.4.1. Recherche des coliformes totaux et des colibacilles.....	36
II.3.4.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	40
II.3.4.3. Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur.....	41
II.3.4.4. Recherche des salmonelles.....	41
II.3.4.5. Recherche des vibrions.....	41
II.3.4.6. Recherche de <i>Pseudomonas</i>	41
II.3.5. Identification des souches.....	42
II.3.6. L'antibiogramme.....	45

III. Résultats et discussions

III.1. Qualité physico-chimiques des eaux de source.....	47
a. Température.....	47
b. Conductivité, TDS et Salinité.....	48
c. Turbidité.....	49
d. Titre hydrométrique.....	50
e. Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)	50
f. L'azote ammoniacale.....	51
g. L'orthophosphate.....	52
h. Le fer total.....	53
i. Residu sec à 105°C.....	53
III.2. Quelques eaux commerciales vs nos eaux de source.....	54
a. pH.....	55
b. Le sulfate.....	55
c. Chlorure.....	56
d. Les nitrites	57
III.3. Qualité microbiologique.....	59
III.3.1. Coliformes totaux.....	59
III.3.2. Coliformes fécaux.....	62
III.3.3. Les streptocoques fécaux	64
III.3.4. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	65
III.3.5. Les salmonelles.....	66
III.3.6. <i>Pseudomonas</i>	67

III.3.7. Vibrions.....	68
III.4. Identification de la souche isolé.....	69
III.4.1. Observation macroscopique des colonies.....	69
III.4.2. Observation microscopique des colonies.....	69
III.4.3. Identification spécifiques des entérobactéries.....	70
III.5. L'antibiogramme.....	71
Conclusion	75
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Figure n°1 : Situation géographique de la source « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».....	20
Figure n°2 : Les différentes étapes de prélèvement.	21
Figure n°3 : L'étiquetage des flacons.	21
Figure n°4 : Transport des flacons à l'aide d'une glacière.	22
Figure n°5 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (Test de présomption).	38
Figure n°6 : Recherches et dénombrement des coliformes fécaux (<i>E. coli</i>).	38
Figure n°7 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.	40
Figure n°8 : Galerie API 20 E.	44
Figure n°9 : Les disques d'antibiotiques sur les géloses.....	46
Figure n°10 : Résultat de la température dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » comparé aux normes guides de l'OMS, les normes algériennes et européennes.	47
Figure n°11 : Résultat de la conductivité électrique dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	48
Figure n°12 : Résultat de la turbidité dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya »	49
Figure n°13 : Résultat de la dureté totale dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	50
Figure n°14 : Résultat du titre alcalimétrique(TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	51
Figure n°15 : Résultat de dosage de l'azote ammoniacal dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	51
Figure n°16 : Résultat de dosage de l'orthophosphate dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	52
Figure n°17 : Résultat de dosage de fer total dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	53
Figure n°18 : Résultat de dosage de résidu sec dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	54
Figure n°19 : pH des eaux de quelques marques d'eaux embouteillées et ceux des sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	55
Figure n°20 : Comparaison des teneurs en sulfate entre quelques marques des eaux embouteillées et les eaux de sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	56

Figure n°21 : Comparaison des teneurs en chlorures entre quelques marques des eaux embouteillées et les eaux de sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	57
Figure n°22 : Comparaison des teneurs en nitrite entre quelques marques des eaux embouteillées et les eaux de sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	58
Figure n°23 : Variation et dénombrement de coliformes totaux en n germes/100ml la source « Oued Bourebo ».	60
Figure n°24 : Variation et dénombrement de coliformes totaux en n germes/100ml la source « Yema Bahriya ».	60
Figure n°25 : Résultats de la recherche des coliformes totaux des deux sources Oued Bourebo et Yema Bahriya.	61
Figure n°26 : Résultat du chlore résiduel dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».	62
Figure n°27 : Absence de chlore résiduel.	62
Figure n°28 : Variation et dénombrement de coliformes fécaux en n germes/100ml la source « Oued Bourebo ».	63
Figure n°29 : Variation et dénombrement de coliformes fécaux en n germes/100ml la source « Yema Bahriya ».	63
Figure n°30 : Résultat de la recherche des coliformes fécaux des deux sources Oued Bourebo et Yema Bahriya.	64
Figure n°31 : Activités existantes dans l'entourage de la source Oued bourebo.	64
Figure n°32 : Absence des streptocoques fécaux.	65
Figure n°33 : Absence des ASR.	66
Figure n°34 : Présence des troubles dans le bouillon SFB « Yema Bahriya ».	67
Figure n°35 : Absence des troubles dans le bouillon SFB « Oued Bourebo ».	67
Figure n°36 : Présence des colonies sur le milieu Hektoen « Yema Bahriya ».	67
Figure n°37 : Absence des colonies sur le milieu cétrimide.	68
Figure n°38 : Absence des troubles dans le milieu EPA.	68
Figure n°39 : Observation macroscopique de la colonie isolée de l'échantillon d'eau de la source Yema bahriya.	69
Figure n°40 : Observation microscopique après coloration du Gram (G×100).	69
Figure n°41 : Profil biochimique de l'espèce d' <i>Enterobacteriaceae</i> trouvée sur la galerie API 20 E	70
Figure n°42: Résultat de l'identification d'une souche d' <i>Enterobacter cloacea</i> par la feuille de calcul Excel.	70

Figure n°43 : Résultats de l'antibiogramme.72

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Classification chimique des eaux de sources selon les résidus secs.	4
Tableau n°2 : Classification des sources selon la température.	5
Tableau n°3 : Les maladies d'origine virale.	16
Tableau n°4 : Les maladies d'origine parasitaire.	17
Tableau n°5 : Date de prélèvement et volumes des échantillons destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques des sources « Yema Bahriya » et « Oued Bourebo ».....	22
Tableau n°6 : Dénomination, nature, origine, date de fabrication et LOT des eaux analysées.....	35
Tableau n°7 : Les tests effectués, leurs principes, les techniques et la lecture des résultats.....	43
Tableau n°8 : Les antibiotiques utilisés.	46
Tableau n°9 : Potabilité en fonction de résidus sec.	54
Tableau n°10 : Les résultats de l'antibiogramme.	71
Tableau n°11 : <i>Enterobacteriaceae</i> ; Catégories et agents antimicrobiens utilisés pour définir MDR, XDR et PDR.	74

Liste des abréviations

ASR : Anaérobies Sulfito- Réducteurs.

BCPL : bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.

CEE : Communauté Économique Européenne.

DPD : Diéthyle-P-Phénylène.

E .Coli : *Escherichia Coli*.

EDTA: Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

EPA : Eau peptone alcaline.

GNAB : Gélose nutritive alcaline et biliée.

HCl : Acide Chlorhydrique.

ISO : Organisation International de Standardisation.

J.O.R.A.D.P : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique populaire.

mEq milliequivalent.

N : Normalité.

NA : norme algérienne.

NF : Norme française.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de Santé.

pH: potentiel D'hydrogène.

Q.S.P : Quantité Suffisante Pour

SFB : Bouillon au sélénite de sodium.

T : Température.

T.D.S : solides Totaux Dissous.

UFC: Unité Formant une Colonie.

µs/cm : micro siemens par centimètre.

U.V: Ultraviolet.

VF: Viande foie.

°F : Degré Français.

Glossaire

Particules en suspension : sont toutes les particules (solides ou en aérosols) portées par l'eau ou par l'air, quantifiables par filtration ou par d'autres procédés physiques.

La faune : l'ensemble des espèces animales présentes dans un espace géographique ou un écosystème déterminé (par opposition à la flore), à une époque donnée.

La flore : désigne la végétation naturelle, y compris les plantes, les champignons et les algues d'une région géographique donnée.

Station d'épuration : une usine spécialisée dans le traitement des eaux usées. Son rôle est de purifier et de dépolluer les eaux usées avant de les rejeter dans la nature

L'eau est une ressource naturelle indispensable pour la survie de l'humanité, de toute espèce animale ou végétale et pour l'environnement. Aujourd'hui, une réalité est établie, les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente, c'est pourquoi l'eau a besoin d'être protégée, traitée et économisée. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé.

L'objectif de notre travail est d'évaluer pour la première fois la qualité des eaux de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » situées à la commune de Chréa (Blida) pendant la période allant du mois de Mars au mois de Juillet, où nous avons prélevé une seule fois pour l'analyse physico-chimiques et cinq fois pour la source Oued Bourebo et trois fois pour la source Yema Bahriya pour l'analyse bactériologique. Nous avons déterminé quelques paramètres physico-chimiques à savoir : la température, le pH, la conductivité, la turbidité, la dureté totale, le titre alcalimétrique, le titre alcalimétrique complet, le chlorure, l'ammonium, l'orthophosphate, le fer total, le sulfate, le nitrite et le résidu sec. A côté de la recherche et le dénombrement de germes de contamination (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) de quelques germes pathogènes (*Pseudomonas aeruginosa*, salmonelles et vibrions) et les germes de résistances (Anaérobies sulfito-réductrice).

Notre étude a révélé une bonne qualité physico-chimique des eaux de deux sources à l'exception des éléments de pollution (ammonium, fer et l'orthophosphate), et une mauvaise qualité bactériologique par la présence des coliformes totaux et fécaux. L'absence de streptocoques fécaux, *Clostridium*, salmonelles, vibrions a été signalée.

Mots clés : Eau de source, Chréa, paramètres physico-chimique, paramètres bactériologique.

Water is an essential natural resource for the survival of humanity, of all animal and plant species, and for the environment. Today, a reality is established, water resources are becoming increasingly scarce, therefore water needs to be protected, treated and preserved. It should then receive special attention. In fact, water intended for human consumption must not contain dangerous chemicals or harmful germs.

Our work's objectif is to assess for the first time the quality of the water in two sources: "Oued Bourebo" and "Yema Bahriya" located in the commune of Chr ea (Blida) during the period from March to the month of July, where we sampled only once for the physico-chemical analysis and five times for the Oued Bourebo source and three times for the Yema Bahriya source for the bacteriological analysis. We pre-established some physicochemical parameters namely: Temperature, pH, Conductivity, Turbidity, Total Hardness, Alkalimetric Strength, Full Alkalimetric Strength, Chloride, Ammonium, Orthophosphate, Total Iron, Sulfate, Nitrite and the Dry Residue. Besides the search and the enumeration of contamination germs (Total Coliforms, Fecal Coliforms and Fecal Streptococci) of some pathogenic germs (*Pseudomonas aeruginosa*, salmonella and vibrios) and resistance germs (sulfite-reducing anaerobes).

Our study revealed good physico-chemical quality of the waters in the two sources except for the pollution elements (Ammonium, Iron and Orthophosphate), and a bad bacteriological quality by the presence of total and fecal coliforms in the absence of fecal streptococci, salmonella, vibrios, sulfite-reducing anaerobes.

Keywords: Spring water, Chr ea, physico-chemical parameters, bacteriological parameters.

الماء مورد طبيعي أساسي لبقاء البشرية ولجميع أنواع الحيوانات والنباتات وللبيئة. اليوم تم تأسيس حقيقة أن موارد المياه في تناقص متزايد ، وهذا هو سبب الحاجة إلى حماية المياه ومعالجتها وحفظها. لذلك ينبغي أن تحظى باهتمام خاص. في الواقع، يجب أن لا تحتوي المياه المخصصة للاستهلاك البشري على مواد كيميائية خطيرة أو جراثيم ضارة بالصحة.

الهدف من عملنا هو تقييم جودة المياه لأول مرة من مصدرين هما "واد بوربو" و "يما بحرية" الواقعين في بلدية الشريعة (البلدية) خلال الفترة من مارس إلى شهر جويلية ، حيث أخذنا عينات مرة واحدة فقط للتحليل الفيزيائي الكيميائي وخمس مرات لمصدر واد بوربو وثلاث مرات لمصدر يما بحرية للتحليل البكتيري.

لقد حددنا بعض المعايير الفيزيوكيميائية و التي تتمثل في درجة الحرارة, درجة الحموضة, التوصيل الكهربائي, العكارة, الصلابة الكلية, القوة القلوية, القوة القلوية الكاملة, الكلوريد, الامونيوم, الاورثوفوسفات, الحديد الاجمالي, الكبريتات, النيتريت و البقايا الجافة . بالإضافة الى البحث عن الجراثيم الملوثة و تعدادها (القولونيات الكلية، القولونيات البرازية و العقدية البرازية, بعض الجراثيم المسببة للأمراض (السالمونيلا, *Pseudomonas aeruginosa*, et vibron) و جراثيم المقاومة (Anaérobies sulfito-réductrices).

كشفت دراستنا عن جودة فيزيوكيميائية جيدة لمياه المصدرين باستثناء عناصر التلوث (الأمونيوم, الحديد والأورثوفوسفات)، وضعف الجودة البكتريولوجية لوجود القولونيات الكلية والبرازية في غياب العقدية البرازية , ، السالمونيلا، *Anaérobies sulfito-réductrices*, *vibron*.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع , الشريعة , المعايير الفيزيو كيميائية , المعايير البكتريولوجية.



Introduction

La Terre, vue de l'espace, apparaît comme une planète recouverte en grande partie d'eau, ce qui explique son surnom de « planète bleue ». Il s'avère que le volume d'eau sur terre est très important et que cette ressource est loin d'être négligeable (**Aissa el bey et Boumedous, 2017**). Néanmoins l'eau représente 80 % de la surface totale de la terre. Malheureusement, presque 98 % de l'eau sur notre planète terre est une eau salée donc impropre à la consommation et moins de deux % de l'eau planétaire uniquement sont réellement utilisables (**Lassoued et Touhami, 2008**).

L'eau est vitale pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, elle est indispensable à toute forme de vie ; à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs,...etc. L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel (**Ben Ali Rim, 2014**).

Aujourd'hui, une réalité est établie, selon l'OMS La pénurie d'eau concerne une personne sur trois sur tous les continents. La situation s'aggrave sous les effets de la croissance démographique, de l'urbanisation et avec l'utilisation accrue des ressources à des fins domestiques et industrielles. Près d'un cinquième de la population mondiale (environ 1,2 milliard de personnes) vit dans des zones où l'eau est naturellement rare. Un quart de la population mondiale vit dans des pays en développement confrontés à une pénurie d'eau en raison du manque d'infrastructures pour capter l'eau des rivières et des nappes phréatiques. La rareté de l'eau oblige les gens à boire de l'eau insalubre et conduit des communautés pauvres urbaines et rurales à utiliser des eaux usées pour les cultures. Plus de 10% de la population mondiale consomme des aliments issus de cultures irriguées par des eaux usées pouvant contenir des produits chimiques ou des microorganismes pathogènes (**OMS, 2007**).

L'eau peut dans certaines circonstances devenir une source de maladies (**Pulim, 1991**). Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé pas moins de deux millions de morts dont les enfants en constituent le plus grand nombre sont dues à des maladies hydriques (**OMS, 2007**). En Algérie malgré les progrès accomplis dans ce domaine, certaines maladies à transmission hydrique persistent (Fièvre typhoïde, dysenterie, ...) (**Laid, 2010**). En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé.

Bien que l'Algérie soit un pays ayant de grandes ressources en eaux, les eaux potables utilisées sont essentiellement des eaux superficielles (**Sebsi et Hamek, 2018**), Ces eaux sont

malheureusement de plus en plus polluées et son risque de contamination représente un problème environnemental majeur qui remonte très loin dans le temps, où la qualité de ces eaux est également soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle (**Remini, 2005**). Diverses études en Algérie sont portées sur la qualité des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à être utilisées pour l'irrigation, et leur impact sur la santé humaine et l'environnement (**Kahoul et Touhami, 2014**).

De notre part et dans cette optique, nous souhaitons apporter notre contribution via l'évaluation pour la première fois de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de deux sources, à savoir : la source de « Yema Bahriya » et celle de « Oued Bourebo » à Chréa (Blida).



I. Synthèse bibliographique

I.1. Les ressources hydriques naturelles

Le concept de ressources en eau n'est apparu en occident qu'au début du XXe siècle suite à la prise de conscience de la rareté de l'eau, de son risque de pénurie et de la nécessité de l'évaluer précisément pour la gérer efficacement. Ceci étant pour permettre la mise en place des infrastructures de prélèvement, de stockage et de transport de cette ressource vitale (**Andreassian et Margat, 2005**).

I.1.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (**Vilagines, 2010**). Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues et barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (**Boeglin, 2006**).

Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (**Degremont, 2005**). Il s'agit d'une ressource facilement accessible, mais malheureusement fragile et vulnérable, la pollution la rendant souvent impropre à l'utilisation en cas d'absence d'un traitement préalable (**Bontoux, 1993**).

I.1.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent le réservoir le plus important d'eau douce au niveau mondial (97% des ressources en eau douce de la planète) (**Quevauville, 2010**). Leur origine est l'accumulation des infiltrations dans le sol (**Cardot, 1999**), Autrement dit les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'accumulent pour constituer les eaux souterraines (**Vilagines, 2003**). Elles sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Donc ce sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot, 1999**). Elles sont potables sans traitement, mais ce n'est pas toujours le cas, leur contenu minéral est très variable, selon la nature du sous-sol et la profondeur de puits (**Boeglin, 2001**). On a parfois tendance à les oublier lors de l'évaluation des ressources hydriques en se focalisant sur l'écoulement fluvial. Or, un

tiers de cet écoulement provient des nappes souterraines, ce qui représente l'élément le plus stable de l'écoulement de surface. Ceci montre par ailleurs qu'il n'existe pas de frontière nette entre les ressources en eau souterraines et superficielles, l'eau passant en dessous ou au-dessus des sols en fonction de certains paramètres dont les plus importants sont le relief et le couvert végétal (Benchekroun, 2008).

I.1.3. Les eaux de sources

I.1.3.1. Définition

Une source peut être définie comme un point, une zone ou un endroit à la surface du sol d'où coule ou émerge naturellement une quantité d'eau déterminée provenant d'un aquifère (Custodio et Llamas, 2001). Une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres que ceux autorisés par la loi (Décret 89-369 du 6 juin 1989), elle doit être introduite au lieu de son émergence, telle qu'elle sort du sol, dans des récipients de livraison au consommateurs, ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients (Vilagines, 2003).

I.1.3.2. Classification des sources

De nombreux auteurs ont proposé de classer les eaux en se basant sur des critères chimiques. Il existe d'autres critères de classification basée sur la minéralisation de l'eau qui représente la quantité totale de sels dissous exprimés en milligrammes par litre d'eau. Le résidu sec à 180°C est un bon témoin de la teneur en sels minéraux (Tableau n°1).

Tableau n°1 : Classification chimique des eaux de sources selon les résidus secs (Bogomolov, 1986).

La quantité du résidu sec	Type de source
≤ 1 g/l	Eaux douces
1 à 5 g/l	Eaux faiblement salées
5 à 10 g/l	Eaux saumâtres
10 à 50 g/l	Eaux salées
50 g/l \leq	Eaux saumures

Selon Popoff et Honegger (1990), la classification se fait en considérant certains paramètres physico-chimique de l'eau tels que : la température, le pH, les ions...etc.

Tableau n°2 : Classification des sources selon la température (El mahdi, 2017).

Température	Type de source
$<25^{\circ}\text{C}$	Les sources froides
$20 <T <35^{\circ}\text{C}$	Les sources hypo-thermales
$35 <T <50^{\circ}\text{C}$	Les sources méso-thermales
$50 <T <100^{\circ}\text{C}$	Les sources hyperthermales
$>100^{\circ}\text{C}$	Les émissions de vapeur

I.1.3.3. Traitement des eaux de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis afin d'éliminer les éléments instables (gaz, fer et manganèse) sont: l'aération, la décantation et la filtration (**Lunc et Lagradette, 2004**).

I.2. Qualité de l'eau

La qualité de l'eau d'alimentation est régulièrement mise en question ces dernières années (**Cruyper et Deneg, 1993**). Progressivement, l'eau est devenue le produit le plus surveillé et est soumise aux normes de qualité les plus sévères (**Defrangeschi, 1996**).

❖ Définition de l'eau potable

Une eau potable se définit comme étant une eau exempte de germes pathogènes pouvant provoquer des maladies à transmission hydrique, de substances toxiques, ne contenant pas de quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréables. Les qualités requises sont donc d'ordre physique, chimique et bactériologique (**Bras, 2005**).

I.3. Les paramètres de qualité

I.3.1. Les paramètres microbiologiques

En 1892, Schardinger fut le premier à introduire le principe d'organisme indicateur de contamination, en suggérant l'utilisation de germes plus tard appelés coliformes fécaux pour la surveillance des eaux potables (Mossel, 1967).

D'après Mechai (2005), trois indicateurs sont à noter : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, et les streptocoques fécaux. Ces bactéries faciles à détecter ont été choisies parce qu'elles sont présentes en grand nombre dans les selles des animaux à sang chaud, source fréquente de contaminations assez graves (Dahel Zanat, 2009).

I.3.1.1. Les coliformes

Sous le terme des coliformes sont regroupées certaines espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobactériaceae* (Rejsek, 2002 ; Coulibaly, 2005). Les coliformes comprennent les genres : *Esherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*... (Mechai, 2005). Ils vivent dans l'intestin des animaux et des humains, mais aussi dans l'environnement en générale (sols, végétation et eau) (Lemarchand et al., 2004 ; Tallon et al., 2005).

Il existe deux types de coliformes :

a. Les coliformes totaux

Le terme coliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, Gram négatif, aéro-anaérobies facultatif, non sporulant, oxydase négatif, capable de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C (Rodier et al., 2005). Selon Mechai (2005), le dénombrement des coliformes totaux est un examen capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, et d'intérêt plus nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale.

b. Les coliformes fécaux

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de bactéries de coliformes qui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 et 45 °C pendant 24 heures. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella*...), La souche type est *Escherichia coli* (Rodier et al., 1996). Un nombre élevé de coliformes fécaux signale une qualité hygiénique insuffisante ou de mauvaises pratiques

sanitaires, ou encore une contamination fécale récente avec présence éventuelle de germes pathogènes dangereux (**Brunet, 1988**).

I.3.1.2. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des cocci à Gram positif, disposés en chainettes. Ils sont anaérobies aéro-tolérants, immobiles, non sporulés, catalase négatif (**Carip et al., 2015**). Ces derniers sont généralement des groupes à signification fécale. Leurs antigènes de paroi les classent dans le groupe " D" de Lancefield (**Joffin et Joffin, 2010**).

I.3.1.3. Clostridium Sulfito-Réducteur

Selon Bergey's le manuel de la systématique, le *Clostridium* sulfito-réducteur appartient à la famille *Clostridiaceae*. Il s'agit de bacilles Gram positif, anaérobies stricte, presque toujours mobiles, sporulés (**Pilet et al., 1979**), non capsulés (à l'exception de *Clostridium perfringens*), catalase négatif (**Carip et al., 2015**). Ils sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (**Armand, 1996**).

I.3.1.4. Les salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles à Gram négative, non sporulés, généralement mobiles par des flagelles. Ces germes se retrouvent dans les intestins de l'homme et des animaux, et sont éliminés avec les matières fécales. La présence de ces germes dans les eaux usées est liée à l'existence dans les populations riveraines d'individus infectés soit des malades déclarés soit des porteurs apparemment sains (**Kourradi, 2007**).

I.3.1.5. Vibrions Cholériques

Appartiennent à la famille des *Vibrionaceae*, bactéries à Gram négatif, aéro-anaérobie facultatif, de forme incurvée ou droite, mobiles par ciliature polaire, non sporulés, dégradent les glucides par voie fermentaire, catalase positive, indole positive (**Gelinas, 1995**).

I.3.1.6. Pseudomonas

C'est un bacille aérobie à Gram négatif, présent surtout dans le sol et l'eau (**Delarras, 2003**). Il peut vivre dans n'importe quel milieu humide. Cette bactérie est résistante à plusieurs

antibiotiques et désinfectants. L'espèce la plus importante est *Pseudomonas aeruginosa*, agent commun d'infections nosocomiales (Brousseau *et al.*, 2009).

I.3.2. Les paramètres physico-chimiques

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire du degré de la pollution d'une eau (Bordjiba *et al.*, 2009).

I.3.2.1. Les paramètres physiques

a. La température

La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine. Mais elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Elle est impliquée dans la conductivité électrique ainsi que la détermination du pH (Rodier *et al.*, 2005). Si la température dépasse les normes elle pourrait favoriser la croissance des micro-organismes, accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994).

b. Potentiel d'hydrogène

C'est le paramètre le plus important qui influe sur la vie et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau. Cependant, sa valeur peut être à l'origine d'ennuis dans les canalisations (corrosion et dépôts calcaires) (Belkhiri, 1999). Le pH traduit l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité d'une eau et mesure l'activité des ions H^+ contenus dans cette dernière.

c. Conductivité

La conductivité électrique est la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique (Bremaud *et al.*, 2006). Cette capacité dépend de plusieurs facteurs tels que la nature des ions présents et leur concentration totale (Kourradi, 2007). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier *et al.*, 2005). Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane, 2000).

d. Turbidité

La turbidité peut se révéler être un indicateur de pollution. En effet, la présence de matière en suspension peut être d'origine animale ou minérale (**Lalanne, 2012**). La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. C'est la propriété optique la plus importante des eaux naturelles.

e. TDS

Le TDS signifie le total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé de :

- ✚ Sels inorganique tels que (calcium, magnésium, potassium et sodium).
- ✚ Des carbonates nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates.
- ✚ Quelques matières organiques.

Des sources d'eau minérales contiennent de l'eau avec un taux élevé de solides dissous parce qu'elles ont coulé au travers des régions où les roches contiennent beaucoup de sel (**Bouchebbah et Ayache, 2011**).

f. Salinité

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/l. Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure (**Bentekhici et Zebbar, 2008**).

I.3.2.2. Les paramètres chimiques

a. La dureté ou titre hydrométrique (TH)

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (**Marcel, 1986 ; Rodier et al., 2005**). Les eaux de surface généralement moins riche en acide carbonique et oxygène dissous que les eaux souterraines, ils ont une dureté moins élevée que ces derniers (**Rodier et al., 2005**).

b. Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)

- ❖ Le titre alcalimétrique (TA) Correspond à la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates transformés en bicarbonates à pH=8.2 (**Franch, 2002**).
- ❖ Le titre alcalimétrique complète (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Berne et Cordonnier, 1991**).

c. Le Potassium

C'est le 7^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel. Beaucoup moins abondant que le sodium, il est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier (**Belkhiri, 2011**). Le potassium est étroitement attaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est très répandue dans la nature sous forme de sels. Il joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme et règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**Mercier, 2000**).

d. Le Sodium

Le sodium est le 6^{ème} élément le plus abondant à l'état naturel ; C'est un métal alcalin. Son origine peut être : naturelle (mer, terrain salé...), humaine (10 à 15 g Na Cl dans les urines /jour) ou industrielle (potasse, industrie pétrolière) (**Rodier et al., 2005**). Il est nécessaire pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme et pour le fonctionnement des muscles et des nerfs chez l'homme (**Belkhiri, 2011**). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**Rodier et al., 2005**). Trop de sodium peut endommager nos reins et augmenter les risques d'hypertension artérielle (**Belkhiri, 2011**).

e. Le Calcium

Le corps humain comprend en moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette (**Mercier, 2000**). Le calcium est un métal alcalinoterreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau (**Rodier et al., 2005**). Lorsque sa teneur dans l'eau dépasse la norme, il provoque l'entartrage dans les canalisations (**Belkhiri, 2011**).

f. Le Magnésium

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**).

Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires. Élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leur origine est naturelle (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (**Kemmer, 1984**).

g. Le Chlorure

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Dans les eaux de surface, il est présent en faible concentration, alors que dans les eaux souterraines, la teneur en ion chlorure peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques (**Lapegue et Ribstein, 2006**). D'après **Chaker et Slimani (2014)**, l'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Les chlorures ont une influence sur la faune et la flore aquatiques ainsi que sur la croissance des végétaux (**Makhoukh, 2011**). Selon l'OMS (**2011**), ils posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs.

h. Les Nitrites

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification étant incomplète, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (**Rodier et al., 2005**). L'origine des nitrites peut être industrielle (traitement de surface, dosage chimique, colorants...). Elles disparaissent généralement vite en milieu naturel (**Gaujour, 1995**).



Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (**Bouziani, 2000 ; Savary, 2010**).

i. Les Nitrates

Les nitrates constituent un élément nutritif majeur indispensable pour les plantes et proviennent de la décomposition des déchets organiques (transformation de l'ammonium en nitrites ou en nitrates) (**Painchaud, 1997**). En effet dans les eaux naturelles non polluées le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Mais sa présence indique une pollution d'origine industrielle due à un lessivage de terrain (**Le pimpec, 2002**).

j. L'ammonium

Les eaux naturelles contiennent toujours de l'azote ammoniacal, produit normal de la biodégradation de l'azote organique (protéines, acides aminés, urées...etc) (**Henry et Beaudry, 1992**). Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans l'eau de surface est un indicateur de pollution. L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation, car il interfère avec la chloration en formant des chloramines qui permettent aux bactéries de se proliférer dans les réseaux de distribution (**Degremont, 2005**).

k. Le phosphate

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol. Par conséquent lors de l'infiltration de l'eau dans les sols, une fraction des phosphates initialement dissous dans l'eau sera retenue par les particules de sol. Une partie est généralement entraînée et contamine les eaux superficielles et les nappes phréatiques (**Miquel, 2003**). Dans les eaux superficielles ayant un pH compris entre 5-8, le phosphore se trouve sous forme d'orthophosphate. Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation (c'est-à-dire l'enrichissement du milieu qui se manifeste par le développement exacerbé d'algues et de végétaux aquatiques) dans les lacs ou les rivières. Le phosphate doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à de fortes concentrations dans l'environnement. Des teneurs dans l'eau supérieures à 0,5 mg. L⁻¹ doivent constituer un indice de pollution (**Rodier et al., 1996**).

l. Le sulfate

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est de 250 mg/l (**Kemmer, 1984**). La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable (**Rodier, 1984**). Les sulfates participent au métabolisme des bactéries Sulfito-réductrices contenus dans l'eau qui transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des perturbations environnementales (**Mizi, 2006**). A fortes concentration, il est susceptible d'en résulter des troubles gastro-intestinaux, en particulier chez l'enfant (**Rodier, 1984**).

m. Le Fer

Le fer contenu dans l'eau provient des roches et des sols (**Lounnas, 2009**). Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Sa teneur dans les eaux souterraines est supérieure à celle des eaux superficielles (**Rodier et al., 2005**). Les sels ferreux sont instables et précipitent sous forme d'hydroxyde ferrique qui forme un limon de couleur rouille. Souvent désagréable au goût et paraît impropre à la consommation. Selon **HGGE (1990)**, dans les réseaux de distribution, les dépôts réduisent progressivement le débit et facilitent la prolifération des ferrobactéries. Dans les canalisations, ces microorganismes déposent un revêtement visqueux qui neutralise les désinfectants.

n. Les résidus secs

La détermination des résidus secs sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles (**Rodier et al., 2009**). Une eau dont la teneur en résidus secs est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (**OMS, 1994**).

I.4. Définition de la pollution

La pollution des eaux est définie comme toute modification physique ou chimique de la qualité des eaux, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. Donc on dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition est directement ou indirectement modifiée par l'action de l'homme (**Hamed et al., 2012**).

I.4.1. Origines de la pollution

La pollution des eaux peut avoir de multiples origines (**Kherifi, 2016**).

I.4.1.1. Pollutions d'origine anthropique

➤ **Pollution domestique**

La pollution domestique se caractérise par des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux (azote, phosphore) et des détergents. Elle provient des habitations. Elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (si elle existe). En sortie des stations d'épurations, nous retrouvons les mêmes éléments en quantités moindres (50 à 90% éléments) mais concentrés au point du rejet (**Touré, 2006**).

➤ **Pollution agricole**

L'agriculture constitue la première cause de pollution diffuse des ressources en eaux (**Zerrouki et al., 2006**) et résulte de l'intensification des cultures par les fertilisants et de leur protection par les pesticides. Cette pollution est véhiculée, soit par les eaux de ruissellement, soit par les eaux d'infiltration et concerne donc les eaux superficielles et les eaux souterraines (**Marcel, 1989**).

➤ **Pollution industrielle**

Les industries, en particulier chimiques, métallurgiques et même électroniques, constituent une cause essentielle de la pollution des eaux. Celle-ci prend place non seulement au niveau des usines mais aussi au niveau de l'utilisation des substances produites et des objets manufacturés (**Ramade, 1984**).

I.4.1.2. Pollution d'origine naturelle

Implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol (**Boumont et al., 2004**).

I.5. Les maladies à transmission hydrique

L'eau est une ressource précieuse et indispensable autant pour les Hommes et les animaux que pour les végétaux (**Brundtland, 2002**). Néanmoins, elle est directement ou indirectement la première cause des maladies et de mortalité dans le monde. Les effets de l'eau sur la santé de l'homme ont été aperçus depuis l'antiquité, mais ce n'est que durant le siècle dernier que le rôle de certains micro-organismes présents dans l'eau a été démontré dans l'apparition des infections hydriques. Les maladies hydriques appelées par contraction (M T H)

sont des maladies « de l'eau sale » causées par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques (**Baziz, 2008**). Ces maladies représentent la première cause de morbidité parmi les maladies à déclaration obligatoire (**Bahmed et al., 2004**). Les symptômes les plus répandus sont le plus souvent des diarrhées, engendrées par de très nombreux microorganismes. Jusqu'à 1990, les maladies à transmission hydrique occupaient la première place parmi les maladies à déclaration obligatoire en Algérie, elles étaient à l'origine de 25% des causes des décès des enfants âgés de 1 à 14 ans (**Fellah, 1998**).

I.5.1. Les maladies d'origine bactérienne

I.5.1.1. La fièvre typhoïde et paratyphoïde

Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi A, B, et C*. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires et neurologiques (**Mouffok, 2001**). La contamination se fait par voie digestive à partir des eaux contaminées par des matières fécales ou encore par des mains sales. La bactérie traverse sans léser la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques. Après incubation elle se réplique dans la circulation sanguine ce qui conduit à une septicémie. Elle libère lors de son élimination une endotoxine neurotrope qui lèse le système abdominal provoquant des ulcérations (**Potelon et Zysman, 1998**).

I.5.1.2. Le Choléra

Le choléra est une maladie infectieuse intestinale aiguë, contagieuse à caractère épidémique. Il est dû à une bactérie, le vibron cholérique strictement humaine, à l'origine de pandémies et représentant un problème majeur de santé publique (**Goita, 2014**).

La transmission se fait directement par voie oro-fécale ou indirectement par l'eau souillée et rarement via des vecteurs (comme les mouches). Le choléra est caractérisé par une diarrhée souvent profuse avec perte du contrôle sur le sphincter aussi des selles contenant des grains analogues à du riz ou simplement du mucus, d'odeur âcre avec douleurs abdominales et vomissements (**Bacha, 1992**).

I.5.1.3. La dysenterie bacillaire

Les dysenteries bacillaires ou les shigelloses sont dues à des bactéries du genre *Shigella* et ne représentent que 0,7% des gastroentérites de patients hospitalisés, dont 80 % sont des enfants de 1 à 15 ans. L'espèce *Shigella dysenteriae* peut provoquer une forme particulièrement sévère de dysenterie dont la mortalité peut atteindre 20% alors que les autres espèces ne provoquent qu'une dysenterie passagère, rarement fatale, sauf pour les personnes âgées et les enfants dénutris (**Roland, 2003**). Les shigelles sont transmises par voie féco-orale en consommant des aliments ou de l'eau contaminés (**OMS, 2009**). Elles sont caractérisées par une durée d'incubation courte (4 à 5 jours), des diarrhées abondantes glairo-sanglantes et douleurs abdominales, un véritable état d'intoxication avec altération de l'état générale, fièvre et amaigrissement important (**Ider et Iamranene, 2008**).

I.5.2. Les maladies d'origine virales

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, et d'autre part, des limites des méthodes épidémiologiques (**Schwartzbord, 1991**).

Tableau n°3 : Les maladies d'origine virales (Pierre et al., 2009).

Origine de maladies	Pathogène	Pathologies
Virales	Hépatite A et E	Infection hépatique
	Adenovirus	Diarrhée ; infection oculaire et problèmes respiratoires
	Norovirus	Diarrhée / Gastro-entérite
	Rotavirus	Diarrhée / Gastro-entérite
	Astrovirus	Diarrhée

I.5.3. Maladies d'origine parasitaires

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, les parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. En 2003, l'OMS a classé les parasites parmi les agents pathogènes émergents. Ce classement fait suite à l'observation d'une

augmentation significative de cas d'épidémies d'origine hydrique liées aux parasites à travers le monde (Rodier et al., 2009).

Tableau n°4 : Les maladies d'origine parasitaire (Pierre et al., 2009).

Origine de maladies	Pathogène	Pathologies
Parasitaires	<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne
	<i>Naegleria</i>	Méningo-encéphalite
	<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée chronique
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Mortelle chez l'immunodéprimé

I.6. Normes de potabilité d'eau

La nature et la forme des normes s'appliquant à l'eau de boisson peuvent varier d'un pays ou d'une région à l'autre. Il n'existe pas d'approche unique, universellement applicable. Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (Hubert et Marin, 2001). Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas (Hoffmann et al., 2014).

I.6.1. Les recommandations de l'OMS

L'OMS créée en 1948 qui est chargé non pas de préparer des normes sur l'eau potable, mais des valeurs guides à partir desquelles les différents pays peuvent élaborer leurs propres recommandations ou normes de qualité de l'eau potable (Goita, 2014).

I.6.2. Les normes européennes

En Europe ; la réglementation est basée sur les directives de qualité de l'eau de boisson de l'OMS. C'est la Direction Générale de la Santé qui élabore les limites, notamment après consultation de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA). Le texte de référence en vigueur est la directive du conseil de l'Union européenne no98/83/CE du 3 novembre 1998, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Hospitalier-Rivillon et Poirier, 2008).

I.6.3. Les normes algériennes

Les normes Algériennes sont inspirées des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la Communauté Économique Européenne (**Sari, 2014**).



II. Matériel et méthodes

Notre travail porte sur une étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des deux sources de « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » pendant la période allant du mois de mars au mois de juillet de l'année en cours.

- Les analyses chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de physico-chimie à SAIDAL Biotic de Semmar.
- Les analyses physiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de traitement des eaux à l'école supérieure d'hydraulique.
- Les analyses bactériologiques ont été effectuées au sien du laboratoire bactériologie des eaux à laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par :

- Eau de source de Yemma bahriya.
- Eau de source Oued Bourebo.

II.1.2. Matériel non biologique:

Le matériel non biologique représenté par la verrerie, l'appareillage, les réactifs, les additifs et les milieux de culture (**Annexe 1**).

II.2. Description de la zone géographique

La commune de Chréa est située au sud de la wilaya de Blida, sur les hauteurs de la ville de Blida, à environ 18 km au sud-est de Blida et à environ 50 km au sud-ouest d'Alger son altitude varie entre 200-1600 m. Les deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya », se trouvent à côté de la route nationale N°37, sur une altitude de 1020m.



Figure n°1: Situation géographique de la source « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » (Google Maps, 2020).

II.3. Méthodes

II.3.1. Echantillonnage et mode de prélèvement

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 en suivant la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination.

Le mode de prélèvement varie selon l'origine de l'eau ainsi que la nature des analyses à effectuer (physico-chimiques ou bactériologiques) (Rejsek, 2002 ; Rodier *et al.*, 2009).

II.3.1.1. Prélèvement de l'eau destinée à l'analyse microbiologique

On utilise des flacons en verre borosilicate de 250 ml préalablement stérilisés par chaleur humide à l'autoclave à 120°C pendant 20 min (Rodier *et al.*, 2005).

II.3.1.2. Prélèvement de l'eau destinée à l'analyse physico-chimique

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'un flacon en plastique à usage unique, il est nécessaire de rincer 2 à 3 fois avec l'eau à prélever avant de le remplir.

II.3.1.3. Etapes du prélèvement

- Introduction du flacon verticalement et renversé.
- Retourner l'ouverture jusqu'à ce qu'elle soit légèrement plus haute que le fond.
- Remplir presque entièrement le flacon et mettre le bouchon.



Figure n°2 : Les différentes étapes de prélèvement (**originale**).

Une fois le prélèvement terminé, inscrire sur l'étiquette les indicateurs nécessaires à l'identification du prélèvement (date, heure de prélèvement, nom de la source...etc.).



Figure n°3 : l'étiquetage des flacons (**originale**).

Tableau n°5: Date de prélèvement et volumes des échantillons destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques des sources « Yema Bahriya » et « Oued Bourebo ».

Prélèvement physico-chimique		Prélèvement bactériologique (Oued Bourebo)		Prélèvement bactériologique (Yema Bahriya)	
01/03/2020	1.5 L	01/03/2020	500ml	01/03/2020	500 ml
		15/05/2020		23/03/2020	
		22/05/2020		01/04/2020	
		01/06/2020			
		01/07/2020			

II.3.1.4. Transport et conservation

Nos flacons étaient maintenus à une température comprise entre 4 et 6 °C à l'obscurité dans une boîte à isolement thermique (glacière) appropriée munie des poches de glaces, et transportés le plus vite possible au laboratoire afin de limiter toute croissance de germes éventuellement présents.



Figure n°4 : Transport des flacons à l'aide d'une glacière (originale).

II.3.2. Méthode d'analyses physico-chimiques

- ☉ **Les mesures *in situ*** : comprennent le pH mesuré immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un pH mètre.
- ☉ **Les mesures au laboratoire** : comprennent les paramètres suivants : (ammonium, fer, nitrite, sulfate, chlorures, Titre Hydrométrique, Titre Alcalimétrique, Titre Alcalimétrique Complet,etc.).

II.3.2.1. Analyses physiques

a. La température

✓ **Principe**

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Plonger le thermomètre dans l'échantillon et laisser se stabiliser.
- ✚ Noter la valeur de la température.

✓ **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur de la température en degré Celsius (°C).

b. Le pH (NF T90-008)

✓ **Principe**

La détermination de la valeur du pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide du pH -mètre. Le pH d'un échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Transvaser environ 100 ml d'échantillon à analyser dans un bécher.
- ✚ Immerger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et attendre la stabilité de la valeur du pH.

✓ **Expression des résultats**

La valeur du pH est affichée sur l'écran.

c. La conductivité (NF T90-031)

✓ **Principe**

La conductivité électrique découle de la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de la concentration, de la nature, de la température et de la viscosité de la solution aqueuse.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Allumer le conductimètre.
- ✚ Rincer plusieurs fois la sonde de conductivité avec de l'eau distillée.
- ✚ Prolonger la sonde dans un bécher qui contient l'eau à analyser et attendre la stabilité de la valeur de la conductivité.

✓ **Expression des résultats**

La valeur de la conductivité est affichée sur l'écran. Elle est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

d. La turbidité (NF T90-033)

✓ **Principe**

Son principe consiste en la mesure de la turbidité par néphélogéométrie en utilisant un turbidimètre optique sur une plage de mesure allant de 0 à 4000 NTU. Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure).
- ✚ Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon puis sécher.
- ✚ Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- ✚ Fermer le capot de l'appareil et effectuer la lecture.

✓ **Expression des résultats**

La valeur de la turbidité est affichée sur l'écran. Elle est exprimée en NTU.

e. TDS

✓ **Principe**

Elle est déterminée au laboratoire à l'aide d'une électrode incorporée au conductimètre étalonné.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Changer le mode d'utilisation d'appareil pour mesurer la TDS.

✓ **Expression des résultats**

La TDS est exprimée en mg/l .

f. La salinité

✓ **Principe**

La salinité est mesurée *in situ* à l'aide d'un conductimètre.

✓ **Mode opératoire**

✚ Changer le mode d'utilisation de l'appareil pour mesurer la salinité.

✓ **Expression des résultats**

Le résultat est exprimé en mg/l.

II.3.2.2. Les analyses chimiques

a. Le titre hydrométrique (dureté totale)

✓ **Principe**

C'est un titrage volumétrique de l'eau par le complexons III 0.1N (EDTA) en milieu alcalin (pH= 10) en présence de Noir Eriochrome T qui vire du violet au bleu foncé.

✓ **Réactifs**

- Solution tampon à pH=10.
- Indicateur de Noir Eriochrome T (mélange composé mordant noir 11).
- Solution de l'E.D.T. A 0.1M.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Mettre 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- ✚ Ajouter 10 ml de la solution tampon pH=10 et une pincé d'indicateur Noir Eriochrome T.
- ✚ Titrer avec la solution E.D.T.A. 0.1M.
- ✚ Le passage de la coloration violet au bleu foncé indique la fin de la réaction.

✓ **Expression des résultats**

Soit **A** : le nombre de ml de solution titrante utilisée E.D.T.A 0.1M.

B : le nombre de ml d'échantillon d'eau prélevée.

$$\text{Dureté} = \frac{A}{B} \times \theta \times 0.1M = \frac{A}{B} \times \theta \times 0.2 \text{ Eq/l (0.1M=0.2N et 1N=1Eq/l)}.$$

$$\text{Dureté} = \frac{A}{B} \times \theta \times 0.2 \times 10^3 \text{ mEq/l} = \frac{A}{100} \times \theta \times 0.2 \times 10^3 \text{ mEq/l}.$$

$$\text{Dureté} = A \times \theta \times 2 \times 5 = \dots^\circ\text{F}.$$

b. Le titre alcalimétrique (NF T90-036)

✓ **Principe**

Le titre alcalimétrique mesure la totalité des ions hydroxyle OH⁻ et une valence des carbonates CO₃²⁻. La mesure est effectuée au moyen d'un acide fort (H₂SO₄, HCl, HNO₃) à 0.1N en présence de la phénolphtaléine (indicateur coloré qui à la propriété de virer du rose pH>8.3 à l'incolore pH <8.3).

✓ **Réactifs**

- Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.1%.
- Solution aqueuse HCl à 0.1N.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ A 100ml d'eau analysé contenue dans un erlenmeyer, ajouter 3 à 4 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.1%.
- ✚ Agiter pendant quelques seconds.
- ✚ Titrer avec de l'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'au passage de la coloration rose à l'incolore (pH<8.3).

✓ **Expression des résultats**

Soit le (V₁) le nombre de millilitres d'acide chlorhydrique 0.1N nécessaire pour le virage.

$$TA = \frac{V_1 \times N}{Pe} = \frac{V_1 \times 0.1 Eq/l}{Pe}$$

$$TA = \frac{V_1 \times 0.1 \times 10^3 mEq/l}{Pe} = \frac{V_1 \times 0.1 \times 10^3 mEq/l}{100} = V_1 mEq/l.$$

TA : V₁ x 5.

V₁ : exprime le titre alcalimétrique en milliéquivalent par litre.

V₁ x 5 : c'est le titre alcalimétrique en degrés français.

1°F = 10mg de carbonate de calcium = 0.2 m Eq/l.

c. Titre Alcalimétrique Complet : (NF T90-036)

✓ **Principe**

Permet de mesurer l'ensemble des anions faible à savoir les hydroxyles (OH⁻), les carbonates (CO₃²⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻).

La mesure est effectuée au moyen d'un acide fort (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) à 0.1 N en présence de méthyl-orange (l'hélianthine) (indicateur coloré qui vire de jaune $pH > 4.5$ à orange $pH < 4.5$).

✓ **Réactifs**

- Solution aqueuse de méthylorange à 5%.
- Solution aqueuse HCl à 0.1N.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Dans le même erlenmeyer qui contenait l'eau à analyser (pour le titre alcalimétrique), ajoutez 05 gouttes de méthylorange.
- ✚ Agiter pour quelque second.
- ✚ Titrer de nouveau avec la même solution d'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'au passage de la coloration jaune vers le jaune orangé.

✓ **Expression des résultats**

$$TAC = \frac{(V-0.5) \times 0.1 Eq/l}{Pe} = \frac{(V-0.5) \times 0.1 \times 10^3 m Eq/l}{100} = V - 0.5 m Eq/l.$$

$$V = V_1 + V_2.$$

V-0.5 : exprime le titre alcalimétrique complet en milliequivalent par litre.

(V-0.5) x 5 : exprime le titre alcalimétrique complet en degrés Français.

✓ **Interprétation**

La détermination de T.A.C peut permettre d'apprécier la dureté dans le cas des eaux calcaires.

Dans le cas des eaux salinitieuses ($CaSO_4$) ou magnésiennes ($MgCl_2$) : le TAC est inférieur à la dureté alcalimétrique (D.H.T.).

✓ **Remarque**

Si le titre dépasse 30 degrés Français, il est préférable de faire des dilutions au tiers ou au quart.

d. Dosage de chlorures (Méthode de Mohr) (NF T90-014)

✓ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de Dichlorofluorecéine. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la coloration rose.

✓ **Réactifs**

- Solution de Dichlorofluorecéine.
- Solution de nitrate d'argent 0.1N.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ A 100ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, ajouter trois gouttes de solution de Dichlorofluorecéine 5%.
- ✚ Titrer avec la solution de nitrate d'argent 0.1N jusqu'au virage de la coloration de jaune au rose de la solution.

Soit V le nombre des millilitres de nitrate d'argent 0.1N utilisés.

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100ml d'eau à analyser :

- La teneur en chlorures exprimée en mg/l de Cl⁻ est donnée par :

$$\frac{V \times N \times 35.5 \times 1000}{100} = V \times 35.5 = \text{mg/l Cl}^-$$

- La teneur en chlorures exprimée en mg/l de NaCl est donnée par :

$$\frac{V \times N \times 58.5 \times 1000}{100} = V \times 58.5 = \text{mg/l NaCl}$$

e. Chlore résiduel (Norme ISO7393/3)

✓ **Principe**

Le test de chlore est déterminé par la méthode du DPD (N, N-Diethyl-P Phenylenediamine). En présence de chlore libre le DPD donne un complexe rougeâtre.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Agiter l'eau à analyser.
- ✚ Prendre un tube à essais, ajouter une quantité déterminée d'eau à analyser.
- ✚ Ajouter un comprimé de DPD.
- ✚ Comparer la couleur du tube avec celle du comparateur pour préciser le taux de chlore présent dans l'eau à analyser.

✓ **Expression des résultats**

La concentration de chlore libre est exprimée en mg/L d'eau à analyser.

f. Dosage des orthophosphates par colorimétrie (ISO N° 6878)

✓ **Principe**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates forment un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue et se prête alors à une évaluation colorimétrique.

✓ **Réactifs**

- Solution A : Molybdate d'ammonium**2.5g**
Eau distillé**Q.S.P. 100ml**
- Solution B : Acide sulfurique pur.....**28ml**
Eau distillé.....**Q.S.P 100ml**
- Solution C : Acide ascorbique**0.5g**
Eau distillée.....**50ml**
- Solution de mélange (D) :
Au mélange [(A) +(B)] soustraire 50ml et les compenser par 50ml de (C)
- Solution mère étalon à 1000mg/l de PO_4^{3-} .
Phosphate monopotassique (KH_2PO_4)..... **1.432g**
Eau distillée.....**Q.S.P 1000ml**
- Solution fille d'étalon à 10mg/l de PO_4^{3-} :

✚ Prélever 1ml de la solution mère et compléter le volume à 100ml avec de l'eau distillée

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Introduire dans une série des fioles jaugées de 50ml.

Numéro des fioles	I	II	III	IV	V	T
Solution fille étalon à 10mg/l PO_4^{3-} (ml)	2	4	6	8	10	0
Solution de mélange (D)	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/l PO_4^{3-}	1	2	3	4	5	0
Eau distillée (ml)	38	36	34	32	30	40

✓ **Mode opératoire**

✚ Vérifiez le pH de l'échantillon qui doit être de 7 ± 1 , l'ajuster si nécessaire.

✚ Dans une fiole de 50 ml introduire :

- Eau à analyser.....20ml
- Solution mélange 5 ml
- Eau distillée.....25ml

✚ Portez la solution au bain-marie à 80 °C pendant 20 minutes.

✚ Laissez refroidir, puis passez au spectrophotomètre à 820 nm, établir le zéro de l'appareil avec la solution témoin.

✓ **Expression des résultats**

La courbe donne la teneur en phosphore exprimée en mg PO_4^{3-} pour la prise d'essai .
1mg ion PO_4^{3-} est égal à 0.7475mg d'anhydride phosphorique P_2O_5 .

g. Dosage de l'azote ammoniacal (norme ISO N°7150)

✓ **Principe**

L'ammoniaque et les composées ammoniacales réagissent avec le réactif de Nessler et donnent un complexe colloïdal jaune brunâtre ou rougeâtre.

La coloration obtenue est comparée à celle d'une gamme étalon (colorimètre visuelle)
On peut apprécier l'intensité de la coloration à l'aide d'un spectrophotomètre à 400-425nm.

✓ **Réactifs**

- Solution de tartrate double de sodium potassium
- Réactif de Nessler : mélange à part égale

Solution A : Iodure de potassium.....36.5g

Iodure de mercure (mercurique)50g

Dissoudre dans de l'eau distillée et complétez le volume à 1000ml avec le même solvant

Solution B : Hydroxyde de potassium.....150g

Dissoudre dans de l'eau distillée et complétez le volume à 1000ml avec le même solvant.

- Solution mère de NH_2Cl à 1g/l de NH_4^+ :

Dissoudre 2.97g de NH_4Cl dans de l'eau distillée et complétez le volume a 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Solution fille à 10 mg/l de NH_4^+ :

Prendre 1 ml de la solution mère et complétez à 100 ml avec de l'eau distillée.

Préparer cette solution au moment de l'emploi.

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

✚ Dans une série de fioles jaugées, préparez les dilutions suivantes

Numéro des fioles	I	II	III	IV	T	E
Solution fille de NH_4^+ à 10mg/l (ml)	5	10	15	20	0	0
Eau distillée (ml)	45	40	35	30	50	0
Correspondance en mg/l NH_4^+	1	2	3	4	0	X
Solution tartrate Na,K (ml)	2	2	2	2	2	2
Reactif de Nessler	2	2	2	2	2	2

✚ Laissez reposer pendant 10min puis passez au spectrophotomètre à 420nm.

✚ Etablir la courbe d'étalonnage, régler le zéro de l'appareil avec la solution témoin

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 50ml d'eau à analyser, la courbe donne directement la teneur en ammonium exprimée en mg/l .

h. Dosage du fer (méthode colorimétrique à l'orthophénanthroline) (ISO N°6332)

✓ **Principe**

A l'ébullition, l'acide chlorhydrique libère le fer sous forme ionique Fe^{2+} est ensuite réduit à l'état ferreux par l'hydroquinone et dosé colorimétriquement, en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec l'orthophénanthroline.

✓ **Réactifs**

Les réactifs seront préparés à partir d'eau bi distillée exempte de toute trace de fer

- Solution d'acide chlorhydrique 1N.
- Solution aqueuse d'hydroquinone à 1%.
- Solution aqueuse d'orthophénanthroline à 1 %.

L'orthophénanthroline se solubilise aisément à 80 °C. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur. A renouveler dès l'apparition d'une coloration.

- Solution mère étalon de fer à 1g/l.

- Solution fille étalon de fer à 0,01g /l.

Diluer au 1/100 la solution mère étalon a 1g/l. (à préparer extemporanément).

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de tubes, introduire en agitant après chaque addition.

Numéros des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution fille étalon de fer 0.01g/l (ml)	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Eau bidistillée (ml)	10	9.9	9.8	9.6	9.4	9.2	9
Solution HCl 1N (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution d'hydroquinone à 1% (ml)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Solution d'orthophénanthroline (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Correspondance en mg de fer par litre	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Dans un tube à essai en Pyrex prélever 10 ml d'eau à analyser ajouté 1ml de solution d'acide chlorhydrique 1N et porter à ébullition pour assurer la solubilisation du fer.
- ✚ Refroidir, ajuster à 10 ml avec de l'eau bi distillée bouillie, Puis ajouter successivement :
 - Solution aqueuse d'hydroquinone à 1% 0,3 ml.
 - Solution d'orthophénanthroline a 0,1 % 1ml.
- ✚ Préparer un témoin avec 10 ml d'eau bidistillée ce témoin sera traité dans les mêmes conditions que l'essai.
- ✚ Laisser au repos des deux tubes à température ambiante pendant 30 minutes.
- ✚ Effectuer les lectures au spectrophotomètre UV/VIS à la longueur d'onde de 510 mn et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se porter à la courbe d'étalonnage.

✓ **Expression des résultats**

La courbe donne la teneur en fer exprimée en milligrammes par litre d'eau

i. Résidu sec (NF T09-029)

✓ **Principe**

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Evaporer progressivement au bain marie dans une capsule tarée 100 ml d'eau (P₁).
- ✚ Une fois toute l'eau évaporé porter la capsule à l'étuve à 105 pendant 4h et laisser refroidir 15 minutes au dessiccateur.
- ✚ Peser immédiatement (P₂).

✓ **Expression des résultats**

$$RS = P_2 - P_1 \text{ (mg/l).}$$

P₁ : La tare vide.

P₂ : La tare après évaporation les calculs.

j. Dosage des Nitrites (Méthode à la Sulfanilamide) (norme ISO 6777)

✓ **Principe**

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa réaction avec la N-1 Naphtylethylenediamine, donne un complexe pourpre dosé par colorimétrie.

✓ **Réactifs**

- Solution de sulfanilamide :

Sulfanilamide..... **1 g**

Acide chlorhydrique à 10 %..... **Q.S.P. 100 ml**

- Solution de dichlorhydrate N-I naphtyléthylènediamine à 0,1 %.

- Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/1 :

Nitrite de sodium..... **0.4928 g**

Eau distillée.....**Q.S.P. 1000 ml**

- Solution fille étalon d'azote nitreux à 1 mg/1 N.

Diluer au 1/100 la solution mère avec de l'eau distillée (à préparer chaque jour).

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

- ✚ Introduire dans une série de fioles jaugées de 50 ml :

Numéro des fioles	Témoin	I	II	III	IV	V
Solution fille à 1 mg/ 1N (ml)	0	1	2.5	5	7.5	10
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	42.5	40
Solution de sulfanilamide (ml)	1	1	1	1	1	1

- ✚ Agitez vigoureusement et attendre 5 mn

Sol. De N-1naphtyléthylène-Diamine ou (NAD) (ml)	1	1	1	1	1	1
Correspondance en mg / 1 N	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.20

- ✚ Laissez au repos 10 mn (obtention d'une coloration pourpre) puis lire au spectrophotomètre à la longueur d'onde 543 nm.
- ✚ Etablir la courbe d'étalonnage, réglez le zéro de l'appareil avec la solution témoin.

k. Dosage de sulfate (NF T90-011)

✓ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités par le chlorure de baryum à l'état de sulfate de baryum qui sous les conditions du test se présente comme une suspension fine et distribuée de façon uniforme à l'état d'une solution de glycérine.

La densité optique de la suspension homogène est mesurée par spectrophotométrie à 440 nm.

✓ **Réactifs**

- Eau déminéralisé sans sulfate.
- Solution standard de sulfate d'ammonium :
Dissoudre 1.375g de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ qualité pure pour analyse dans l'eau et portez à 1000ml. 1ml de cette solution contient 1mg de sulfate.
- Solution acide de chlorure de sodium :
Dissoudre 240g de chlorure de sodium pour analyse dans l'eau ; ajoutez 20ml d'acide chlorhydrique pour analyse ($d=1.19$) et complétez à 1000ml avec de l'eau .filtrez la solution si nécessaire.
- Solution aqueuse de glycérine à 50%.
- Chlorure de baryum cristallisé $(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ pour analyse (Ce sel doit être broyé finement).

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage.**

Introduire dans une série d'erenmeyers.

Numéro de l'erenmeyer	I	II	III	IV	T	E
Solution de SO_4^{2-} à 1mg/l (ml)	2	4	6	8	0	0
Eau distillée (ml)	98	96	94	92	100	50

Eau analysé (ml)	0	0	0	0	0	50
Correspondance en mg/ml SO ₄ ²⁻	20	40	60	80	0	X

✓ **Mode opératoire**

- ✚ Au volume obtenu, ajoutez 10ml de solution acide de chlorure de sodium ,10ml de solution de glycérine et 0.2g de chlorure de baryum.
- ✚ Mélangez la solution pendant 1min.
- ✚ Mélangez à nouveau et lire au spectrophotomètre à 440nm en utilisant la solution témoin pour le réglage du zéro de l'appareil.

✓ **Expression des résultats**

Le résultat de l'essai est multiplié par 2 pour l'obtention de la concentration en mg/l SO₄²⁻.

II.3.3. Quelques eaux commerciales vs nos eaux de source

Cette partie est consacrée à la comparaison de quelques paramètres physico-chimiques de l'échantillon de l'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » avec les informations affichées sur les étiquettes des bouteilles d'eau de quelques marques commerciales.

Tableau n° 6: Dénomination, nature, origine, date de fabrication et lot des eaux analysées.

La dénomination	La nature	Situation géographique	Date de fabrication	LOT
Arwa	E.S	Sétif	23/12/2019	35
Ifri	E.M.N	Ouzellaguen-Bejaïa	13/08/2020	A30
Saida	E.M.N	Saïda	10/08/2020	223/1
Messerghine	E.M.N	Oran	23/07/2020	289D
Guedila	E.M.N	Djamoura-Biskra	03/2020	1/070
Qniaa	E.S	Akbou-Béjaïa	30/04/2020	121

EMN : eau minérale naturelle ES : eau de source

II.3.4. Les analyses bactériologiques

Des bactéries indicatrices, présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants et l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien : *E. coli*, sont utilisés pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux (**Hedahbia et Aliouche, 2016**).

II.3.4.1. Recherche des coliformes totaux et des colibacilles

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire.

- **Mode opératoire (colimétrie sur milieu liquide)**

1ère étape : Test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes.

- ✚ Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats (**Joffin et Joffin, 1999**).
- ✚ L'ensemencement est réalisé après agitation de l'échantillon :
 - ❖ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche Durham.
 - ❖ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche Durham.
 - ❖ 1 fois 50 ml dans 1 flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche Durham.
- ✚ Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- ✚ Après incubation, seront considérés comme positifs les tubes qui présentent à la fois :
 - ✓ Un dégagement de gaz (1/10 de la hauteur de la cloche).
 - ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune qui est dû à la fermentation du lactose présent dans le milieu.
- ✚ Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre de tubes positifs en se référant à la table de Mac Grady qui nous donne le nombre le plus probable (NPP). (**Annexe 4**).

2ème étape : Test confirmatif (Mac Kenzie) réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli* (**Labres, 2002 ; Chaouch, 2007 ; Labres et Mouffok, 2008**).

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

- ✚ Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures (**Labres et Mouffok, 2008**).
- ✚ Considérer comme positifs les tubes dans lesquels on observe à la fois :
 - ✓ Un trouble et un dégagement de gaz (1/10 de la cloche Durham).
 - ✓ La production d'indole par les coliformes thermo-tolérants peut nous orienter vers *Escherichia coli*, qui se manifestera par l'apparition d'un anneau rouge ou rose qui se rassemblera à la surface du tube après l'ajout du réactif de Kovacs.
- ✚ Le dénombrement d'*Escherichia coli* est obtenu de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Grady (NPP). (**Annexe 4**)
- ✚ Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau à analyser (**Labres et Mouffok, 2008**).

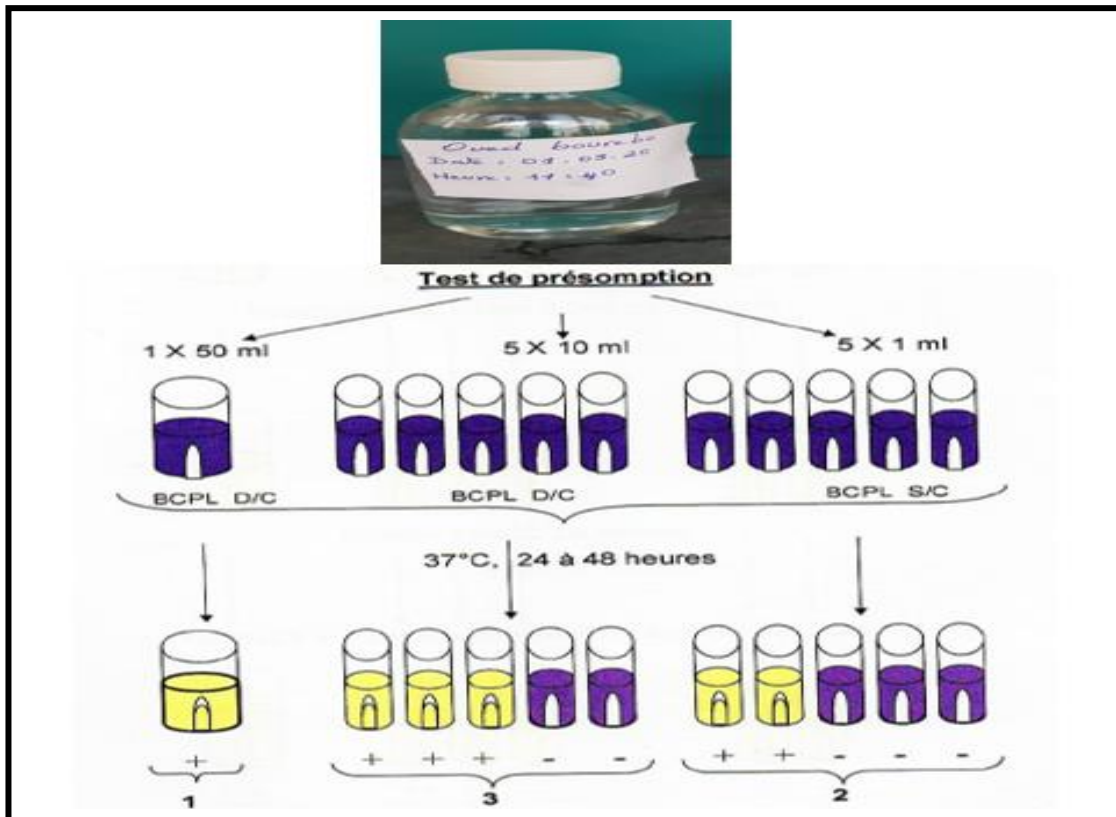


Figure n°5 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (Test de présomption) (ANB).

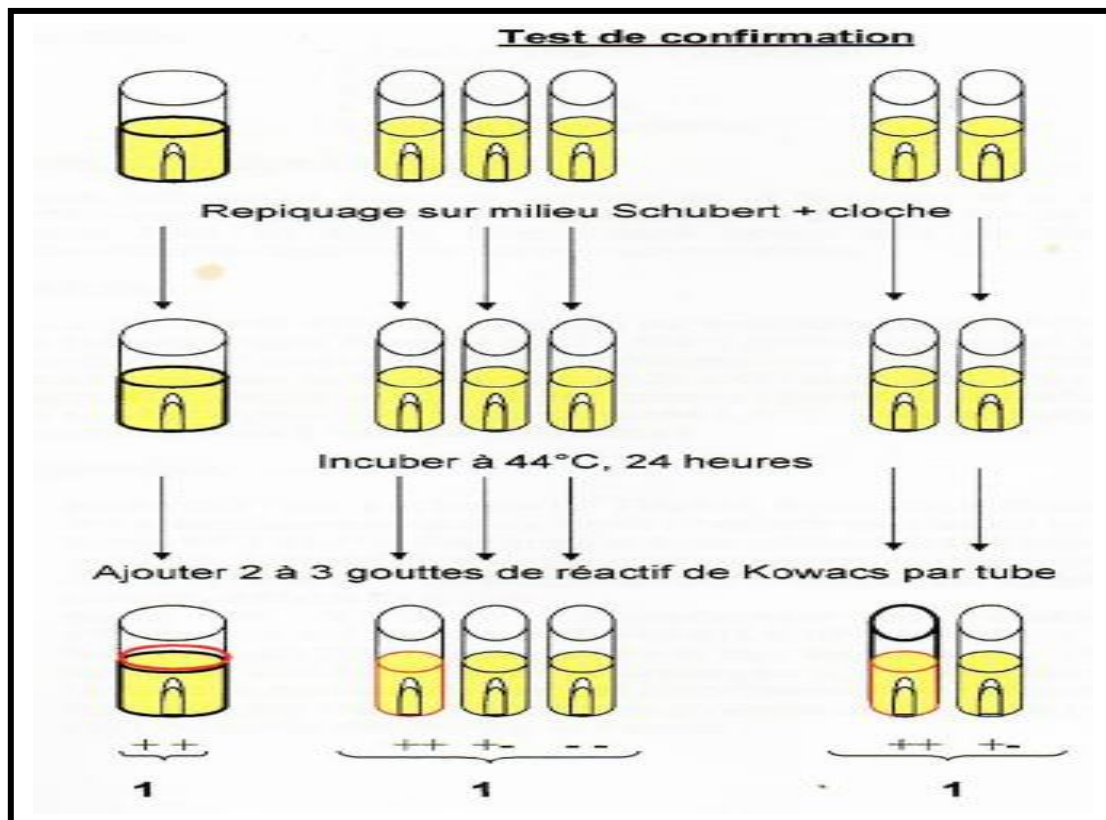


Figure n°6: Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (*E. coli*) (ANB).

II.3.4.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

- **Mode opératoire (streptométrie sur milieu liquide)**

1ère étape : Test présomptif : Réservé à la recherche des streptocoques

+ A partir de l'eau à analyser, on ensemence :

- ❖ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- ❖ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- ❖ 1 fois 50 ml dans 1 flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.

+ Incuber les tubes après leurs mélanges à 37°C pendant 24-48 heures.

+ Les tubes positifs se manifestent par la présence d'un trouble bactérien accompagné d'un virage de milieu dans lequel on présume contenir un Streptocoque et sont soumis au test de confirmation.

2ème étape : Test confirmatif : réservé à la confirmation des streptocoques fécaux dans les tubes positifs du test de présomption (**Chaouch, 2007**).

+ Après agitation des tubes positifs ; prélever quelques gouttes par une pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky .

+ Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

+ Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Labres, 2002**).

Seront considérés positifs les tubes présentant :

- ✓ Un trouble dû au développement bactérien.
- ✓ Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube (**Labres, 2002**).

Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et forme une pastille violette (**Rodier et al., 2009**).

+ La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (**Annexe 4**) (**Labres, 2002**).

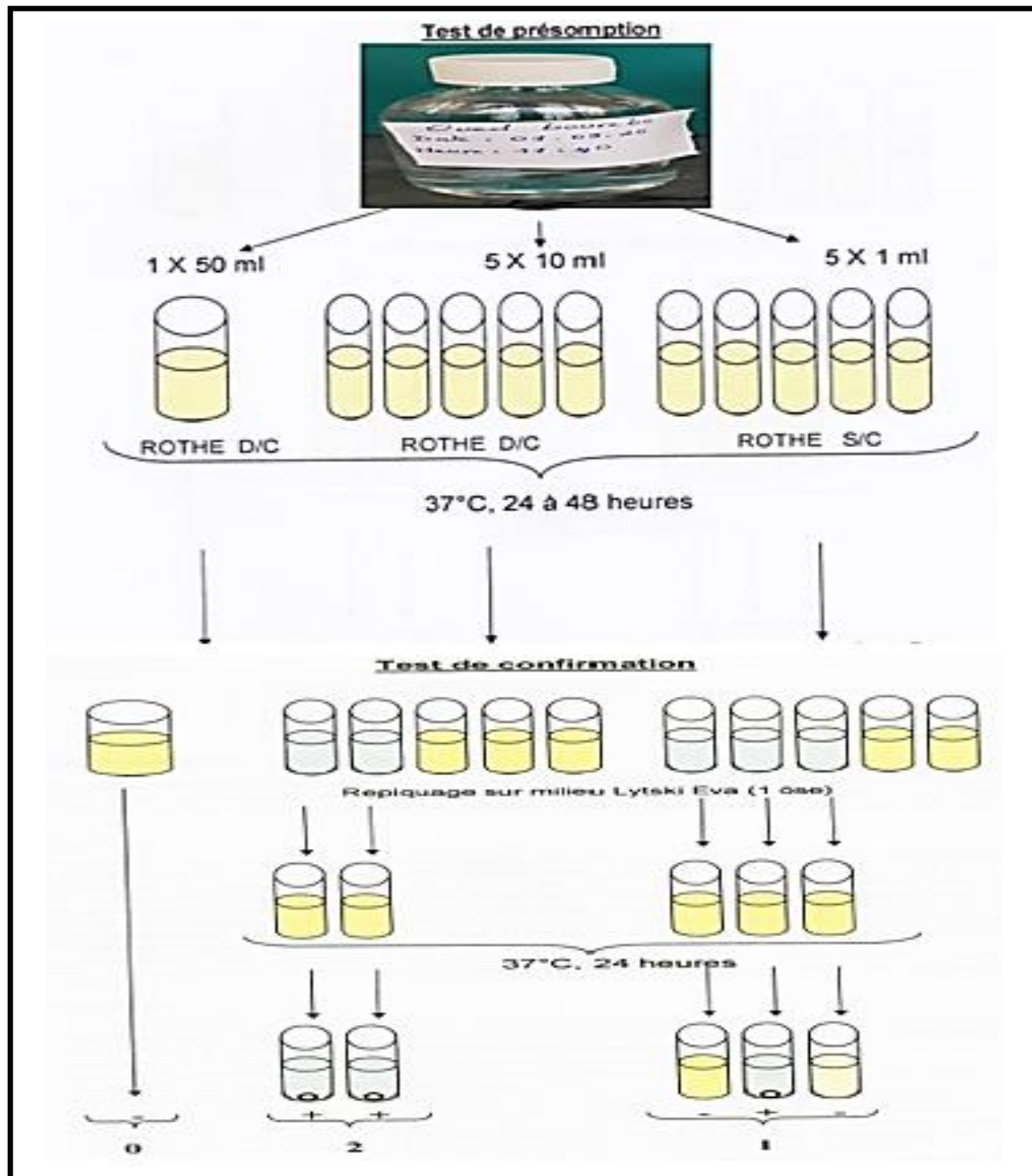


Figure n°7 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (ANB).

II.3.4.3. Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur

La recherche et dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose sur tube profonds :

- ✚ Prendre environ 25 ml de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 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 préalablement stérilisés, à raison de 5 ml par tube.
- ✚ Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- ✚ L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- ✚ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- ✚ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C, pendant 24 à 48 heures (**Labres et Mouffok, 2008**).

✓ **Remarque**

Faire une première lecture après 24 heures et une deuxième après 48 heures. La première est indispensable car en présence de nombreuses colonies la diffusion de la coloration nous rend le tube invisible (**Rejsek, 2002**).

II.3.4.4. Recherche des Salmonelles

Verser 50 ml d'eau à analyser dans un flacon contenant 50 ml de **Bouillon SFB**.

- ✚ Ajouter 20 gouttes de l'additif sélénite de sodium.
- ✚ Incuber à 37°C pendant 24 heures.
- ✚ Les tubes positifs présentant un trouble bactérien impliquent un ensemencement sur milieu Hektoen pour la recherche des salmonelles.

II.3.4.5. Recherche de vibrions :

- ✚ Ajouter 50ml d'échantillon dans un flacon contenant 50ml de l'eau peptonnée alcaline.
- ✚ Incuber à 37°C pendant 24h.
- ✚ Les tubes positifs présentant un trouble bactérien impliquent un ensemencement sur milieu GNAB pour la recherche des vibrions.

- ✚ Incubation à 37°C pendant 24h.

II.3.4.6. Recherche de *Pseudomonas*

Le milieu cétrimide est un milieu sélectif pour l'isolement et l'identification présomptive de *Pseudomonas aeruginosa* grâce à la présence de cétrimide (antiseptique) et l'acide nalidixique (antibiotique).

- ✚ Ensemencement de l'eau à analyser par un râteau sur le milieu cétrimide.
- ✚ Incubation à 37°C pendant 24h.
- ✓ L'obtention des colonies présentant une pigmentation caractéristique bleue ou bleu-vert et une fluorescence sous ultraviolets à 254 nm oriente vers *Pseudomonas aeruginosa*
- ✓ Si le milieu est jaune-vert donc présence de *Pseudomonas fluorescens*.

II.3.5. Identification des souches :

Afin de caractériser les souches isolées des prélèvements de l'eau, une série de tests est effectuée. Tout d'abord, les bactéries sont ensemencées sur milieu Hektoen dans le but de décrire et reconnaître la forme, la couleur et les bornes des colonies isolées (examen macroscopique).

Par la suite, la coloration de Gram est réalisée pour déterminer aussi bien leur type de Gram que leur forme et leur organisation cellulaire (examen microscopique).

Enfin, une galerie API 20E est réalisée pour déterminer l'espèce.

Les tests effectués, leurs principes, les techniques et la lecture des résultats positifs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau n°7 : Les tests effectués, leurs principes, les techniques et la lecture des résultats.

Test	Principe	Technique	Lecture
Milieu Hektoen	<p>Est un milieu sélectif différentiel des bactéries entéro-pathogènes, particulièrement de <i>Salmonella</i> et de <i>Shigella</i>.</p> <p>La composition du milieu permet la différenciation des colonies fermentant rapidement un des 3 sucres</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ensemencer en stries à partir de l'échantillon à étudier ○ Incuber pendant 24-48 heures à 37°C. 	<ul style="list-style-type: none"> ● La fermentation d'au moins un des sucres se traduit par une coloration "saumon" des colonies : <i>Escherichia</i>, <i>Levinea</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Enterobacter</i>, <i>Serratia</i>, <i>Yersinia</i> ● L'absence de fermentation se traduit par une coloration bleue ou verte des colonies. ● La production d'hydrogène sulfuré (H₂S) est caractérisée par des colonies à centre noir. <i>Proteus vulgaris</i>.
Coloration de Gram	<p>Différencier entre deux grands groupes bactériens bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Réalisation de frottis. ○ Coloration VLAFF (Violet de gentiane, Lugol, alcool, Fuschine) ○ Observation microscopique à l'objectif à immersion grossissement x1000 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gram positif : gardent leur coloration violette ; après une décoloration par l'alcool ● Par contre les bactéries à Gram négatif sont décolorées par l'alcool et seront teintées par la fuchsine. Elles apparaîtront en rose

API 20E (Bio-Mérieux, Meylan, France)

✓ **Principe**

La galerie API 20 E (Appareillage et Procédé D'Identification), c'est un système miniaturisé d'identification biochimique qui comporte 20 micro-tubes de substrats déshydratés.

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 ou d'un logiciel d'identification (**BioMérieux API 20E manual, 2010**).



Figure n° 8 : Galerie API 20E

Méthode de réalisation (BioMérieux API 20E manual, 2010)

➤ **Préparation de l'inoculum**

- ✚ Utiliser un tube contenant 5 ml d'eau physiologique stérile ou de l'eau distillée stérile, sans additif.
- ✚ A l'aide d'une pipette, prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé. Utiliser préférentiellement des cultures jeunes (18-24 heures).
- ✚ Réaliser une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement les bactéries dans le milieu. Cette suspension doit être utilisée extemporanément.

➤ **Inoculation de la galerie**

- ✚ Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- ✚ Sortir la galerie de son emballage.
- ✚ Placer la galerie dans la boîte d'incubation.
- ✚ Introduire la suspension bactérienne dans les microtubes de la galerie à l'aide de la même pipette.
 - × Pour les tests CIT, VP et GEL, remplir tube et cupule.
 - × Pour les autres tests, remplir uniquement les tubes (et non les cupules).

- × Pour les tests : ADH, LDC, ODC, H₂S, URE créer une anaérobiose en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.

- ✚ Refermer la boîte et incuber à 36°C ± 2°C pendant 18-24 heures.

- ✚ Après 24 heures, ajouter :

- ✓ 1 goutte de réactif TDA dans la cupule du test TDA.
- ✓ Ajouter 1 goutte de réactif Kovacs sur le test IN.
- ✓ Ajouter 1 goutte des réactifs VP 1 et VP 2 sur le test VP (attendre au minimum 10 minutes).

➤ **Lecture et interprétation des résultats (BioMérieux API 20E manual, 2010)**

Après incubation, la lecture de la galerie doit se faire en se référant au tableau de la lecture (**Annexe n°11**); L'interprétation est faite à l'aide d'un logiciel de Galerie API 20 E System.

II.3.6. L'antibiogramme

➤ **Principe**

Les tests de sensibilité aux antibiotiques sont exécutés par la méthode de diffusion sur gélose Mueller Hinton, selon les recommandations du Comité Français de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (**CA-SFM, 2013**).

➤ **Technique**

- ✚ A l'aide de l'anse de platine on prélève quelques gouttes à partir des tubes qui contiennent les suspensions bactériennes (l'inoculum déjà préparé).
- ✚ Les boîtes de gélose Mueller Hinton sontensemencées par écouvillonnage à partir d'une suspension bactérienne ayant une densité correspondant à 0.5 Mac Farland.
- ✚ Déposer les disques d'antibiotiques sur la surface des géloses,

Tableau n°8 : Les antibiotiques utilisés.

ATB	Famille d'ATB	L'abréviation	La charge de disque
Amoxicilline+ Acide clavulanique	β – Lactamines	AMC	30 μ g
Céfotaxime	β – Lactamines	CTX	30 μ g
Céfazoline	β – Lactamines	CZ	30 μ g
Oxacilline	β – Lactamines	OX	30 μ g
Aztréonam	β – Lactamines	AT	30 μ g
Amoxicilline	β – Lactamines	AMX	25 μ g
Cefixime	β – Lactamines	CAZ	30 μ g
Cefoxitine	β – Lactamines	CX	30 μ g
Tétracycline	Cycline	TE	30 μ g
Ampicilline	β – Lactamines	AMP	10 μ g
Co-trimoxazole	Sulfamide	COT	25 μ g
Ceftriaxone	β – Lactamines	CTR	30 μ g

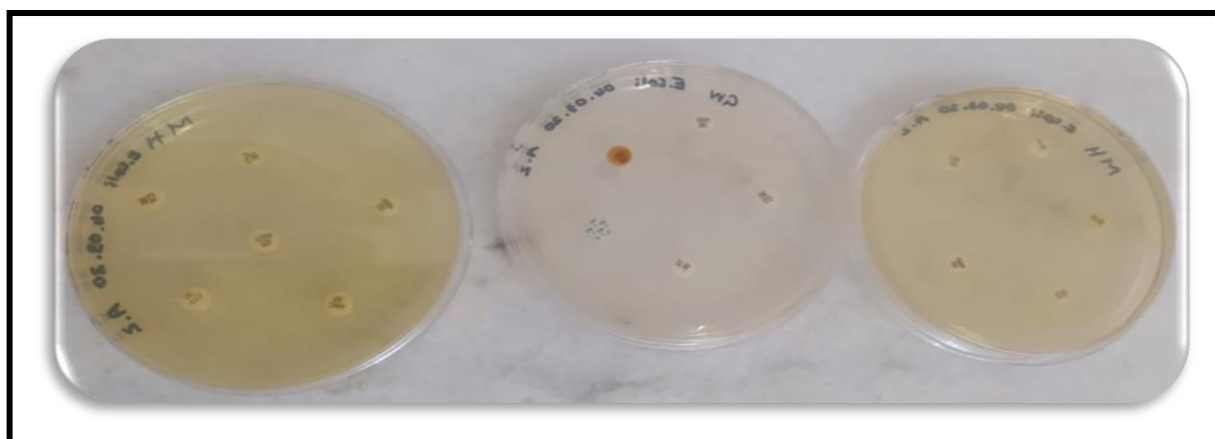


Figure n°9 : Les disques des antibiotiques sur les géloses.

- ✚ Incuber pendant 18 à 24 heures à 37°C.
- ✚ À l'aide d'un pied à coulisse, les différents diamètres des zones d'inhibition obtenus autour des disques d'antibiotiques sont mesurés et l'interprétation en Sensible (S) Intermédiaire (I) ou Résistante (R) est effectuée selon les critères définis par le (CA-SFM, 2013).



III. Résultats et discussion

L'étude expérimentale réalisée sur les différents échantillons prélevés, nous a permis de déterminer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de deux sources de la commune de Chréa à savoir ; « la source de « Oued Bourebo » et « la source Yema Bahriya ». Les prélèvements ont été effectués au cours du mois de mars. L'interprétation des résultats de chaque paramètre est effectuée selon :

- × Les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (JORADP, 2011) (JORADP, 2017).
- × Les valeurs guides de (OMS, 2006).
- × Les normes européennes (Saidal, 2003).

III.1. Qualité physico-chimique des eaux de sources

a. La température

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les deux sources ont la même température sur terrain (**Figure n°10**). Comparées aux normes, les eaux analysées ne sont pas excellentes mais plutôt bonnes

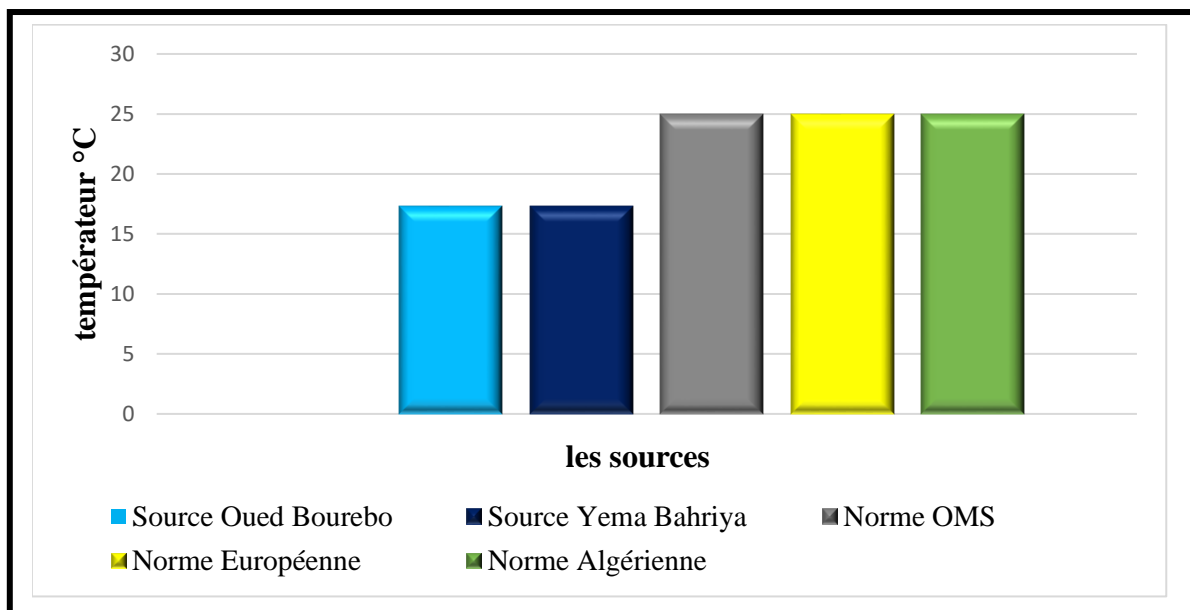


Figure n°10 : Résultats de la température dans l'échantillon de l'eau des deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » comparé aux normes guides de l'OMS, les normes Algériennes et Européennes.

D'une façon générale, la température des eaux est influencée par la saison de l'étude et l'origine dont elles proviennent (eau souterraine, eau de surface, eau de puits, eau de forage ou eau de citernes mobiles) (Rodier, 1984).

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine (Rodier et al., 2009).

b. Conductivité, TDS et Salinité

La TDS, la salinité et la conductivité sont trois paramètres liés entre eux d'une manière proportionnelle et qui définissent les matières solides dissoutes dans l'eau. Ces trois paramètres donnent une idée générale sur la minéralisation de l'eau.

D'après la **figure n°11**, nous constatons qu'il n'existe pas une grande différence de la conductivité électrique entre les deux eaux de source. Les valeurs enregistrées sont de **351 μ S/cm** pour la source « Oued Bourebo » et **347 μ S/cm** pour la source « Yema Bahriya ». Ses valeurs sont tous au-dessous de la valeur recommandée par les normes algériennes (JORADP, 2011) (**2800 μ S/cm**), de (l'OMS, 2006) et de la Communauté Européenne, dont la concentration maximale admissible est de **1250 μ S/cm**; donc ses valeurs sont conformes aux normes précédentes. Le même cas pour la TDS où les résultats des deux échantillons montrent qu'elles sont comprises entre **211mg/l** pour la source « Oued Burebo » et **210mg/L** pour la deuxième source « Yema Bahriya ». Par contre pour les valeurs de la salinité enregistrées de prélèvement varient de **210mg/l** pour la source « Yema Bahriya » à **211 mg/l** pour la source « Oued Bourebo ». Elles sont toutes supérieures à la norme fixée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de **0 mg/l**.

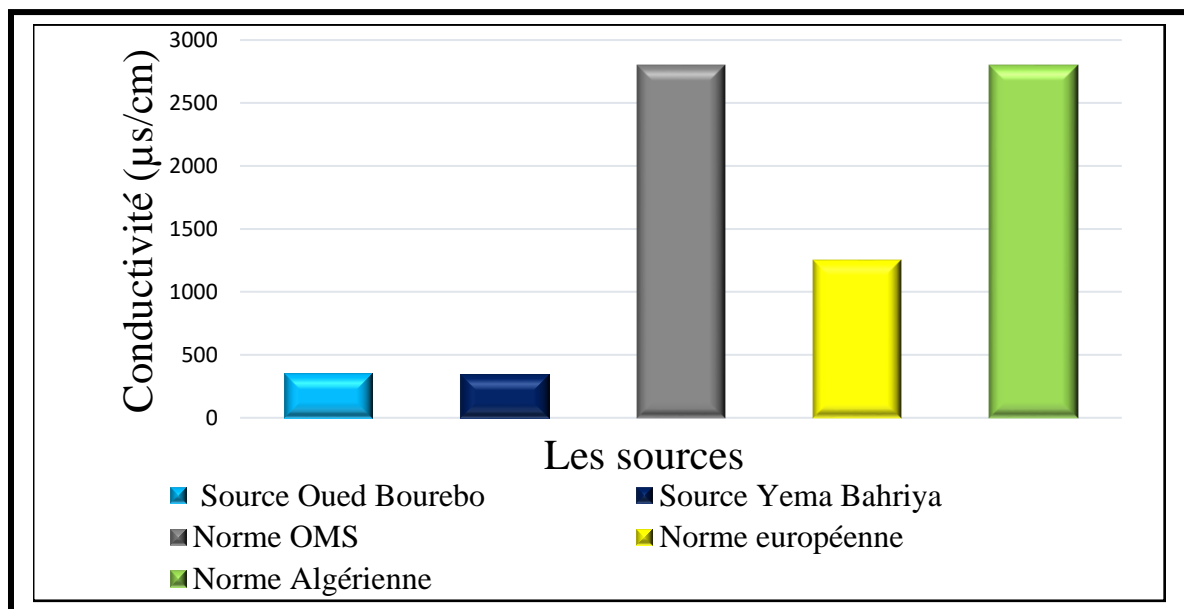


Figure n°11 : Résultats de la conductivité électrique, le taux des sels dissous(TDS) et la salinité dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » .

Selon (Merabet, 2010) les deux eaux étudiées sont de qualité excellente et moyennement minéralisées de point de vue conductivité. (Annexe 8). D'après Hamzaoui et Fellah (2014), les variations de la conductivité sont dues aux apports des précipitations entre les périodes et au temps de séjour des eaux.

Le TDS pourrait provenir de la dissolution des roches carbonatées (origine naturelle), ou des eaux usées et industrielles (origine anthropique) (Djermakoye, 2004).

c. Turbidité

D'après la figure n°12, Nous observons que la turbidité de la source « Yema Bahriya » est beaucoup plus importante que celle d'Oued Bourebo. Cependant, les deux valeurs de turbidité restent inférieures à 5 NTU, donc elles sont conformes à la norme exigée par loi algérienne (JORADP, 2011) ainsi que celle de l'OMS (OMS, 2006) et on peut les classer comme des eaux claires.

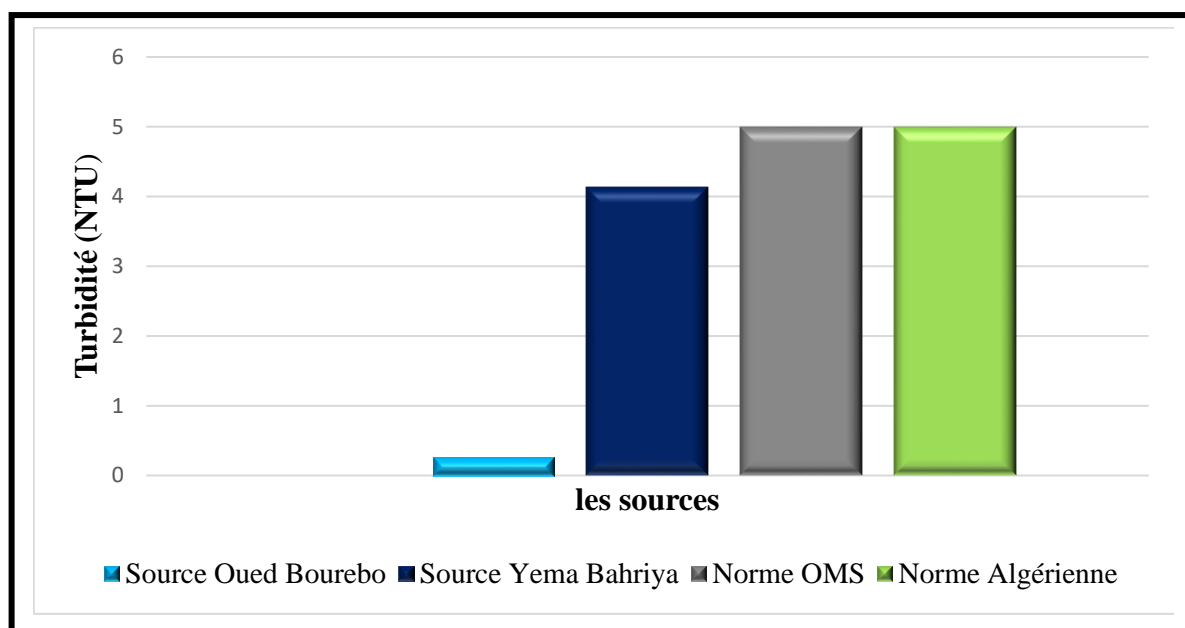


Figure n°12 : Résultat de la turbidité dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

d. Titre Hydrométrique (Dureté Totale)

Les valeurs de la dureté obtenues ne présentent pas des variations entre les deux eaux de source. Elles oscillent autour de **19°F**. Cette valeur reste conforme aux normes algériennes de la qualité de l'eau de source et celle de la Communauté Européenne.

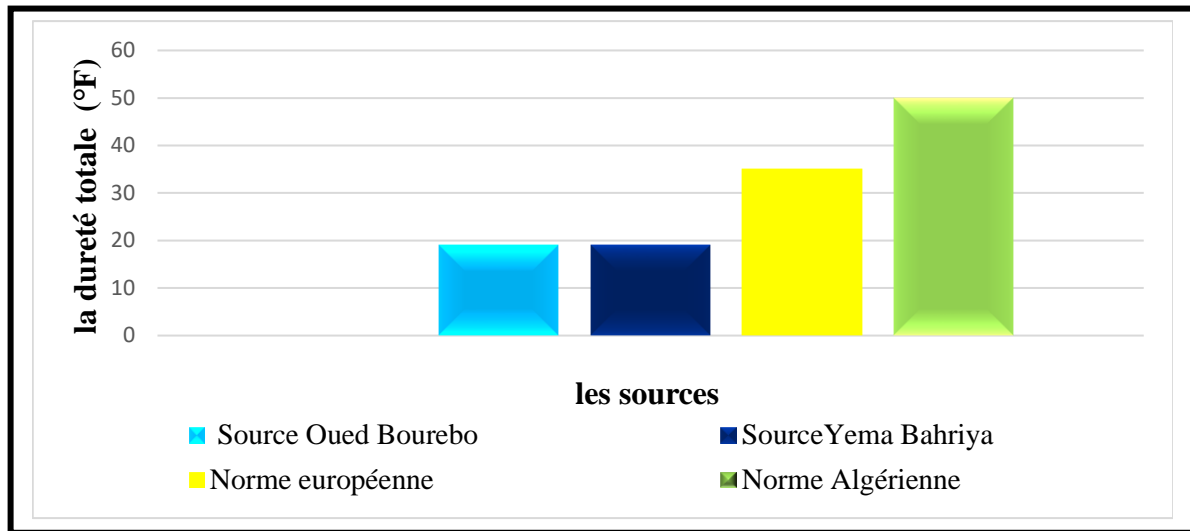


Figure n°13: Résultat de la dureté totale dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

Les deux eaux de source peuvent être classées selon (**Berne et Cordonnier, 1991**) en fonction de leurs duretés en eaux moyennement dures, alors que selon (**Merabet, 2010**) les eaux sont classées comme étant des eaux très douces.

e. Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)

D'après la **figure n°14** les concentrations du titre alcalimétrique (TA) sont nulles pour les deux eaux de source « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » qui sont traduites par l'absence en hydroxydes (OH-) et en carbonates, donc elles sont conformes à la norme algérienne (**JORADP, 2011**) qui recommande comme une valeur de **0 mg/l** et même celle de la Communauté Européenne (CEE).

Les résultats retrouvés de titre alcalimétrique complet (TAC) de la source « Yema Bahriya » (**20.5 °F**) est plus élevées que celle de la source « Oued Bourebo » (**12.5 °F**) mais les deux valeurs restent conformes à la norme de la Communauté Européenne(CEE) qui indique une valeur de **35°F**.

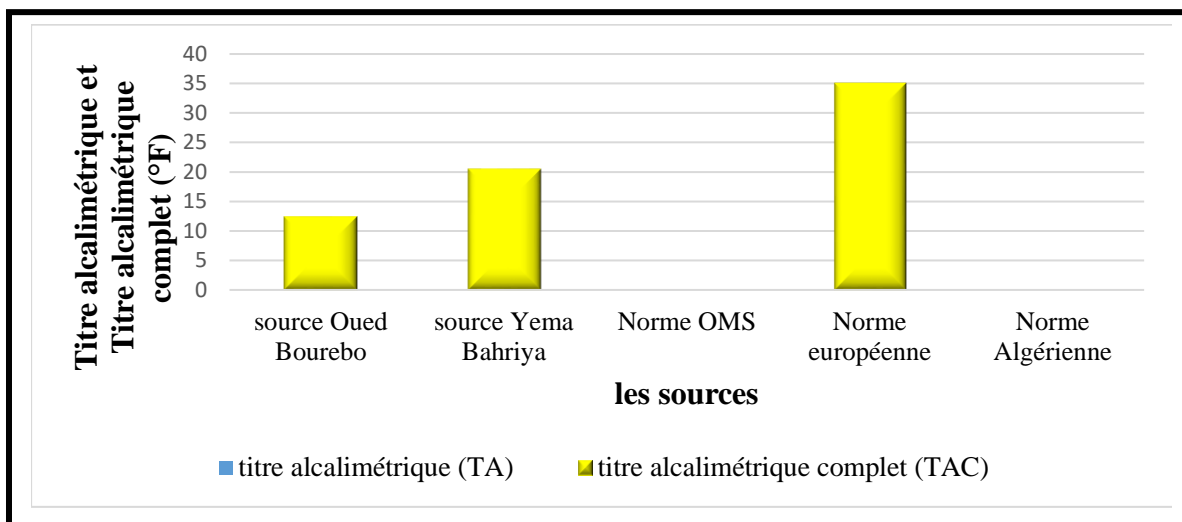


Figure n°14 : Résultat du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

f. L'azote ammoniacal

Selon la figure n°15 on remarque que la teneur de l'ammonium est très élevée pour la source « Yema Bahriya » avec une valeur de **2.43mg/L**, alors que la valeur de la source « Oued Bourebo » est moins élevée (**0.93 mg/L**). Le taux normal de l'ammonium est fixé à **0,5 mg/L** selon l'OMS et les normes algériennes (JORADP, 2011) et **0.4 mg/L** selon CEE, donc ces valeurs ne sont pas conformes aux normes de potabilité.

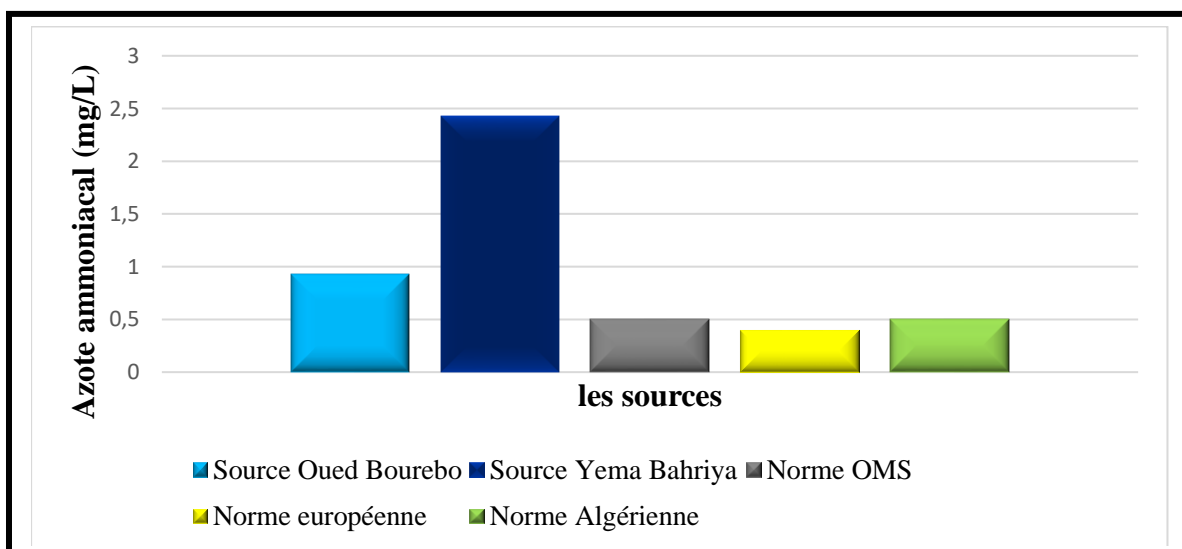


Figure n°15 : Résultat de dosage de l'azote ammoniacale dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (Ould Kankoul, 2004). Selon Dussart (1966) ; Bonte *et al.* (2002), la détection d'ammonium en grandes quantités dans les eaux naturelles est un critère de pollution.

g. L'orthophosphate

Des teneurs supérieures à **0,5 mg/L** d'orthophosphates constituent un indice de pollution (Rodier *et al.*, 2009). C'est le cas pour les eaux étudiées dans cette étude où on trouve **2.14 mg** d'orthophosphate par litre dans l'eau de la source « Yema Bahriya » et **1.74 mg/L** pour la source « Oued Bourebo ». Elles sont donc non conformes aux normes exigées par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de **0.5 mg/L** ainsi que les recommandations de l'OMS et les normes fixées par CEE qui fixent une valeur maximale admissible de **1mg/L**.

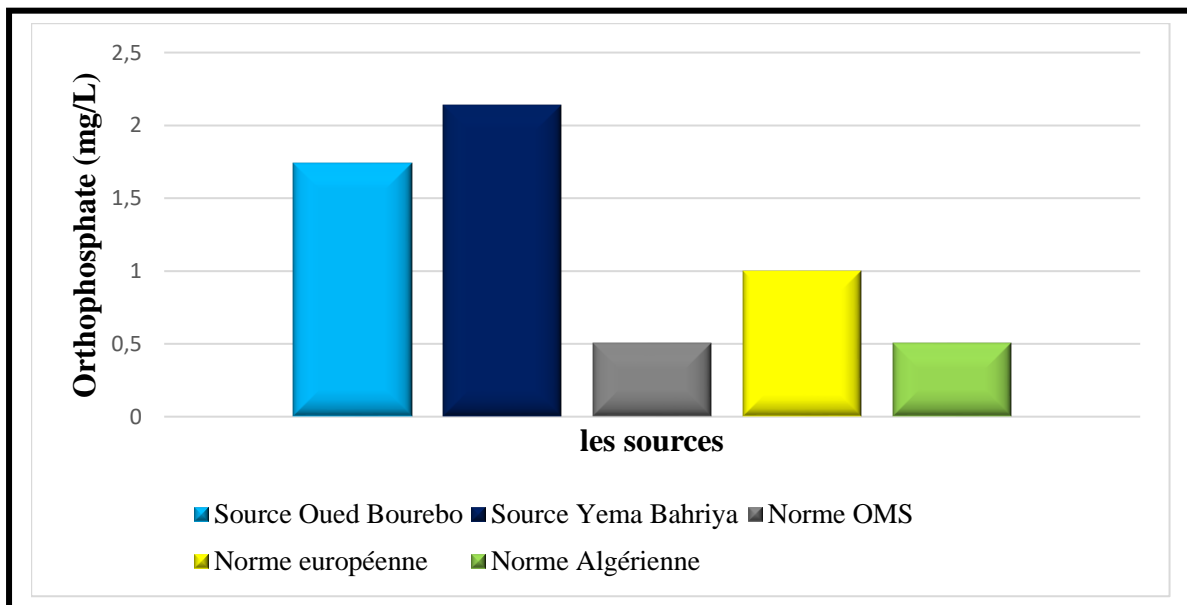


Figure n° 16 : Résultat du dosage de l'orthophosphate dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

Les orthophosphates proviennent de rejets industriels et domestiques et favorisent les processus biologiques tel que le développement des algues (Niamien-Ebrottié *et al.*, 2008). Ce paramètre fait généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en

orthophosphates peut indiquer une pollution agricole suite à une lixiviation des fertilisants (Nechad *et al.*, 2014)

h. Le fer total

La valeur limite du fer fixée par la réglementation Algérienne (JORADP, 2011), l'OMS et CEE est de **0.3 mg/L**. D'après la **figure n°17**, nous remarquons que l'eau de source « Yema Bahriya » présente une concentration en fer qui dépasse largement cette valeur, à savoir : **1.36 mg/L** (quatre fois et demi la valeur limite). Du côté de la source « Oued Bourebo » la valeur enregistrée est égale à **0.09 mg/L** soit trois fois inférieur à la norme recommandée, donc conforme.

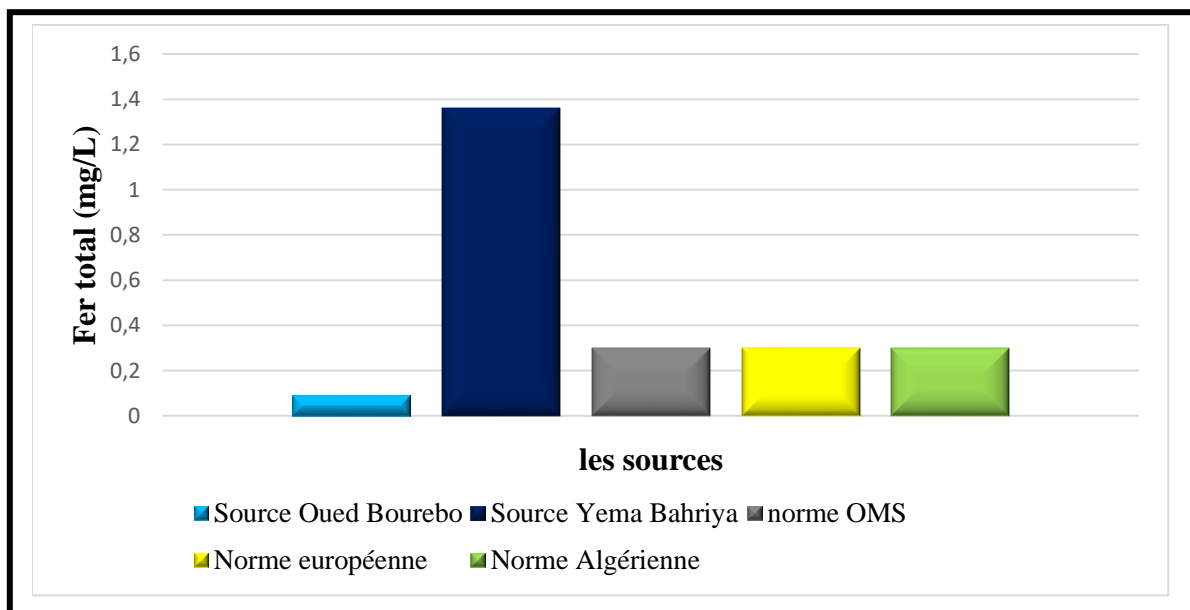


Figure n° 17: Résultat de dosage du fer total dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

Le fer se classe au 4e rang des éléments de la croûte terrestre. Pratiquement, les eaux superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de **1mg/L**. Les eaux naturelles peuvent contenir quelques **mg/L** de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles. Sous l'action de l'air, ou par addition d'un oxydant, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble. C'est généralement sous cette forme qu'on le trouve dans les échantillons (Rodier *et al.*, 2009).

i. Résidu sec à 105°C

Les résultats obtenus (**Figure n°18**) montrent que les eaux des deux sources sont équivalentes sur le plan résidu sec ; **21mg/L** pour la source « Oued Bourebo » et **21.8mg/L** pour l'autre source « Yema Bahriya », ce qui veut dire que ce sont des eaux très faiblement minéralisées (légères) comparées à la valeur guide de l'OMS qui fixe un maximum de

2000mg/L, aussi de la réglementation algérienne (JORADP, 2011) et la norme européenne qui fixent une valeur maximale admissible de 1500mg/L.

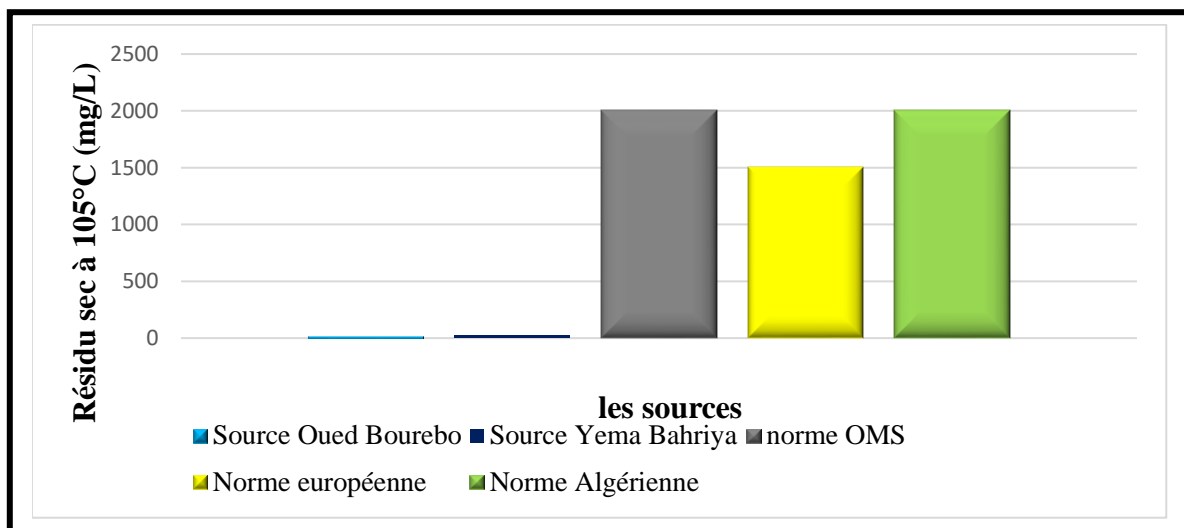


Figure n°18 : Résultat du résidu sec dans l'échantillon d'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

D'après le tableau n°9 les deux eaux de source peuvent être classées selon (Rodier et al., 2005) en fonction de leurs résidus secs en eaux de bonne qualité.

Des eaux pareilles sont recommandées pour les nouveau-nés car leurs reins sont délicats et ne sont pas encore arrivés à maturité (Carlos et al., 2004). Il est donc important de leur faire boire une eau naturellement pure, faiblement minéralisée (Arrêté du 28 décembre 2010 modifiant l'arrêté du 14 mars 2007) pour ne pas surcharger leurs reins, qui, par leur immaturité, ont des difficultés à éliminer les excès de solutés (Fomon et Ziegler, 1999).

Tableau n°9 : Potabilité en fonction des résidus sec (Rodier et al., 2005).

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

III.2. Quelques eaux commerciales vs nos eaux de source

Cette partie est consacrée à la discussion des résultats de chlorures, sulfates, nitrites et pH obtenus à partir des analyses réalisées pendant la période Mars 2020, en les comparant aux

informations affichées sur les étiquettes des bouteilles d'eau de quelques marques commerciales (Annexe 5).

a. Le pH

Les valeurs de pH des eaux de source « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » sont **8.34** et **8.21** respectivement. Ceci montre que ces eaux sont légèrement alcalines. Dans la liste des eaux commercialisées choisie, ce sont les eaux les plus alcalines. Par ailleurs, toutes les eaux ont des pH qui sont inclus dans l'intervalle $[6,5 < \text{pH} < 9]$, respectant ainsi la réglementation algériennes (JORADP, 2011).

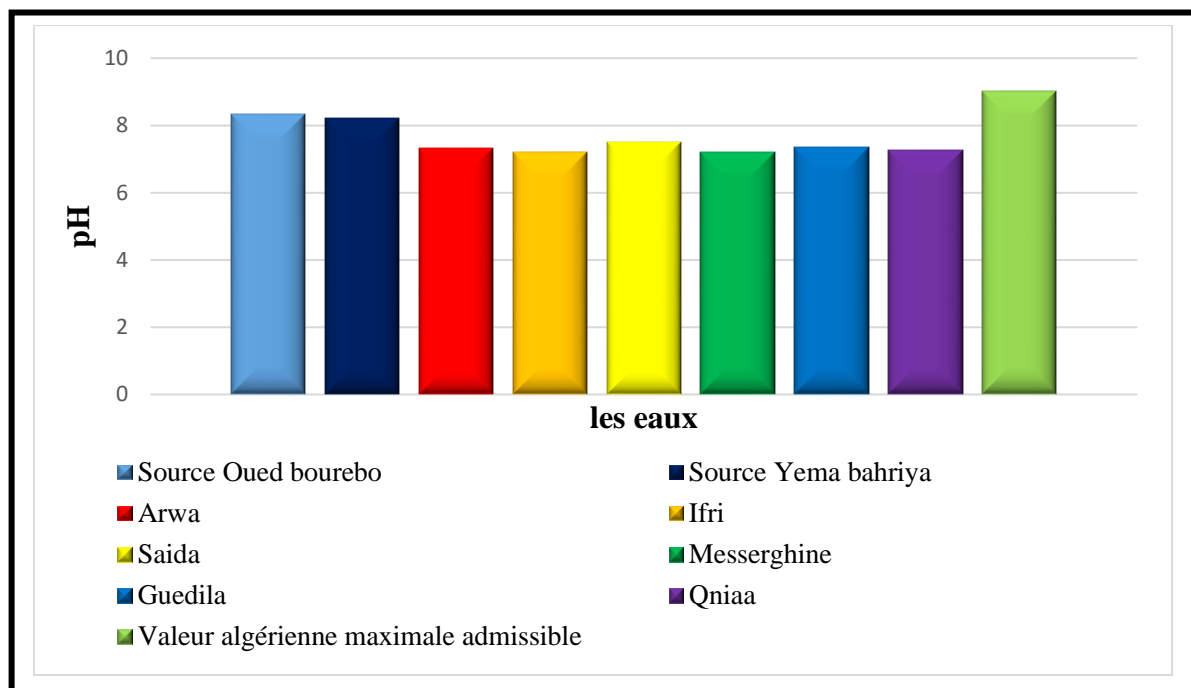


Figure n°19 : pH des eaux de quelques marques d'eaux embouteillées et des sources : « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

Le pH sert d'après **Rejsek (2002)**, à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Selon **Rodier et al. (2009)**, les variations du pH sont dues à la nature très différente des roches que l'eau traverse.

b. Le Sulfate

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les teneurs en sulfate pour les deux eaux de source ; Oued Bourebo (**17.66 mg/L**) et Yema Bahriya (**16.31mg/L**) sont faibles par rapport aux valeurs citées dans les étiquettes des E.M.N ; Ifri (**68mg/L**), Saida (**65 mg/L**), Messerghine (**50mg/L**) et Guedila (**95mg/L**) et même des E.S; Arwa avec une valeur maximale de **104mg/L** et Qniaa (**66.66mg/L**). Cependant, toutes ces valeurs restent inférieures aux limites indiquées par la réglementation algérienne (**JORADP, 2011**) qui déterminent une valeur maximale de 400mg/l. Il est à noter que des doses importantes de sulfate dans l'eau que nous buvons peuvent avoir des troubles gastro-intestinaux, en particulier chez l'enfant (**Rodier, 1984**).

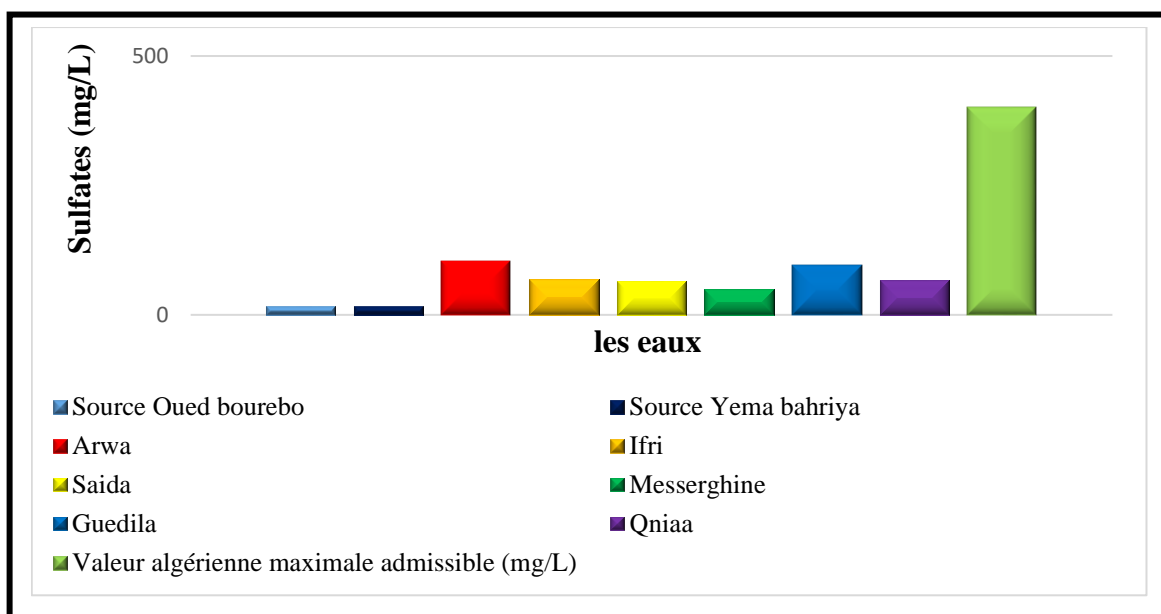


Figure n°20 : Comparaison des teneurs en sulfate entre quelques marques des eaux embouteillées et les eaux des deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

c. Chlorures

Selon la **figure n°21**, nous remarquons que les teneurs en chlorure pour les deux sources ; Oued Bourebo (**142mg/L**) et Yema Bahriya (**117.15mg/L**) sont proches aux valeurs citées dans les étiquettes des E.S : Qniaa (**100mg/L**) et Arwa (**92.12mg/L**), alors que par rapport aux E.M.N sont considères comme des valeurs élevées ; Ifri (**72mg/L**), Saida (**81mg/L**) ,Messerghine (**78mg/L**) et Guedila avec une valeur minimale de **40 mg/L**. Mais tous ces valeurs restent conformes aux normes exigées par la réglementation algérienne (**JORADP, 2011**) qui déterminent une valeur maximale de **500 mg/L**.

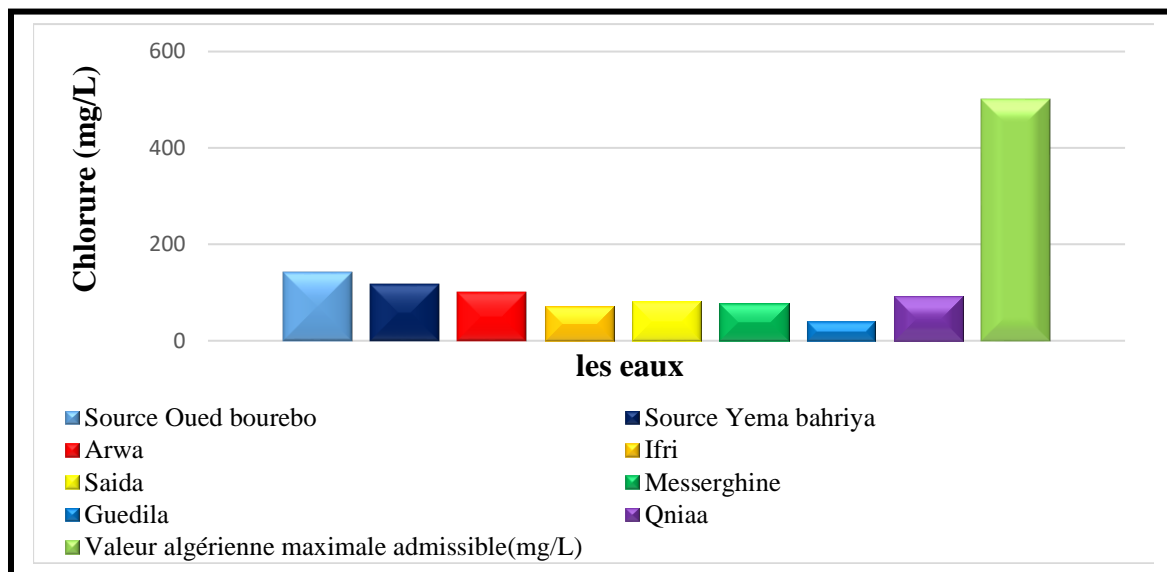


Figure n° 21 : Comparaison des teneurs en chlorure entre quelques marques d’eau embouteillées et l’eau des sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

d. Les Nitrites

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. D’après la **figure n°22**, nous notons l’absence totale de nitrites dans les eaux analysées des deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya » ainsi que pour les deux E.M.N (Saida et Messerghine). Ces eaux seraient alors sans risque pour les nourrissons.

Les nitrites sont présents en faible quantité dans les eaux de source Arwa et Qniaa avec une valeur de **0.01mg/L** et même pour les E.M.N Guedila (**0.01mg/L**) et Ifri (**0.02mg/L**). Selon la réglementation algérienne (**JORADP, 2011**), une eau potable ne doit pas contenir des teneurs en nitrites dépassent **0.1mg/L**. D'après ces normes, toutes ces valeurs sont conformes aux normes de potabilité.

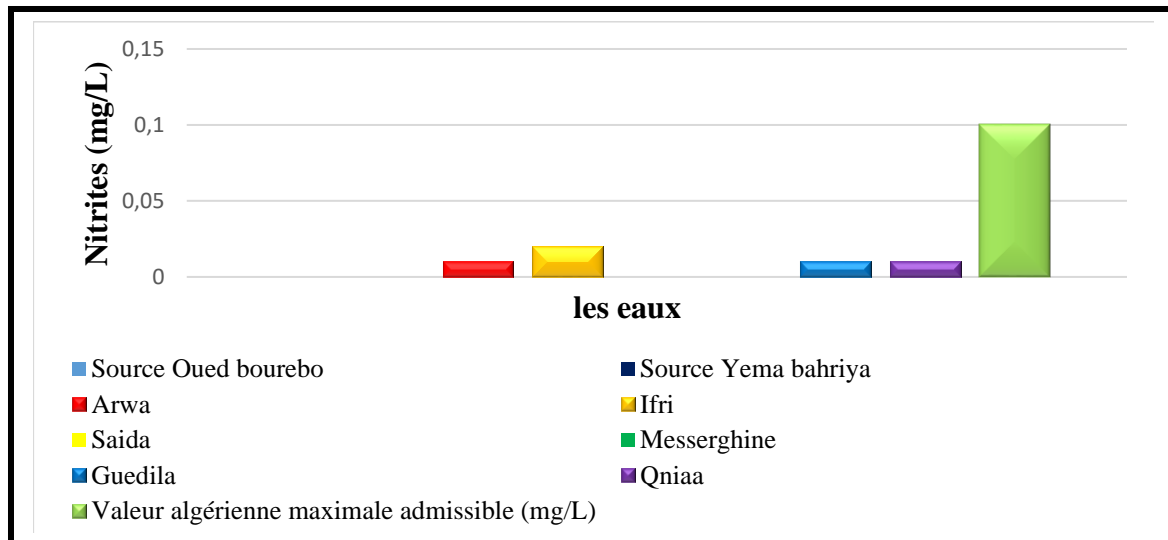


Figure n° 22 : Comparaison des teneurs en nitrite entre quelques marques d'eaux embouteillées et l'eau des sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».

Les bébés de moins de six mois sont sensibles aux nitrates/nitrites du fait que leur hémoglobine est facilement oxydable et que l'activité de la méthémoglobine-réductase est faible. La réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène entre leurs poumons et leurs tissus.) (**Belghiti et al., 2013**). Une forte contamination aux nitrates/nitrites provoque des signes de bleuissement (cyanose) autour de la bouche, sur les mains et les pieds, ce qui explique le nom courant de « syndrome du bébé bleu ». Ces enfants peuvent avoir des troubles respiratoires ainsi que des vomissements et des diarrhées. Selon les connaissances actuelles, la consommation régulière d'eau potable contaminée aux nitrates/nitrites pendant plusieurs dizaines d'années peut entraîner un risque de cancer, en particulier digestifs (**Zmirou et al., 2000 ; Vilagines, 2003 ; Testud, 2004**).

En raison de la pandémie du Covid-19, notre étude n'a malheureusement pas pu être accomplie, nous avons effectué une seule analyse et donc on ne peut pas savoir si les eaux étudiées sont minérales ou pas, car pour pouvoir se prononcer sur cela, le suivi de la variation des concentrations en différents minéraux en fonction du temps est indispensable.

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne, à première vue, il n'y en a pas une différence entre l'eau de source et l'eau minérale. Sauf qu'en regardant bien les étiquettes.

D'abord la teneur en minéraux : l'eau minérale naturelle est supposée stable dans sa composition chimique, contrairement à une eau de source qui peut changer de concentration en ces éléments en fonction du temps. Alors qu'elles ont un point commun, cependant : elles proviennent toutes deux d'une nappe d'eau d'origine souterraine, protégée de toute pollution, microbiologiquement saine. Embouteillées à la source, elles n'ont subi aucun traitement de désinfection microbiologique, et elles ne contiennent aucun désinfectant rémanent, contrairement aux eaux du robinet.

Encore une fois, le manque de données expérimentales nous a privé de toute analyse statistique dans cette étude.

III.3. Qualité microbiologique

En plus des conditions de caractérisation physico-chimique des eaux minérales et des eaux des sources, la législation algérienne impose des critères applicables aux examens microbiologiques à l'émergence (**Arrête ministériel du 18 janvier 2006**).

Selon le **tableau n°4 (Annexe 9)**, notre étude à montrer qu'il y a une différence significative entre les deux sources étudiées :

- ✚ Les paramètres qui présentent une grande différence des valeurs sont les coliformes totaux, la densité bactérienne de ces derniers dans la source « Oued Bourebo » est très élevée et ne respectent pas les normes adoptées par la réglementation algérienne (**JORADP, 2017**). La charge moyenne est de **13.3 germes/ml**.
- ✚ On constate qu'il y'a pas de différence significative pour les *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium* sulfito-réducteurs, salmonelles, streptocoques fécaux et vibron donc il n'existe pas de contamination selon nos résultats trouvés.

Concernant les deux eaux de sources (Oued Bourebo et Yema Bahriya), les analyses bactériologiques ont permis d'obtenir les résultats suivants :

III.3.1. Coliformes totaux

D'après les **figures n°23 et 24**, le dénombrement des coliformes totaux montre que leurs nombres varient d'un mois à l'autre. Les valeurs retrouvées dans la source « Oued Bourebo » (**21 - 14**) **germes/ml** au mois de Mai ne sont pas conformes aux normes algérienne

(≤ 10 germes par ml à 37°C), alors que au mois de Mars, juin et juillet, les valeurs enregistrées (5 – 0 - 0) sont conformes aux normes exigées. Et aussi pour la source de « Yema Bahriya » qui présente une contamination par les coliformes totaux avec une valeur qui dépassent la norme (JORADP, 2017) au mois de Mars (14 germes/ml), mais au mois d’avril la valeur est conforme ; 7 germes/ml.

Nous remarquons que la source « Oued Bourebo » possède un nombre de coliformes totaux très élevé avec une charge moyenne de 13.3 germes/ml, alors que l’autre source « Yema Bahriya » 8.6 germes/ml.

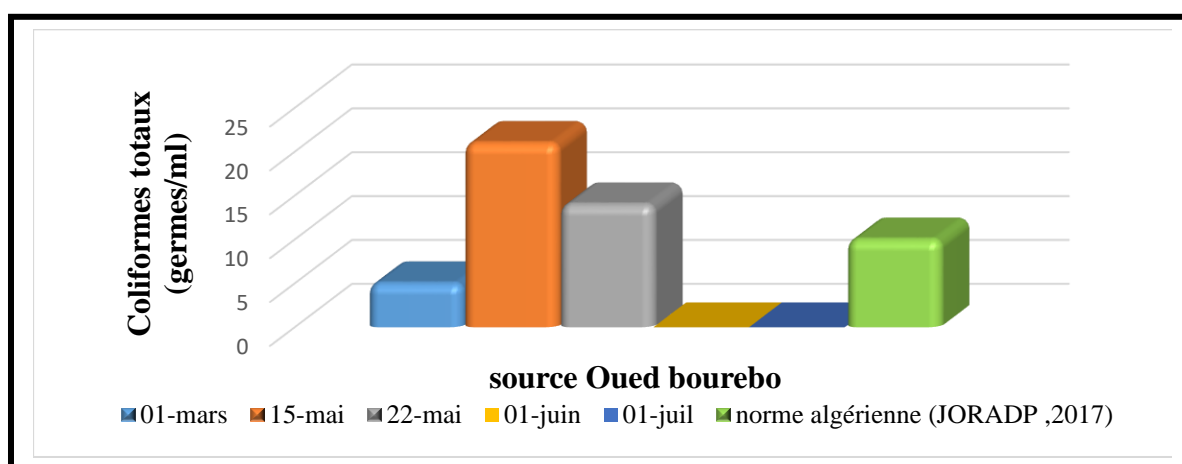


Figure n°23 : Variation du dénombrement de Coliforme totaux en n germes/100 ml de la source « Oued Bourebo ».

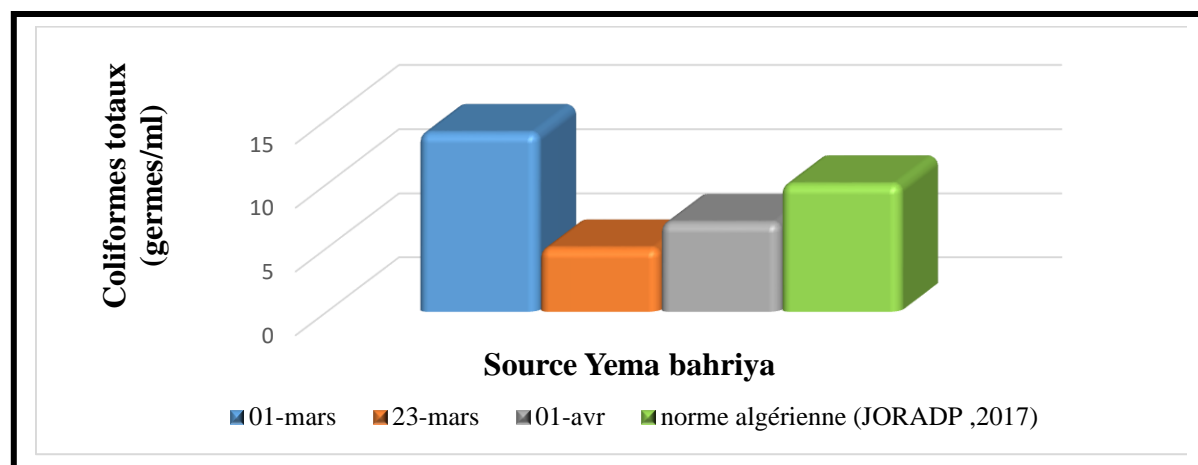


Figure n°24 : Variation du dénombrement de Coliforme totaux en n germes/100 ml de la source « Yema Bahriya ».

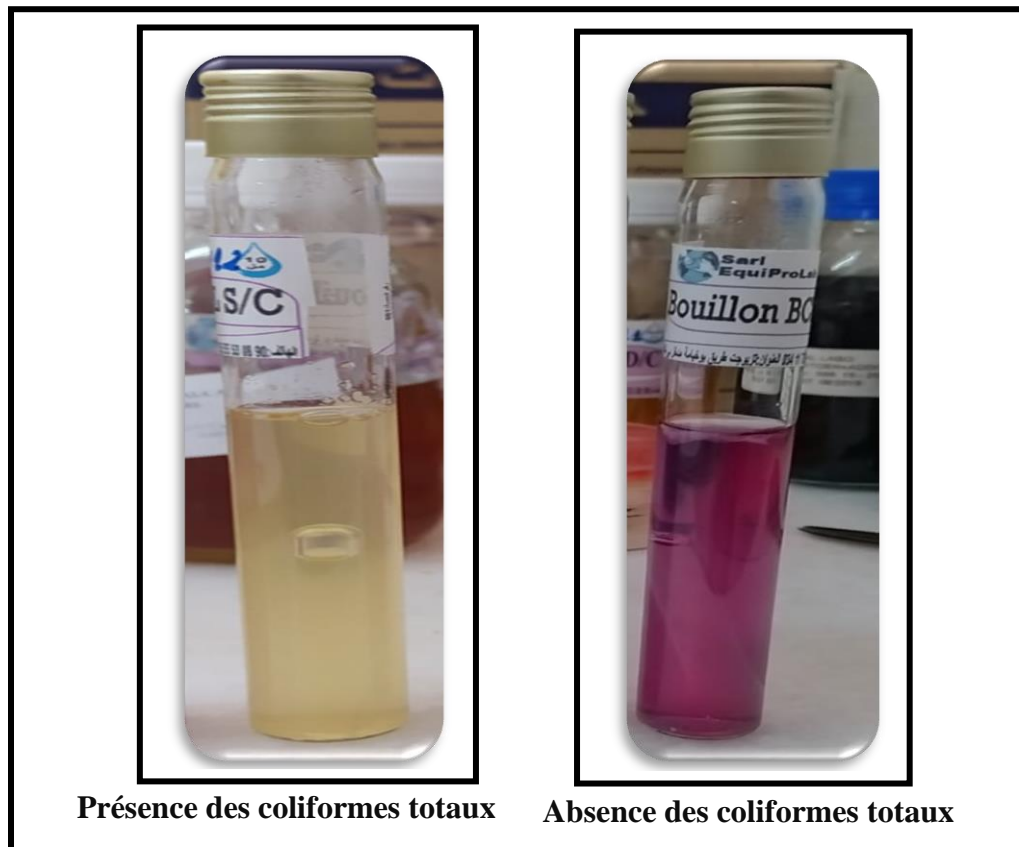


Figure n°25 : Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes totaux sur milieu BCPL.

Ces résultats sont probablement dû à une contamination accidentelle par les eaux de précipitations. Les eaux des nappes peu profondes peuvent souvent être contaminées après de fortes précipitations (Rodier *et al.*, 2009). La quantité de micro-organismes présents dans les eaux augmente avec la pluviométrie, bien qu'aucune étude n'ait, jusqu'à présent, pu établir une loi simple modélisant formellement ces deux paramètres (Créteur, 1998). Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement peut être néanmoins une raison principale pour la mobilisation des biomasses des sols (Castany, 1982).

Les coliformes totaux sont utilisés comme des indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau et pour détecter les failles dans le système de distribution ainsi que la vulnérabilité d'un système d'eau à une contamination fécale (Fraun et Calderon, 2001 ; Chevalier, 2003).

Comme les coliformes totaux sont sensibles au chlore, leurs présences dans les échantillons d'eau peuvent indiquer un manque d'efficacité du traitement. D'après les figures n° 26 et 27, nous remarquons que Le test de chlore est négatif alors les eaux de sources étudiées ne sont pas sujettes à un traitement de chloration.

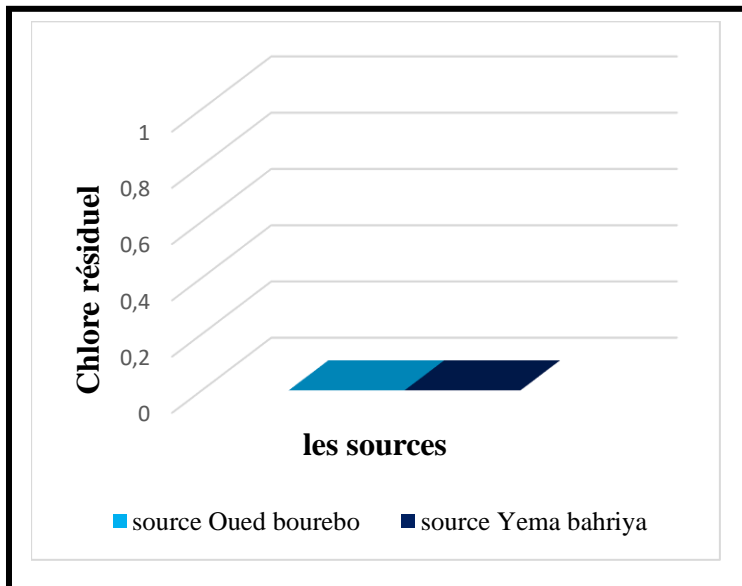


Figure n°26: Résultat du chlore résiduel dans l'échantillon de l'eau de deux sources « Oued Bourebo » et « Yema Bahriya ».



Figure n°27: Absence de chlore résiduel.

III.3.2. Coliformes fécaux

Selon les figures n°28 et 29 :

- ✚ Concernant la source « Oued Bourebo » la charge en coliformes fécaux a atteint un maximum en mois de Mai avec **21 germes/ml**, cette dernière n'est pas conforme à la réglementation algérienne (**JORADP, 2017**) Cette charge est complètement estompée en mois de juin et juillet.
- ✚ Pour la source « Yema Bahriya » le nombre des coliformes fécaux a atteint un maximum en mois de Mars avec **14 germes/ml**, Ce qui n'est pas conforme à la Réglementation Algérienne (**JORADP, 2017**), alors que le minimum est observé dans le deuxième et le troisième prélèvement pendant les mois de mars et d'avril avec **0 germes/ml**.

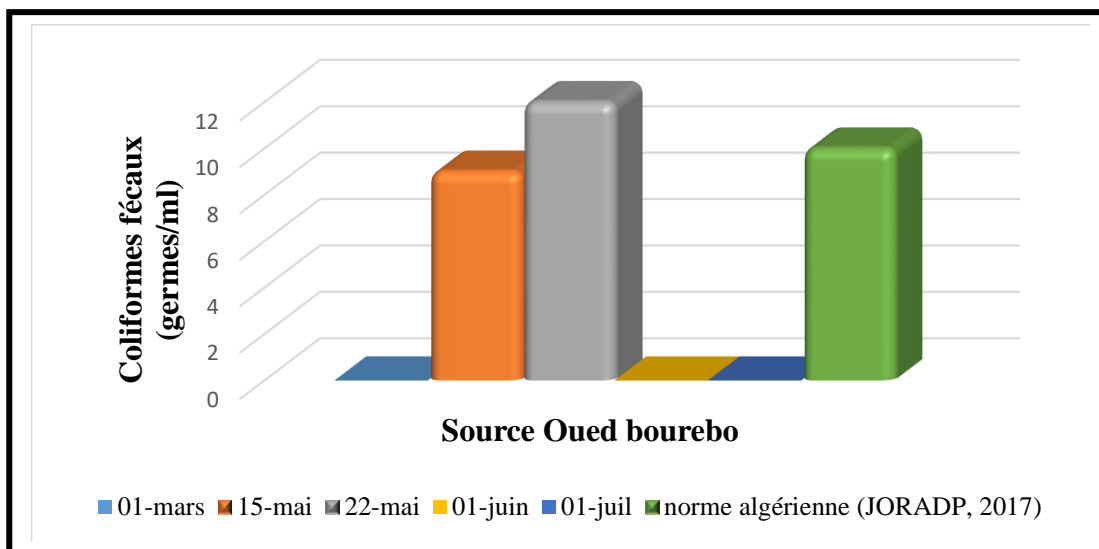


Figure n°28 : Variation du dénombrement de Coliforme fécaux en n germes/100 ml de la source « Oued Bourebo ».

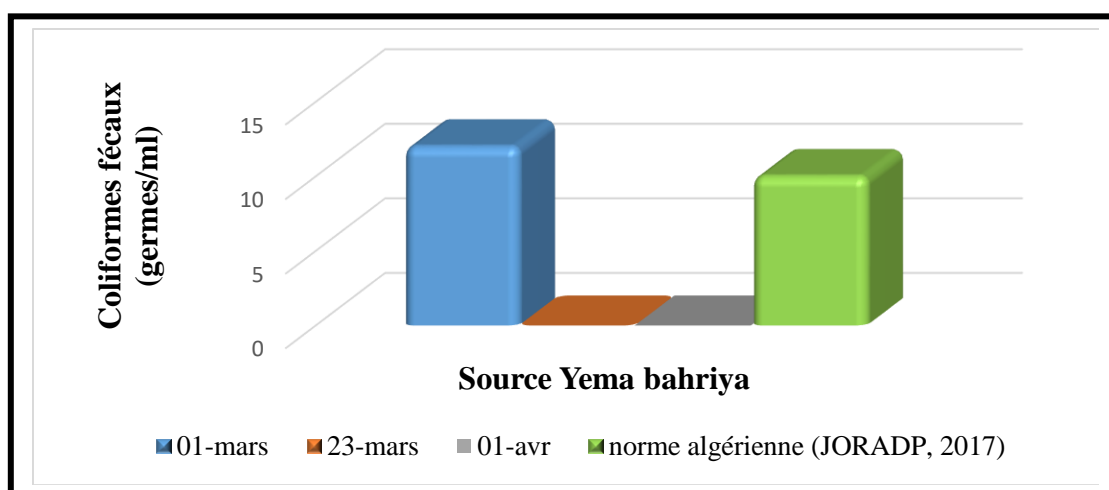


Figure n° 29: Variation du dénombrement de Coliforme fécaux en n germes/100 ml de la source « Yema Bahriya ».

Cette contamination peut être attribuée d'une part par à la présence d'animaux d'élevage, les déjections des animaux sauvages. De façon générale, plus la densité animale n'est élevée, plus la concentration en coliformes fécaux est élevée (Patoine, 2011). Et d'autre part, par les rejets domestiques et les activités humaines qui entourent ces sources (Figure n°31). La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humaines et des animaux. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort. (Bartram et Rees, 2000).

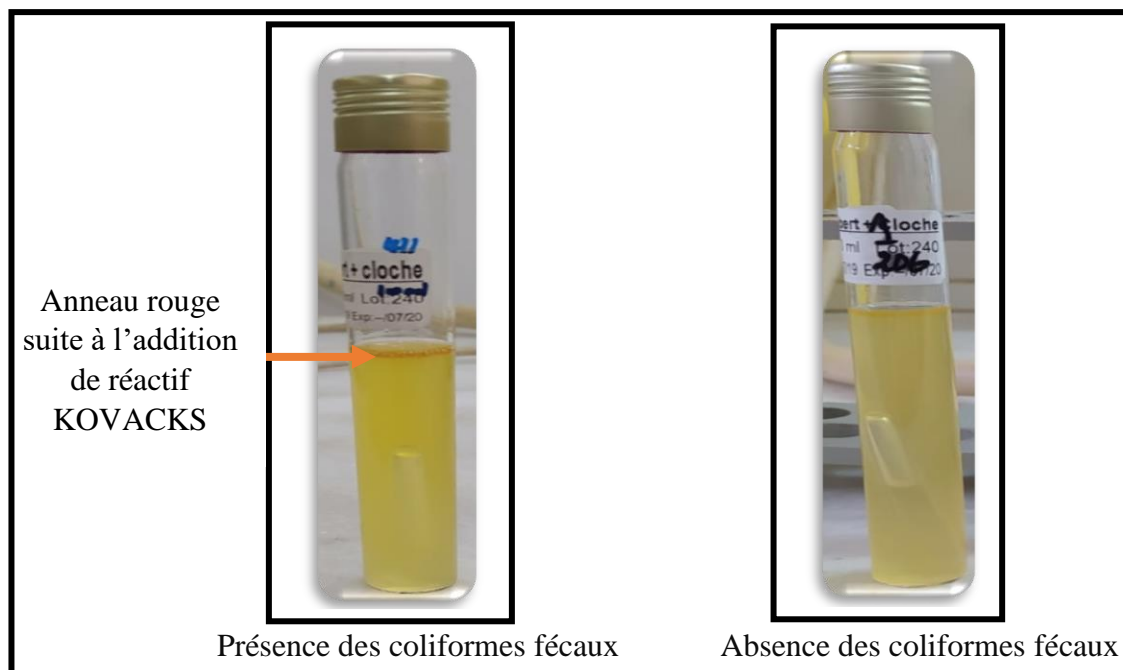


Figure n° 30: Résultats de la recherche de dénombrement des coliformes fécaux sur milieu Schubert.



Figure n°31 : Activités existantes dans l'entourage de la source Oued Bourebo.

III.3.3. Les Streptocoques fécaux

D'après Sersoub (2012), les Streptocoques fécaux sont des aérobies-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes. Hamaidi et al., (2009), montre qu'ils sont éliminés dans

les excréments des animaux dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines.

Nous remarquons une absence totale des streptocoques fécaux dans les deux eaux de source. Ces résultats sont conformes aux la réglementation algérienne concernant l'eau potable (JORADP, 2017).



Figure n°32 : Absence des streptocoques fécaux sur milieu : Eva Litsky.

III.3.4. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) constituent généralement des indices de contamination ancienne. D'après nos résultats, les deux eaux de sources (Yema Bahriya et Oued Bourebo) ne contiennent pas des anaérobies sulfito-réducteurs, ce qui correspond à la norme algérienne (JORADP, 2017) qui excluent sa présence. Donc cela veut dire que les deux sources n'ont pas connus une contamination ancienne. (Ils sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (Armand, 1996).



Figure n°33 : Absence des anaérobies sulfito-réducteurs sur milieu VF.

III.3.5. Les Salmonelles

Nous remarquons une absence totale de Salmonelles pour les deux eaux de sources étudiées, ces résultats sont conformes aux valeurs guides de l'OMS, 1994).

Selon les figures, nous avons notées :

- Un bouillon SFB non troublé pour la source « Oued Bourebo » cela indique une absence totale des salmonelles (**figure n°35**).
- Pour la source « Yema Bahriya », le bouillon apparait positif c'est-à-dire on a trouvé un trouble bactérien (**figure n°34**) ce qui implique un ensemencement sur milieu Hektoen. On a observé des colonies saumon et ce n'est pas le cas pour les salmonelles (**Figure n°36**),



Figure n°34 : Présence des troubles (Yema Bahriya).



Figure n°35 : Absence des troubles (Oued Bourebo).

Après ensemencement
sur milieu Hektoen à
37°C pendant 24h.

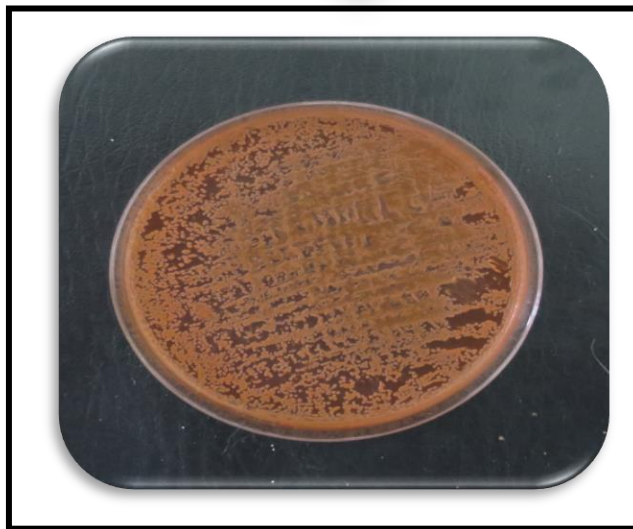
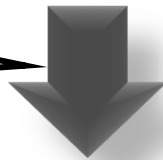


Figure n°36: Présence des colonies sur le milieu Hektoen (Yema Bahriya).

III.3.6. *Pseudomonas*

Après l'ensemencement de nos eaux de source dans des boîtes de Pétri contenant la gélose Cétrimide spécifique pour *Pseudomonas*, on a remarqué l'absence totale de celui-ci. (JORADP, 2017).

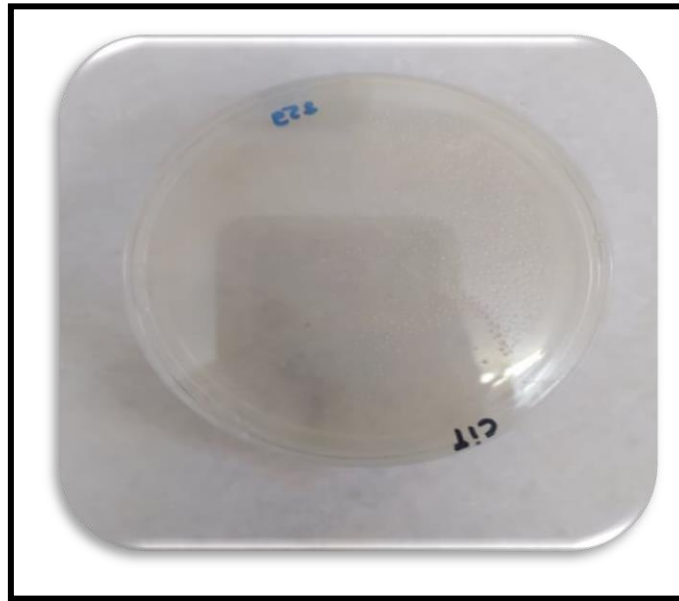


Figure n°37: Absence des colonies sur milieu cétrimide.

III.3.7. Vibrion

Les résultats de la recherche de Vibrions montrent son absence dans tous les échantillons d'eaux prélevées, donc ces derniers sont conformes à la norme algérienne (JORADP, 2011) qui excluent sa présence dans l'eau de consommation humaine.

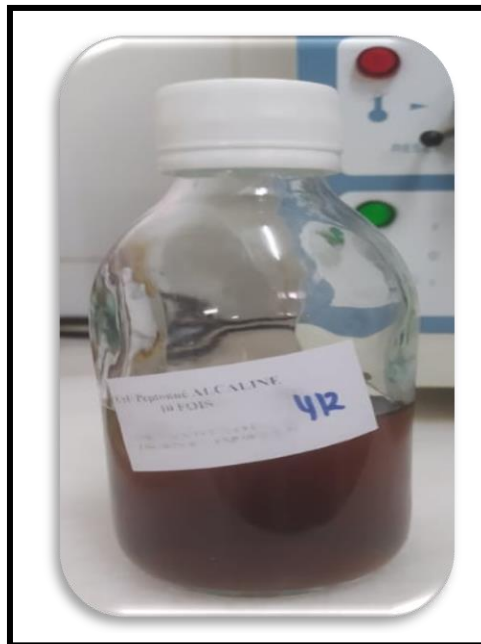


Figure n°38 : Eau peptonée alcaline non troublé.

III.4. Identification des *Enterobacteriaceae*

III.4.1. Observation macroscopique des colonies

D'après la **figure n°39**, nous remarquons des colonies plus ou moins rondes de couleur saumon légèrement irisées ou plates à bord irréguliers isolées de l'échantillon d'eau de la source « Yema Bahriya ».

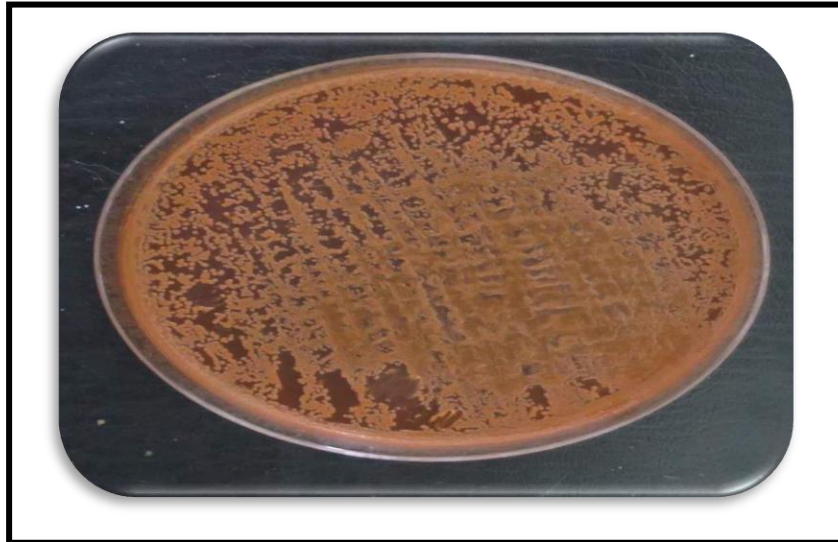


Figure n°39: Observation macroscopique de la colonie isolée de l'échantillon d'eau de la source Yema Bahriya.

III.4.2. Observation microscopique des colonies

Selon la **figure n°40**, nous remarquons sous le microscope des bacilles à Gram négatif, mobiles (péritriches).

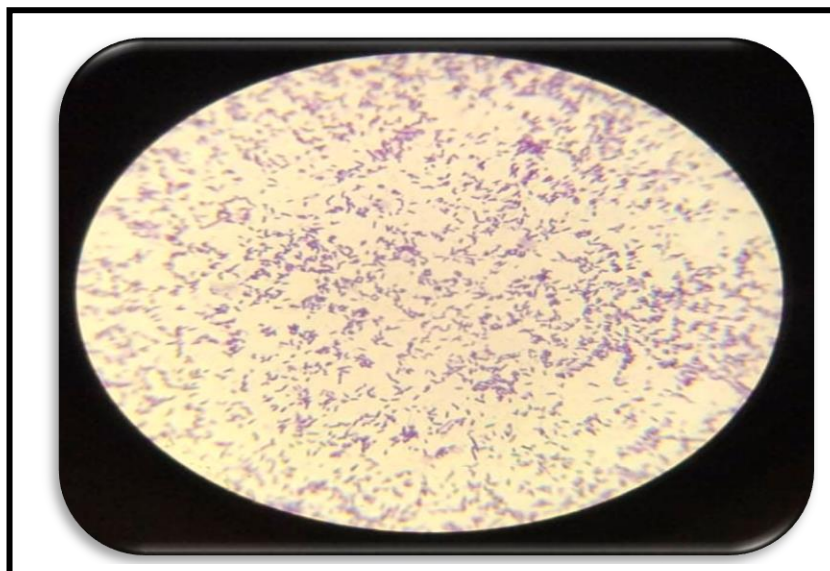


Figure n°40 : Observation microscopique après coloration du Gram (G X 100).

III.4.3. Identification spécifique de la souche isolée

La réalisation d'un test biochimique est une étape très importante pour identifier une bactérie et pour cela on a utilisé la galerie API 20 E, l'identification a été effectuée à l'aide d'un logiciel Galerie API 20 E System qui montre qu'elle s'agit d'*Enterobacter cloacea* (figure n°41).



Figure n°41 : Profil biochimique de l'espèce d'*Enterobacteriaceae* trouvée sur la galerie API 20 E

API 20E	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX	P(taxon/profil)	P(taxon/profil)	P(plus typique)	T	taxons	nombre d'incompatibilités	classé
Enterobacter cloacae	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	3.10E+41	95.4%	3.10E+41	1.00	Enterobacter cloacae	0	1

Annotations de la figure 42 :

- Zone d'introduction des données** : Pointe vers la colonne des résultats (+/-) de la galerie API 20E.
- Calcul de la "probabilité brute"** : Explique que les 0 et 100% sont remplacés par 1 et 99%.
- Calcul de la probabilité du profil le plus typique pour la taxon** : Pointe vers la colonne P(plus typique).
- Calcul de l'indice de typicité** : Pointe vers la colonne T.
- Calcul du nombre d'incompatibilités** : Explique les cas 0% et 100% et caractère + ou 100% et caractère -.
- Classement en fonction de la probabilité calculée** : Explique que 1 = le plus probable, 2 = le suivant...
- Affichage du nom du taxon le plus probable** : Pointe vers la cellule contenant "Enterobacter cloacae".
- test de l'identification en fonction de l'indice de typicité** : Pointe vers la cellule de probabilité 0.954.
- Rappel de la valeur de l'indice de typicité** : Pointe vers la cellule de probabilité 0.954.
- Rappel de la probabilité du taxon** : Pointe vers la cellule de probabilité 0.954.
- Valeur de S** : Pointe vers la cellule 1.00E-05.

Figure n° 42: Résultat de l'identification d'une souche d'*Enterobacter spp* par la feuille de calcul Excel.

III.4.5. L'antibiogramme

L'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion des disques sur gélose Muller Hinton et interprété après la mesure des diamètres d'inhibition selon les recommandations du – Comité d'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM, 2013) (Annexe 11).

Les résultats de l'antibiogramme, sont reportés dans le **tableau n°10** et la **figure n°43**.

Tableau n°10 : Les résultats de l'antibiogramme.

Antibiotiques	Abréviation	Sensible	Résistant
Ampicilline	AMP		*
Amoxicilline	AMX		*
Amoxicilline+acide clavulanique	AMC	*	
Cefixime	CAZ	*	
Cefoxitine	CX		*
Ceftriaxone	CTR	*	
Céfotaxime	CTX	*	
Cefazoline	CZ		*
Aztréonam	AT	*	
Co-trimoxazole	COT		*
Tétracycline	TE		*
Oxacilline	OX		*

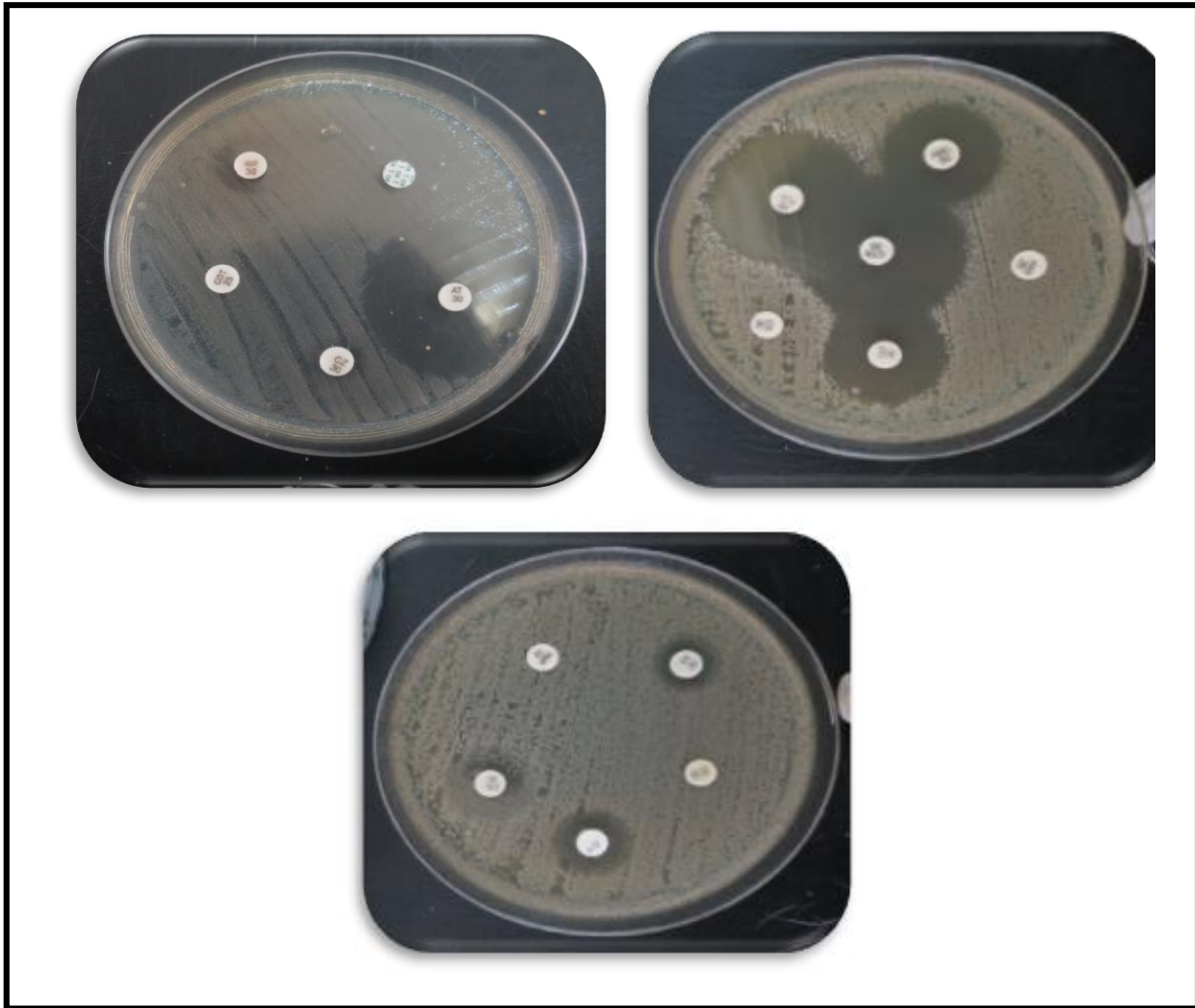


Figure n°43 : Résultats de l'antibiogramme.

Selon le **tableau n°10**, les résultats de l'antibiogramme montrent que la souche d'*Enterobacter cloacae* isolée de la source Yema Bahriya présente un taux de résistance un peu élevée de **58.33%** à sept antibiotiques testés. Les niveaux des résistances bactériennes varient d'un pays à l'autre et d'une année à l'autre. Aussi, la connaissance de la situation locale et de son évolution sont nécessaires pour le choix de l'antibiothérapie de première intention (**El Bakkouri et al., 2009**).

L'indice de résistance aux antibiotiques multiples (MAR) est un outil utile pour le suivi des sources bactériennes. Cette méthode aide à différencier les sources fécales humaines et animales (**Scott et al., 2002**). L'indice MAR de la souche isolée appartenant à *Enterobacteriaceae*, par rapport aux antibiotiques testés est calculé sur la base de la formule suivante (**Krumperman, 1983 ; Hinton et al., 1985 ; Tambekar et al., 2005**) :

Indice MAR = a / b où :

- a = Nombre d'antibiotiques auxquels l'isolat est résistant.
- b = nombre d'antibiotiques testés.

Il existe Plusieurs hypothèses :

- ✚ Lorsque les isolats sont exposés à des sources de contamination à haut risque où des antibiotiques sont fréquemment utilisés, une valeur d'indice MAR supérieure ou égale à 0,2 est observée (**Scott et al., 2002 ; Vergidis et Falagas, 2008**).
- ✚ Lorsque la valeur d'indice MAR est inférieure ou égale à 0,2, cela indique que la contamination provient d'animaux sauvages pour lesquels les antibiotiques sont rarement ou jamais utilisés (**Llena-Puy et al., 2000**).
- ✚ Lorsque la valeur d'indice MAR est supérieur à 0.4, ça veut dire que la contamination est d'origine fécale humaine (**Tambekar et al., 2005 ; Kaneene et al., 2007**).

Nous avons constaté qu'entre 0.2 et 0.4, la contamination est mixte et elle provienne des humaines et des animaux d'élevage. En plus, l'indice MAR pour la bactérie isolée *Enterobacter cloacae* est de **0.6**, ce qui est une indication possible que la contamination est d'origine fécale humaine et que cette bactérie est exposée à plusieurs antibiotiques.

La définition la plus fréquemment utilisée pour les bactéries Gram-négatives multi résistantes est « résistante à au moins trois classes d'antimicrobiens » (**Falagas et al., 2006 ; Paterson et Doi, 2007 ; Kallen et al., 2010 ; O'Fallon et al., 2009 ; Gould, 2008**). Néanmoins,

La définition la plus récente est celle de (**Magiorakos et al., 2011**) où :

- **MDR (Multidrug-resistant):** non sensibilité à au moins un agent dans au moins trois catégories antimicrobiennes.
- **XDR (Extensively drug-resistant):** non sensibilité à au moins un agent sur tous sauf deux ou moins de catégories antimicrobiennes.
- **PDR (Pandrug-resistant):** non sensibilité à tous les agents antimicrobiens répertoriés.

Tableau n°11: *Enterobacteriaceae*; Catégories et agents antimicrobiens utilisés pour définir MDR, XDR et PDR selon (Magiorakos et al., 2011).

Catégorie antimicrobienne	Agent antibactérien	Résultats de tests de susceptibilité antimicrobienne (S ou NS)
Spectre non étendu Les céphalosporines; 1er et Céphalosporines de 2e génération	Cefazoline	NS
Céphamycines	Cefoxitine	NS
Pénicillines	Ampicilline	NS
Pénicillines + inhibiteurs de la b- lactamase	Amoxicilline + acide clavulanique	S

S : Sensible. NS : Non sensibilité.

En raison du manque de moyens, nous n'avons pas pu compléter le texte de Magiorakos et ses collaborateurs, et pour cela nous ne pouvons pas dire que c'est une XDR ou non, par contre on peut dire que c'est une MDR parce qu'elle est sensible au AMC et résistant au trois antibiotiques dans trois catégories antimicrobiennes.

Le genre *Enterobacter* a pris une importance croissante du fait de son implication dans les infections dont l'origine est nosocomiale la plupart du temps (prévalence de 5–10 %) (Guerin et al., 2015) y compris, les infections urinaires, les pneumopathies, et les bactériémies, où les espèces du genre *Enterobacter* sont actuellement en troisième position derrière celles à *Escherichia coli* et *Klebsiella spp* (Mohammedi, 2002).



Conclusion

Nous sommes intéressées dans notre travail à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de deux sources à savoir : la source de « Oued Bourebo » et la source « Yema Bahriya » de la commune de Chréa, (Wilaya de Blida) pour la première fois, afin d'évaluer leurs qualités suivant les normes de potabilité en se référant à la réglementation algérienne, les normes européennes et les recommandations de l'OMS .

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de nos sources ont montré que ses eaux sont légèrement alcalines et moyennement dures. Elles répondent à certaines normes de qualité physico-chimiques sauf pour les valeurs de l'azote ammoniacale, l'orthophosphate pour les deux sources et le fer total pour la source « Yema Bahriya » qui sont supérieurs aux normes.

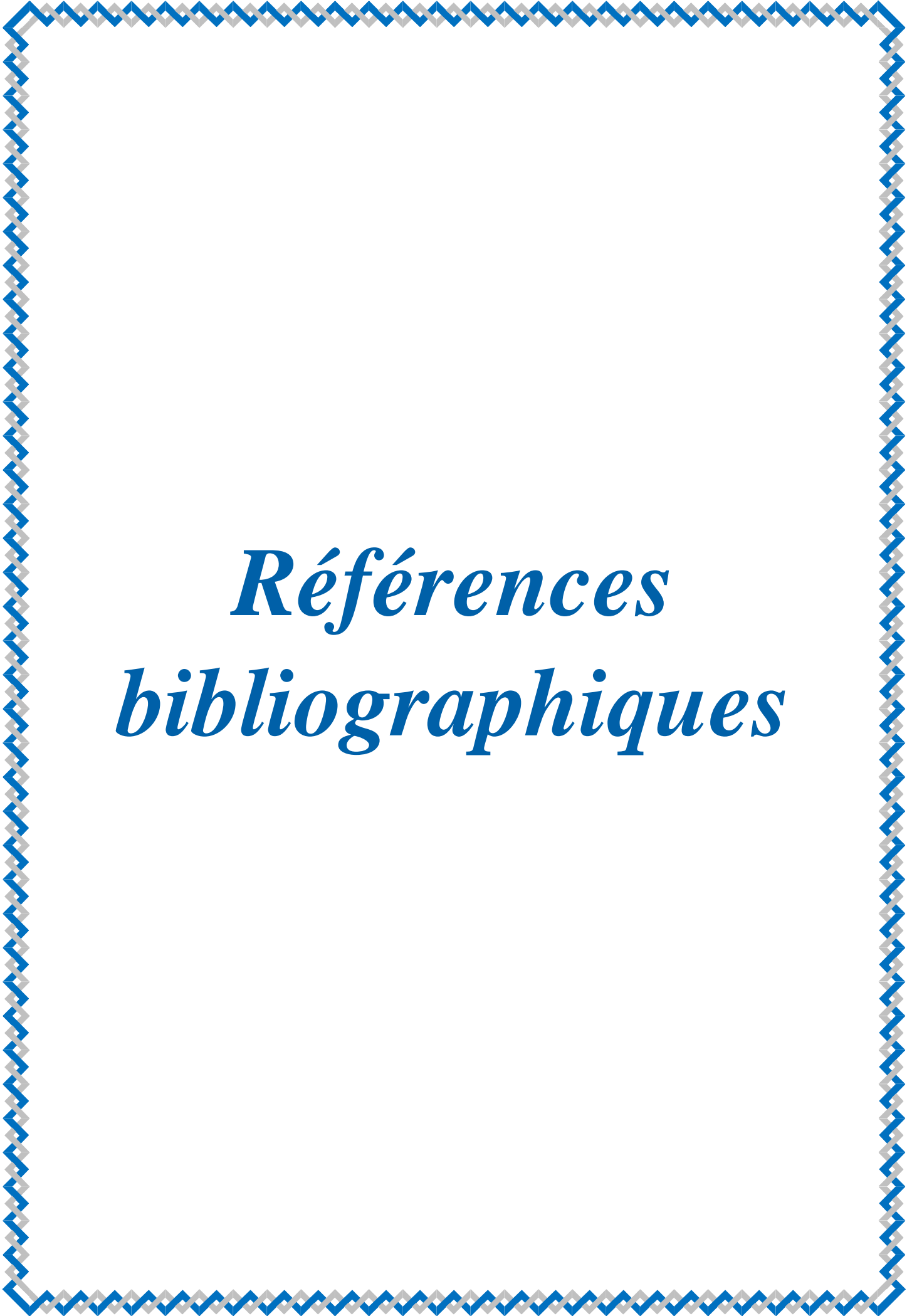
En raison de la pandémie du Covid-19, notre étude n'a malheureusement pas pu être accomplie, nous avons effectué une seule analyse et donc on ne peut pas savoir si les eaux étudiées sont minérales ou pas, car pour pouvoir se prononcer sur cela, le suivi de la variation des concentrations en différents minéraux en fonction du temps est indispensable.

Les deux sources étudiées sont de qualité microbiologique très mauvaise, elles sont caractérisées par une forte contamination par les coliformes fécaux, notant ainsi la présence d'*Enterobacter cloacae* dans la source Yema Bahriya. Cette bactérie montre un taux de résistance un peu élevée de **58.33%** à sept antibiotiques testés. Cette multirésistance a été mise en évidence par le calcul de l'indice MAR (Multiple Antibiotic Resistance) qui est considéré comme un excellent outil d'analyse de la prévalence relative des bactéries résistantes dans l'environnement. Son calcul a montré que la souche bactérienne a une valeur supérieure à 0.4, donc cette dernière soit une origine fécale humaine et elle est exposée à plusieurs antibiotiques. En plus, l'absence de *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sulfito-réducteurs*, salmonelles, streptocoques fécaux et vibrion a été signalée.

Pour conclure, nous considérons que le problème d'eau potable en Algérie mérite une très grande importance afin de protéger le citoyen du risque sanitaire lié à l'utilisation d'une eau qui n'est pas conforme aux normes.

Certaines perspectives sont nécessaires et doivent d'être prises en considération :

- ✚ Contribuer à la surveillance de la qualité des autres sources en Algérie.
- ✚ Effectuer plusieurs essais pour avoir des résultats plus fiables.
- ✚ La lutte contre la résistance aux antibiotiques relève de la responsabilité de chacun et nous pouvons tous à notre niveau modifier nos comportements afin de Co-construire un monde avec une résistance contrôlée et une plus grande sécurité. En effet, la santé humaine, animale et environnementale est tous concernés par ce problème.



*Références
bibliographiques*

A

- ✚ **Agence Nationale des Barrages « ANB ».** Barrage de Hammam Debagh. Document dactylographié.
- ✚ **Aissa el bey R. & Boumedous L. (2017).** Etude comparative de la teneur en ions « Calcium » et « Magnésium » de deux types d'eaux de source originaire de la ville de Blida « Taberkachent » et « Laâouina » à Chréa. Mémoire du master, Université Blida 1, Faculté des sciences de la nature et de la vie, P : 81.
- ✚ **Anderassian V. & Margat J. (2005).** « *Allons-nous manquer d'eau* ». Ed. Le pommier. Paris. P : 8.
- ✚ **Armand (1996).** *Mémento technique de l'eau*. Ed. Tec et Doc. P : 37.
- ✚ **Arrêté du 28 décembre 2010 modifiant l'arrêté du 14 mars 2007** relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et des eaux de source conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique, Code de la Santé Publique.

B

- ✚ **Bacha D. (1992).** *Eléments de prophylaxie des maladies transmissibles*. Ed. Office des publications universitaires. P : 160.
 - ✚ **Bahmed L., Djebabra M. & Abibsi A. (2004).** Démarche d'intégration du concept qualité – sécurité - environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable, N°03, p : 115-128.
 - ✚ **Bartram J. & Rees G. (2000).** Monitoring bathing waters-apractical guide to the design and implantation bathing of assessments and monitoring programme. E. & FN spoon. P : 311.
 - ✚ **Baziz N. (2008).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire de Magistère, Université Colonel Elhadj Lakhder Batna. P : 144.
 - ✚ **Belghiti M.L., Chahlaoui 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 Mknès .Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N°14, p : 21-36.
 - ✚ **Belkhiri D. (1999).** Traitement des eaux usées urbaines (aspects environnemental). Mémoire Ing Eco et Env. Eco. Forestier, Université de Sétif, p : 84.
-

- ✚ **Belkhiri L. (2011).** Etude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d'Ain Azel-Est Algérien. Thèse de doctorat d'état en Sciences, Option hydraulique, Université Hadj Lakhdar BATNA, p : 121.
 - ✚ **Ben Ali Rim M. (2014).** Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Thèse de magister en Ecologie et Environnement, Université Constantine 1. P : 145.
 - ✚ **Benchekroun T. (2008).** « Ressources En Eau Et Notions De Base ». *Revue HTE*, N°140, p : 19.
 - ✚ **Bentekhici N. & Zebbar Z.d. (2008).** Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued EL MALEH, Nord-Ouest d'Algérie). 1^{ère} conférence international sur le Web et l'information Technologie. Sidi Bel Abbes, ALGERIE, p : 147.
 - ✚ **Berne F. & Cordonnier J. (1991).** *Traitement des eaux*. Ed. TECHNIP. P : 36.
 - ✚ **Boeglin J.C. (2001).** *Technique d'ingénieur. G1 l'environnement*. Ed. Technique d'ingénieur/ Paris. P : 110- 110-8.
 - ✚ **Boeglin J.C. (2006).** Propriétés des eaux naturelles Dans : techniques de l'ingénieur W1 Technologie des eaux. Technique de l'ingénieur chapitre G1 110. P : 1-8.
 - ✚ **Bogomolov (1986).** *Hydraulique et notion de géologie d'ingénieur*. Ed. Moscou. P : 278.
 - ✚ **Bonte M., Pons O., Potier & Rocklin P. (2002).** Journal of Water Science. Colloque international organisé par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie sur Eau, Environnement.
 - ✚ **Bontoux F. (1993).** *Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées*. Deuxième Ed. CEBEDOC, Diffusion Lavoisier. P : 170.
 - ✚ **Bordjiba O., Bekhouche F., Hassaine A. & Djenidi R. (2009).** European Journal of Scientific Research, Vol.26, N°1, p: 87-97.
 - ✚ **Bouchebbah & Ayache (2011).** Caractéristique des eaux de surfaces de l'Oued Djemaa de la région de Bejaia. Mémoire d'ingénieur en écologie et environnement, Université de Bejaia, p : 54.
 - ✚ **Boumont (2004).** Réutilisation des eaux usés, risqué sanitaires et faisabilité en Ile-De-France, Rapport ORS, p : 220.
 - ✚ **Bouziani M. (2000).** *L'eau de la pénurie aux maladies*. Ed. Ibn khaldoun. P : 247.
-

- ✚ **Bras A. (2005).** Evaluation des risques sanitaires des oocystes de *Cryptosporidium* dans l'eau destinée à la consommation humaine distribuée dans la zone métropolitaine de Port-au-Prince, Haïti, Université de Quisqueya.
- ✚ **Bremaude C., Claisse J. R., Leulier F., Thibault J. & Ulrich E. (2006).** *Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale*, Ed. Educagri, Dijon, France, p: 220-221.
- ✚ **Brousseau N., Levesque B., Guilemet T., Dauvin D., Giroux I.P., Cantin P., Guingras S. & Laverdiere D (2009).** Etude de la contamination microbiologique des Spas publics au Québec. Direction des risques biologiques environnementaux et occupationnels. P : 107.
- ✚ **Brundtland (2002).** "Water for Health Enshrined as a Human Right." World Health Organization press release.
- ✚ **Brunet D. (1988).** *Les guides pratiques des C.H.R., Cafés, Hôtels, Restaurants - Hygiène et restauration*. 3eme Ed. B.P.I.

C

- ✚ **Cardot C. (1999).** *Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus : génie de l'environnement*. Paris. Edit. Ellipses. P : 71.
 - ✚ **Carip C., Salavert M.H. & Tandeau A. (2015).** *Microbiologie, hygiène et droit alimentaire*. 8ème Ed. Edit. Lavoisier.
 - ✚ **Carlos G., Ghezzi L. & Ferraris J. (2004).** Renal physiology in newborns and old people: Similar characteristics but different mechanisms, *International Urology and Nephrology*, (36), 273–76.
 - ✚ **CA-SFM (2013).** Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.
 - ✚ **Castany G. (1982).** *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Paris. Edit. Dunod.
 - ✚ **Chaouch R. (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physicochimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister, Université de Badji Mokhtar Annaba (Algérie). P : 105.
 - ✚ **Chaker H.K. & Slimani A. (2014).** Evaluation de la qualité physico chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi, Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, Université d'El Tarf, Algérie
-

- ✚ **Chevalier P. (2003).** Coliformes fécaux. *Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé Durant l'Evaporation Complete du Chott Merouane dans le Sahara Septentrional Algérie.* Article. P : 10.
- ✚ **Coulibaly K. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse Pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en Pharmacie, Université de Bamako, Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odontostomatologie.
- ✚ **Craun G.F. & Calderon R.I. (2001).** Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. *Journal American works water Association (AWWA)*, 93(9), 64-75.
- ✚ **Créteur X. (1998).** Pollution microbienne des eaux : origine et mécanismes. Mémoire D.U., Eau et Environnement, D.E.P., Univ. De Picardie Jules Verne, Amiens, France. P : 60.
- ✚ **Cruyter K. & Deneg K. (1993).** La qualité de l'eau à la sortie du robinet. *Revue de tribune de l'eau.* Ed. Cebedoc: France.
- ✚ **Custodio E. & Llamas R. (2001).** Hidrología subterránea. Tomo I. (Segunda Ed.).Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A.

D

- ✚ **Dahel Zanat (2009).** Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule Perna. Mémoire de Magistère, Université Badji-Mokhtar Annaba, p : 69.
- ✚ **Defranceschi (1996).** *L'eau dans tous ses états.* Edit. Ellipses. P : 61.
- ✚ **Degremont (2005).** «*Mémento technique de l'eau* ». Deuxième Ed. Tom1.
- ✚ **Delarras C. (2003).** *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Réglementation prélèvement-analyses.* Ed. Médicales internationales. Edit. Lavoisier. Paris. P : 269.
- ✚ **Djermakoye H. (2004).** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat, université de Bamako Mali, p : 27-30.
- ✚ **Dussart B. (1966).** *Limnologie : l'étude des eaux continentales.* Ed. géologique écologique aménagement, 2ème trimestre. P : 252.

E

- ✚ **El Bakkouri J., Belabbes H., Zerouali K., Belaiche A., Messaouidi D., Gros Claude J. & El Mdaghri N. (2009).** Résistance aux Antibiotiques d'*Escherichia coli* Uropathogène Communautaire et Consommation d'Antibiotiques à Casablanca (Maroc). *European Journal of Scientific Research*, 36, 49-55.
- ✚ **El mahdi L. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de la station thermale de hammam mélouane à Blida .Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida 1, P : 104.

F

- ✚ **Falagas M.E., Koletsi P.K. & Bliziotis I.A. (2006).** The diversity of definitions of multidrug-resistant (MDR) and pandrug-resistant (PDR) *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa*. *J Med Microbiol*, 55, 1619–1629.
- ✚ **Fellah L. (1998).** Etudes exploratrices du système de prévention algérien : déterminisme et problématique. Thèse de doctorat, Université d'Alger, p : 38.
- ✚ **Fomon S.J. & Ziegler E. (1999).** Renal solute load and potential renal solute load in infancy, *The Journal of pediatrics*.
- ✚ **Franch R. (2002).** Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique. Paris. P : 360.

G

- ✚ **Gaujour D. (1995).** *La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire*. Deuxième Ed. Edit. Lavoisier. P : 49.
- ✚ **Gélinas P. (1995).** *Répertoire des microorganismes pathogènes transmis par les aliments*, *Fondation des gouverneurs*. Ed. Saint- Hyacinthe : Québec. P : 211.
- ✚ **Goita A. (2014).** Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de doctorat, Université Mohamed –Soussi, Faculté de médecine et de pharmacie rabat, p : 134.
- ✚ **Gould I.M. (2008).** The epidemiology of antibiotic resistance. *Int J Antimicrob Agents*, 32(suppl 1), 2–9.
- ✚ **Guerin F., Isnard C., Cattoir V. & Giard J.C. (2015).** Complex Regulation Pathways of AmpC-Mediated beta-Lactam Resistance in *Enterobacter cloacae complex*. *Antimicrob.Agents Chemother*, 59, 7753-7761.

H

- ✚ **Hamaidi F. & Hamaidi M.S. (2009).** Recherche des indicateurs bactériens de contamination fécale dans les eaux du barrage de Lakhal (Bouira Algérie). *Revue Microbiol. Ind. San et Environn.*, Vol.3, N°1, P : 95.
- ✚ **Hamed M., Guettache A. & Bouamer L. (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire De Fin D'Etude Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état en Biologie, Option : Contrôle de Qualité et d'Analyse Faculté Des Sciences Et Technologies Département Des Sciences, Université de Bechar, Bechar, p : 134.
- ✚ **Hamzaoui A. et Fellah M. (2014).** Qualité de l'eau destinée à la production de lait IFKI Ben Badis (Sidi Bel Abbés). Mémoire d'ingénieur, Université Abou bekr belkaid Tlemcen, p : 59.
- ✚ **Hedahdia A. & Aliouche S. (2016).** Contribution à l'étude de l'origine de la contamination fécale des eaux du barrage Bouamrane –Guelma. Mémoire de Master, Université 8 MAI 1945 GUELMA. P : 70.
- ✚ **Henry T. & Beaudry J.P. (1992).** « *Chimie des eaux* ». Ed. Le griffon d'argile : Québec, P : 537.
- ✚ **HGGE (1990).** La pollution des nappes par le fer et le manganèse en liaison avec l'interface nappe-rivière, INSA de Lyon.
- ✚ **Hinton M., Hedges A.J. & Linton A.H. (1985).** The ecology of *Escherichia coli* in market calves fed a milk-substitute diet. *J Appl Bacteriol*, 58, 27–35.
- ✚ **Hoffmann F., Auly T. & Meyer A.M. (2014).** *L'eau* .Ed. Confluence. P: 43. https://www.google.dz/search?q=CYCLE+DE+L%27EAU&source=lnms&tbm=is ch&sa=X&Ved=0ahUKEwj1wLqC2fTbAhXDPxQKHQqnBIgQ_AUICigB&biw=1280&bih=694#imgrc=ZmF4i-kkCHf-uM
- ✚ **Hospitalier-Rivillon J. & Poirier R. (2008).** *L'eau destinée à la consommation humaine : Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, (69), 496-505.
- ✚ **Hubert P. & Marin M. (2001).** *Quelle eau boirons-nous demain ?* Ed. Fabienne Travers. P : 64-124.

I

- ✚ **Ider K. & Iamranen N. (2008).** Evolution des maladies à transmission hydrique au niveau de Bejaia. Mémoire, DEUA Eco-biologie, Université Bejaia, p : 25.

J

- ✚ **Joffin C. & Joffin J. (1999).** *Microbiologie alimentaire*. CRDP d'Aquitaine. 5ème Ed. Doin. France. p : 185.
- ✚ **Joffin C. & Joffin J.N. (2010).** *Microbiologie alimentaire*. 6ème Ed. Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine.
- ✚ **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, N°51, 15-19.**

K

- ✚ **Kahoul M. & Touhami M. (2014).** Evaluation de la qualité physico chimique des eaux de consommation de la ville D'ANNABA (ALGERIE), Laboratoire des sols et développement durable, Université Badji Mokhtar Annaba, Faculté des sciences, p : 130.
- ✚ **Kallen A.J., Hidron A.I., Patel J. & Srinivasan A. (2010).** Multidrug resistance among gram-negative pathogens that caused healthcare-associated infections reported to the National Healthcare Safety Network, 2006-2008. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 31, 528–531.
- ✚ **Kaneene B.J., Miller R., Sayah R., Johnson Y.J., Gilliland D. & Gardiner J.C. (2007).** Considerations when using discrimination function analysis of antimicrobial resistance profiles to identify sources of faecal contamination of surface water in Michigan. *Appl Environ Microbiol*, 73, 2878–90.
- ✚ **Kemmer F. (1984).** *Manuelle de l'eau*. Edit. Lavoisier technique et documentation. P : 95- 96-112.
- ✚ **Kherifi W. (2016).** Pollution et protection des eaux du lac Mellah (N-E Algérien) au droit des rejets urbains: proposition d'un collecteur principal. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, p : 284.
- ✚ **Kourradi R. (2007).** Evaluation du degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de *Scrobieularia plana* (Linné, 1758) et *solenmarginatus*. Thèse de doctorat d'état en biologie, Spécialité écologie animale, Université Mohammed V-AGDAI, Faculté des sciences Rahat Maroc, p : 300.
- ✚ **Krumperman P.H. (1983).** Multiple antibiotic resistance indexing *Escherichia coli* to identify risk sources of faecal contamination of foods. *Appl Environ Microbiol*, 46:165–70.

L

- ✚ **Labres E. (2002).** Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments «Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer». Institut Pasteur d'Algérie .p : 34.
 - ✚ **Labres E. & Mouffok F. (2008).** Les cours national d'hygiènes et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. P : 53.
 - ✚ **Laid (2010).** Dialogue National Interministériel sur le Changement Climatique, Secteur clé: Santé (Adaptation) Alger, Algérie.
 - ✚ **Lalanne F. (2012).** Etude de la qualité de l'eau la langue de la chaine d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzorgou, (Région du plateau centrale, (Borkina Faso). Fondation 2iE. Franck.Lalanne@2ie-edu.org. P : 33.
 - ✚ **Lapegue P. & Ribstein P. (2006).** La qualité et les analyses d'eaux : Action contre la Faim Espagne en Mali. Mémoire de Master 2 en Sciences de l'Univers, Environnement, écologie, Université Pierre et Marie Curie, Ecole des Mines de paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, p : 22-23.
 - ✚ **Lassoued K. & Touhami N. (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh. Mémoire de master II, Université de 8 Mai 1945 Guelma.
 - ✚ **Lemarchand K., Masson L. & Brousseau R. (2004).** Molecular biology and DNA microarray technology for microbial quality monitoring of water. *Critical Reviews in Microbiology*, 30(3), 145-72.
 - ✚ **Le Pimpec P., Lienard A., Bounard R., Lafont M., Cazin B., Bossard P., Hubert B. & Bray M. (2002).** *Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques*. Edit. Maurice Merlin. P : 160.
 - ✚ **Llena-Puy M.C., Montañana-Llorens C. & Forner-Navarro L. (2000).** Cariogenic oral flora and its relation to dental caries. *ASDC journal of dentistry for children*, 67(1), 42-6.
 - ✚ **Lounnas A. (2009).** « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda ». Mémoire de Magister en Chimie, Option : pollution chimique et environnement, Université du 20 Aout 1955 Skikda, Algérie. P : 120.
-

- ✚ **Lunc J. & Lagradette M. (2004).** *L'eau potable et l'assainissement*. Edit. Johannes. Paris.

M

- ✚ **Makhoukh M. (2011).** *Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya*. Maroc. 8eme Ed. P : 127, 754, 755, 759.
- ✚ **Marcel F.R. (1986).** *Dictionnaire français d'hydrologie de surface* .Edit. Masson. P : 94
- ✚ **Marcel D. (1989).** Chimie des oxydants et traitement des eaux. *La Revue de Génie chimique- technique industrielles- Génie des procédés*, Vol.7, Lavoisier S.A.S, p : 582.
- ✚ **Mechai (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba. Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, p : 84.
- ✚ **Magiorakos¹ A.P., Srinivasan A., Carey R.B., Carmeli Y., Falagas M.E., Giske C.G., Harbarth S., Hindler J.F., Kahlmeter G., Olsson-Liljequist B., Paterson D.L., Rice L.B., Stelling J., Struelens M.J., Vatopoulos A., Weber J.T. & Monnet D.L. (2011).** *Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance*. *Clinical Microbiology and Infection*, Vol.18, N°3, P : 273 – 276.
- ✚ **Mens & Derouane (2000).** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie.
- ✚ **Merabet S. (2010).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Béni Haroun. Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine, p : 4-5-7-10.
- ✚ **Mercier J. (2000).** *Le grand livre de l'eau*. Ed. La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. P : 91.
- ✚ **Miquel M.G. (2003).** Rapport sur « la qualité de l'eau et de l'assainissement France » office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. France.
- ✚ **Mizi (2006).** Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie -région de Bejaia Et valorisation de déchets oléicoles. Thèse pour l'obtention du doctorat d'état, Université Badji Mokhtar Annaba, p : 189
-

- ✚ **Mohammedi E., Vieille P. & Boulétreau (2002).** Bactériémie à *Enterobacter cloacae* : émergence d'une résistance aux antibiotiques après antibioprophylaxie. Annales françaises d'anesthésie et de réanimation, 19(7), 563.
- ✚ **Mossel D. (1967).** Ecological principles and methodological aspects of the examination of foods and feeds for indicator microorganisms. J. A. O. A. C, (50), 91-104.
- ✚ **Mouffok F. (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. P : 40.

N

- ✚ **Nechad I., Elharchli E. & Fadil F. (2014).** *Caractérisation physicochimique des eaux de la source Tataw à Imouzzer Marmoucha* (Maroc), Science Lib, Edit. Mersenne, Vol.6, N°140103.
- ✚ **Niamien-brottie E.J., Gnagne T., Ouattara A. & Gourene G. (2008).** « Etude diagnostique de l'état de pollution du système Fulvio-lagunaire Aby-Bia-Tanoé (Sud-est, Cote d'Ivoire) ». Sud Science et Technologie. P : 13.

O

- ✚ **O'Fallon E., Gautam S. & D'Agata (2009).** Colonization with multidrugresistant gram-negative bacteria: prolonged duration and frequent colonization. Clin Infect Dis, 48: 1375–1381.
- ✚ **OMS (1994).** Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 3eme Ed. Vol.1.Genève:18
- ✚ **OMS (2007).** Combattre les maladies véhiculées par l'eau à la maison ; Le réseau international pour le traitement et la bonne conservation de l'eau à domicile. P : 36.
- ✚ **OMS (2009).** Profil épidémiologique des maladies transmissibles. Organisation mondiale de la Santé. P : 265.
- ✚ **OMS (2011).** Normes internationales applicables à l'eau de boisson Genève.
- ✚ **Ould Kankou M. (2004).** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de limoges, Option Chimie et Microbiologie de l'Eau, France.

P

- ✚ **Paterson D.L. & Doi Y. (2007).** A step closer to extreme drug resistance (XDR) in gram-negative bacilli. Clin Infect Dis, 45, 1179–1181.
-

- ✚ **Patoine M. (2011).** Influence de la densité animale sur la concentration des coliformes fécaux dans les cours d'eau du Québec méridional, Canada. *Revue des sciences de l'eau*, 24(4), 421-435.
- ✚ **Painchaud J. (1997).** La qualité de l'eau des rivières du Québec : état et tendances. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- ✚ **Pilet C., Bourdon J., Toma B., Marchal N. & Balbastre C. (1979).** *Bactériologie médicale et vétérinaire : Systématique bactérienne*. Deuxième Ed. Dunod, paris. P : 345.
- ✚ **Popoff G. et Honegger J.L. (1990).** Les eaux minérales et les matériaux en contact. Hydrologie, P : 233 – 240.
- ✚ **Potelon E. & Zysman (1998).** Le guide d'analyse de l'eau potable. France. P : 79-213
- ✚ **Pulim (1991).** L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges, 2 octobre 1991.
- ✚ **Pierre S., Gilles B., Tamara G., Isabelle G., Alexandre G. & Sylvie T. (2009).** La contamination microbienne du bassin de la seine. P :50.

Q

- ✚ **Quevauville P. (2010).** Protection des eaux souterraines législation européennes scientifiques. 1er Ed. TEC et doc.

R

- ✚ **Ramade F. (1984).** *Eléments d'écologie-écologie fondamentale*. Ed. Mac Graw-Hill. Paris. P : 397.
 - ✚ **Rejseck F. (2002).** *Analyse des eaux : aspect réglementaire et technique*. Ed. CRDP AQUITAINE. Collection biologique technique. P : 64.
 - ✚ **Remini B. (2005).** La problématique de l'eau en Algérie. Collection hydraulique et transport, Blida, p : 182.
 - ✚ **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P. & Champasaur H. (1984).** *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats série environnement et sécurité*. 4ème Ed. Dunod Paris. P : 486.
 - ✚ **Rodier J. (1984).** *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. Edition : Dunod Paris.
-

- ✚ **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champasaur H. & Rodi L. (1996).** *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.* 6ème Ed. Dunod, Paris.
- ✚ **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champasaur H. & Rodi L. (2005).** *L'analyse de l'eau, Eau naturelle résiduaire, eau de mer.* 8ème Ed. P : 130-151.
- ✚ **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champasaur H. & Rodi L. (2009).** *L'analyse de l'eau.* 9ème Ed. Bordas-Paris. P : 328.
- ✚ **Roland V. (2003).** *Eau, Environnement et santé publique.* 2ème Ed. Rue Lavoisier Paris.

S

- ✚ **Sari H. (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen). Mémoire de master, Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen.
- ✚ **Savary P. (2010).** *Guide des analyses de la qualité de l'eau.* Territorial Ed. Voiron. P : 10-179.
- ✚ **Sebsi A. & Hamek F. (2018).** Etude de la qualité physico chimiques et bactériologiques des eaux de deux barrages Deuder (Ain Defla) et Boukourdane (Tipaza). Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida 1, p : 116.
- ✚ **Sersoub D. (2012).** Aménagement et Sauvegarde de la Biodiversité de la Vallée d'Oued Boussellem Sétif. Mémoire magister, Département de biologie et écologie végétale, Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes, p : 197.
- ✚ **Schwartzbord L. (1991).** *Virologie des milieux hydriques.* Edit. Lavoisier, Tec et Doc. Paris. *In Sari H., (2014).* Contribution à l'étude de la qualité physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen). Mémoire de master, Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen.
- ✚ **Scott T.M., Rose J.B., Jenkins T.M., Farrah S.R. & Lukasik J. (2002).** Microbial source tracking: Current methodology and future directions. *Appl Environ Microbiol*, 68, 5796–803.

T

- ✚ **Tallon P., Magajna B., Lofranco C. & Leung K.T. (2005).** Microbial indicators of faecal contamination in water: A current perspective. *Water Air and Soil Pollution*, 166(1-4), 139-66.
- ✚ **Tambekar D.H., Hirulkar N.B. & Waghmare A.S. (2005).** MAR indexing to discriminate the source of faecal contamination in drinking water. *Nat Environ Poll Tech*, 4, 525–8.
- ✚ **Testud F. (2004).** Engrais minéraux. *EMC Toxicologie Pathologie*, p : 21-28.
- ✚ **Touré (2006).** *La politique de l'environnement dans les capitales africaines : le cas de côte d'Ivoire*. Ed. Pulibook. P : 159.

V

- ✚ **Vergidis P.I. & Falagas ME. (2008).** Multidrug-resistant gram-negative bacterial infections: The emerging threat and potential novel treatment options. *Curr Opin Investig Drugs*, 9, 176–83.
- ✚ **Vilagines R. (2003).** *Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie*. Deuxième Ed. Tec et Doc. Edit. Lavoisier. P : 3- 187.
- ✚ **Vilagines R. (2010).** *Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie*. Troisième Ed. Tec et Doc. Lavoisier. P : 217.

Z

- ✚ **Zerrouki H., Selt M.T., Ouadjina N., Milliani Z., Menoueri K., Krider C., Haddadi N., Bouzertit N., Boudjella A., Benguerba D., Azzouz D. & Ahmed Messoud R. (2006).** Le Fian de l'eau. *Le magazine des journalistes scientifiques*. Université SSAD DAHLAB DE BLIDA. P : 24.
 - ✚ **Zmirou D., Bard D. & Dab W. (2000).** Quels risques pour notre santé ? *Syros*, p : 335.
-



Annexes

Annexe 1 : Tableau de matériel et réactifs utilisées pour la recherche bactériologique.

Appareillage	Verrerie	Produits chimiques, réactifs et colorants	Les milieux de cultures
➤ Bec benzène	➤ Tubes à essai	➤ Eau distillé	➤ Milieu BCPL (SC,DC)
➤ Agitateur	➤ Boites de Petri	➤ Eau physiologique	➤ Milieu Rothe (SC,DC)
➤ Balance analytique	➤ Fioles jaugé (50ml, 250ml)	➤ Kovacs	➤ Milieu SFB
➤ Etuve (37°C, 44°C, 105°C)	➤ Flacon en verre	➤ TDA (Tryptophane désaminase)	➤ Milieu Eau peptoné Alcalin
➤ Plaque chauffante	➤ Erlenmeyer	➤ VP1 et VP2 (Voges – Proskaur)	➤ Milieu Cétrimide
➤ Spectrophotomètre de masse UV-VIS	➤ Seringues	➤ Violet de génatine	➤ Milieu VF
➤ pH mètre (Hach HQ43d flexi)	➤ Micropipette	➤ Fuschine	➤ Milieu Hektoen
➤ Autoclave	➤ Pipette Pasteur	➤ Lugol	➤ Milieu GNAB
➤ Conductimètre	➤ Béchers	➤ Alcool	➤ Milieu Schubert
➤ Bain marie (80°C)	➤ L'anse de platine	➤ Huile de vaseline	➤ Milieu Eva-litsky
➤ Turbidimetre (WWW Turb 550)	➤ Gants	➤ Additif SFB (Sélenite de sodium)	➤ Milieu gélose nutritif
➤ Thermometre	➤ Portoir a tubes essai	➤ Additif Alun de fer	➤ Milieu muller hinton
➤ Réfrigérateur	➤ Lamelle	➤ Additif sulfite de sodium	
➤ Distillateur	➤ Lame	➤ Disques d'antibiogramme	
	➤ Pince stérile		
	➤ Pipette graduées		
	➤ Ecouvillon		
	➤ Pied à coulisse		

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures.

Milieu BCPL :

Milieu BCPL (Double Concentration)	Milieu BCPL (Simple Concentration)
+ L'extrait de viande de bœuf2g/l	+ L'extrait de viande de bœuf1g/l
+ Peptone.....14g/l	+ Peptone.....7g/l
+ Lactose.....10g/l	+ Lactose.....5g/l
+ Pourpre de bromocrésol 1%.....0.06g/l	+ Pourpre de bromocrésol 1%.....0.03g/l
+ pH 6.9±0.2	+ pH 6.9±0.2

Milieu Rothe :

Milieu Rothe (Double Concentration)	Milieu Rothe (Simple Concentration)
+ Peptone de caséine.....40g/l	+ Peptone de caséine.....20g/l
+ Extrait de viande.....3g/l	+ Extrait de viande.....1.5g/l
+ Glucose.....8g/l	+ Glucose.....4g/l
+ Chlorure de sodium.....8g/l	+ Chlorure de sodium.....4g/l
+ Phosphate dipotassique.....5.4g/l	+ Phosphate dipotassique.....2.7g/l
+ Phosphate mono potassique.....5.4g/l	+ Phosphate mono potassique.....2.7g/l
+ Azide de sodium.....0.4g/l	+ Azide de sodium.....0.2g/l
+ pH 6.9±0.1	+ pH 6.9±0.1

Milieu Schubert :

+ Tryptone.....10g/l	+ Chlorure de sodium.....2g/l
+ Peptone.....10g/l	+ Citrate de sodium.....0.5g/l
+ Acide glutanique.....0.2g/l	+ Mannitol.....7.5g/l
+ Tryptophane.....0.2g/l	+ pH 7.6
+ Sulfate de magnésium.....0.7g/l	+ Autoclavage pendant 20 min à 120 °C
+ Sulfate d'ammonium.....0.4g/l	

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures (suite).

Milieu EVA LITSKY

+ Tryptone..... 20 g/l	+ Azide de sodium.....0.3g/l
+ Glucose5 g/l	+ Solution d'éthyle violet5g/l
+ Chlorure de sodium5 g/l	+ pH 6,8 à 7
+ Phosphate mono potassique2,7 g/l	+ Autoclavage pendant 20 min à 120 °C
+ Phosphate di potassique..... 2,7 g/l	

Milieu gélose nutritif

+ Extrait de viande1g/l
+ Extrait de levure.....2g/l
+ Peptone5g/l
+ Chlorure de sodium.....5g/l
+ Agar15g/l
+ pH 7,4

Milieu Cétrimide

+ Protéase peptone10g/l
+ Peptone10g/l
+ Chlorure de sodium5g/l
+ Sodium thiosulfate0,3g/l
+ pH final 8,6
➤ Autoclaver à 120°C pendant 15 min

Milieu Hektoen

+ Protéose peptone..... 12g/l	+ Saccharose12g/l
+ Fuchsine acide..... 0.1g/l	+ Agar14g/l
+ Bleu de bromothymole..... 0.065g/l	+ Salicine2g/l
+ Extrait de levure.....3g/l	+ Citrate de fer et d'ammonium.....5g/l
+ Chlorure de sodium5g/l	+ Sels biliaires9g/l
+ Lactose12g/l	+ pH finale 7.5 ± 0,2
+ Thiosulfate de sodium.....5g/l	

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures (suite).

Milieu Viande Foie

- + Base viande-foie30g/l
 - + D-glucose..... 2g/l
 - + Agar.....8g/l
 - + Ethyle violet7,6±0,2g/l
- Autoclaver à 124°C pendant 15min

Milieu Muller Hinton

- + Peptone17,5g/l
 - + Extrait de viande2 g/l
 - + Amidon1,5g/l
 - + Agar17g/l
- + pH final à 25°C : 7,3

Milieu Eau Péptoné Alcalin

- + Protéase peptone10g/l
 - + Peptone10g/l
 - + Chlorure de sodium5g/l
 - + Sodium thiosulfate0,3g/l
- + pH final = 8,6
- Autoclaver à 120°C pendant 15 min.

Milieu SFB

- + Tryptone..... 5g/l
 - + Lactose4g/l
 - + Sélénite acide de sodiu..... 4g/l
 - + Phosphate disodique10g/l
 - + L-cystine.....0,01g/l
- + pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2

Annexe 3 : Les photos des appareillages.



Photo 1 : Etuve de paillasse.



photo 2 : Etuve à 105°C.



Photo 3 : Etuve à 80°C.



Photo 4 : Etuve à 44°C.



Photo 5 : Etuve à 37°C.



Photo 6 : Bain marie à 80°C.

Annexe 3 : Les photos des appareillages(Suite).



Photo 07 : plaque chauffante.



Photo 08 : Balance analytique.



Photo 09 : Spectrophotomètre UV-VIS.



Photo 10 : Microscope optique.



Photo 11 : Turbidimètre.



Photo 12 :pH-mètre.

Annexe 4 : Table NPP (Mac Grady).

<u>Table NPP (Nombre Plus Probable)</u>					
1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

Annexe 5 : Les bouteilles d'eau utilisées et leurs étiquettes.

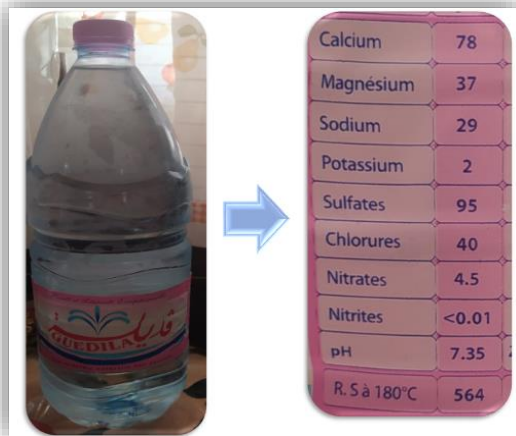


Photo 13 :Bouteille d'eau Guedila.



Photo 14 : Bouteille d'eau Messerghin.



Photo 15 : Bouteille d'eau Saïda.



Photo 16 : Bouteille d'eau Ifri.



Photo 17 : Bouteille d'eau Arwa.



Photo 18 : Bouteille d'eau Qniaa.

Annexe 6 : Les courbes d'étalonnage.

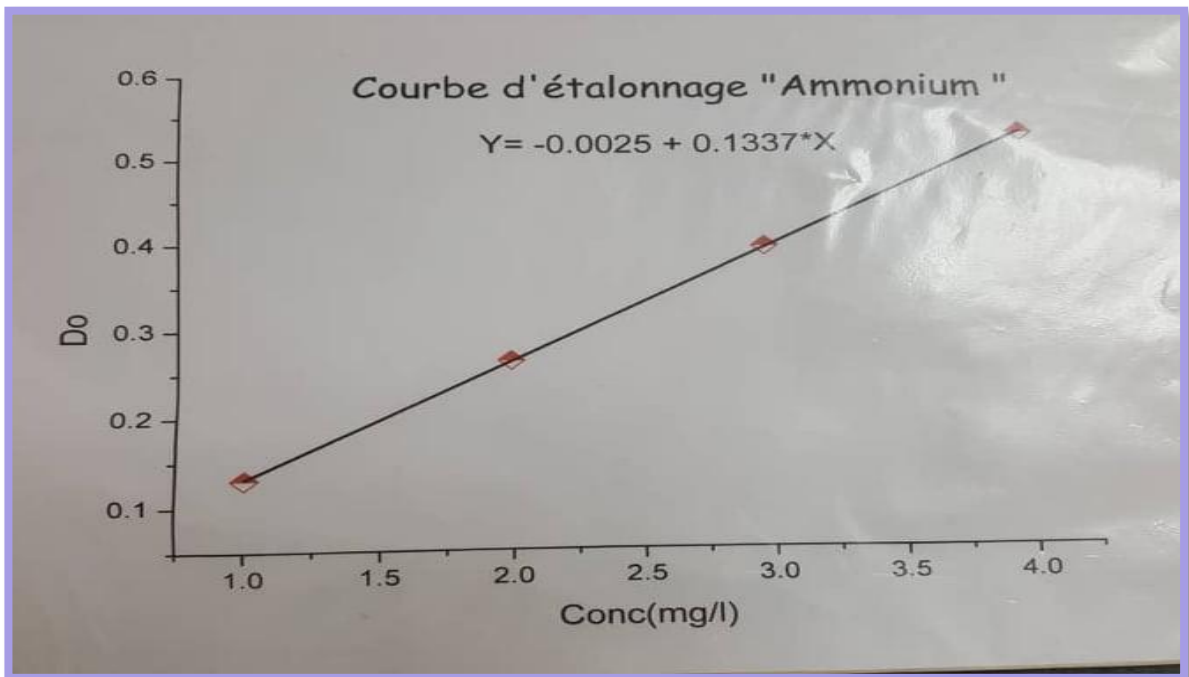


Photo 19 : Courbe d'étalonnage « Ammonium ».

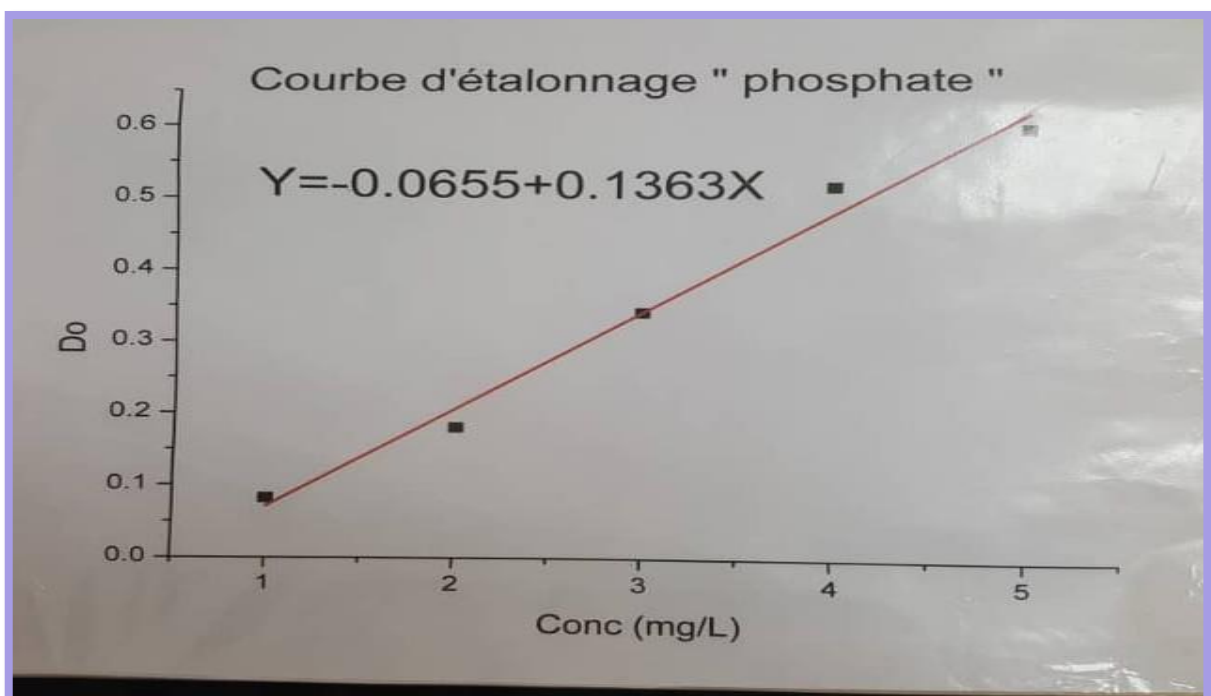


Photo 20 : Courbe d'étalonnage « Phosphate ».

Annexe 6 : Les courbes d'étalonnage (suite).

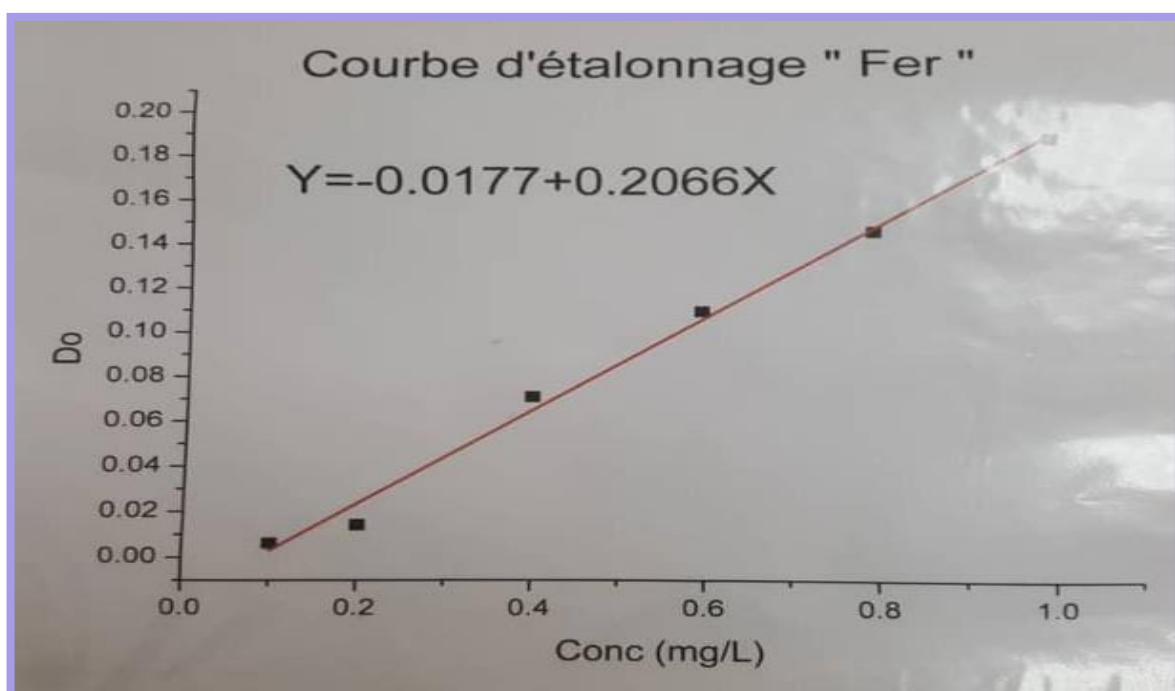


Photo 21 : Courbe d'étalonnage « Fer ».

Annexe 7 : Tableau de la qualité physico chimiques et microbiologiques des eaux de consommation selon la réglementation algériennes, européenne et les valeurs guides de l'OMS (OMS, 2006), (JORADP,2011) et (CEE, 2003).

Les paramètres physico-chimiques	Unité	Norme (OMS,2006)	Norme européenne (CEE, 2003)	Norme Algérienne (JORA, 2011)
Température	°C	≤ 25	/	25
pH	/	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9
Conductivité	µs/cm	2800	1250	2800
Turbidité	NTU	/	/	5
Chlorures	Mg/L	200	250	200-500
Calcium	Mg/L	/	/	200
Sodium	Mg/L	200	100	200
Potassium	Mg/L	/	10	20
Magnésium	Mg/L	/	/	150
Résidu sec	Mg/L	Maximum 2000	1500	/
Nitrites	Mg/L	/	0.1	0.1
Nitrates	Mg/L	/	25	50
Sulfate	Mg/L	200	250	400
Phosphate	Mg/L	0.5	1	0.5
Ammonium	Mg/L	0.5	0.4	0.5
Fer	Mg/L	0.3	0.3	0.3
Dureté totale (TH)	°F	≤ 15	10-35	50
Titre alcalimétrique (TA)	°F	/	0	0
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	/	35	/

Annexe 7 : Tableau de la qualité physico chimiques et microbiologiques des eaux de consommation selon la réglementation algériennes, européenne et les valeurs guides de l'OMS (OMS, 2006), (JORADP,2011) et (CEE, 2003) (suite).

Paramètres	Unités	Normes (JORADP, 2017)	Normes (OMS, 1994)
Coliformes totaux	N/ ml	/	100
Coliformes fécaux	N/100ml	Absence dans 250 ml	0
Streptocoques fécaux	N/200ml	Absence dans 250ml	0
ASR	N/20ml	Absence dans 50ml	0
Salmonelles	N/100ml	/	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Absence dans 250ml	/

Annexe 8: Classification des eaux selon la conductivité.

Tableau n°1: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Merabet, 2010).

Conductivité électrique $\mu\text{s/cm}$	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable
>à 1500	Minéralisation excessive

Tableau n°2 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Merabet, 2010).

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

Annexe 9 : Les résultats et physico-chimiques et microbiologiques.**Tableau n°3** : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des deux sources « Yema Bahriya » et « Oued Bourebo ».

Paramètres	Oued Bourebo	Yema Bahriya	Unité
Température	17.3	17.3	°C
Conductivité	351	347	µs/cm
TDS	211	210	Mg/L
Salinité	211	210	Mg/L
Turbidité	0.27	4.13	NTU
TH	19	19	°F
TA	0	0	°F
TAC	12.5	20.5	°F
Fer	0.0905	1.3635	Mg/L
Azote ammoniacal	0.9349	2.4308	Mg/L
orthophosphate	1.749	2.146	Mg/L
Résidu sec	21	21.8	Mg/L

Annexe 9 : Les résultats et physico-chimiques et microbiologiques (suite).

Tableau 5 : Les résultats de sulfates chlorures nitrites et pH des eaux des deux sources « Yema Bahriya » et « Oued Bourebo » et quelques eaux embouteillées

Paramètres	Sulfates	chlorures	nitrites	pH
Source Oued bourebo	17.66mg/l	142mg/l	0mg/l	8.34
Source Yema bahriya	16.31mg/l	117.15mg/l	0mg/l	8.21
Arwa	104mg/l	100mg/l	0.01mg/l	7.33
Ifri	68mg/l	72mg/l	0.02mg/l	7.2
Saida	65mg/l	81mg/l	0mg/l	7.5
Messerghine	50mg/l	78mg/l	0mg/l	7.2
Guedila	95mg/l	40mg/l	0.01mg/l	7.35
Qniaa	66.66mg/l	92.12mg/l	0.01mg/l	7.24
Valeur algérienne maximale admissible mg/l (JORADP, 2011)	200 à 400mg/l	500mg/l	0.1mg/l	6.5-8.5

Annexe 10 : Situation géographiques des eaux de sources.



Photo 22 :Source Oued Bourebo

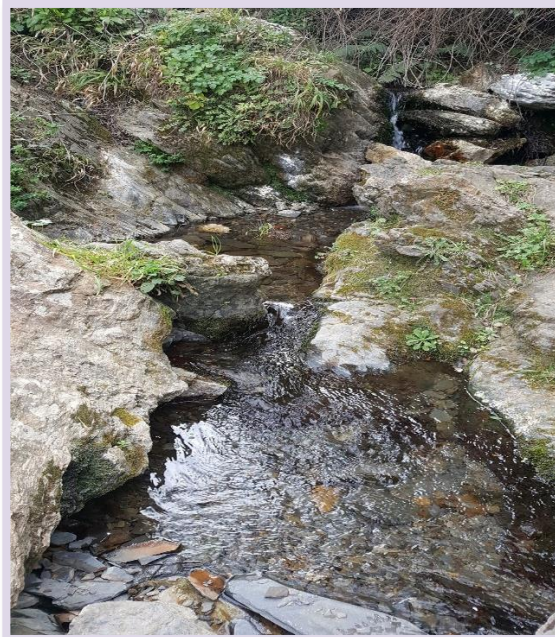


Photo 23 :Source Yema Bahriya



Photo 24 : Localisation de la source Oued Bourebo

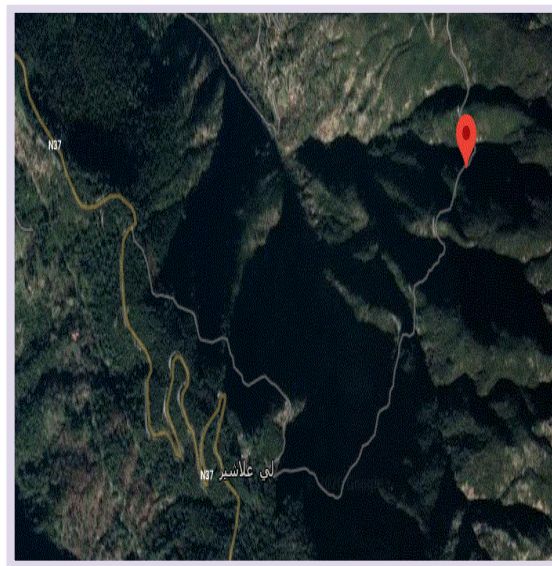


Photo 25 : Localisation de la source Yema Bahriya

Annexe11 : Tableau des Valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition et des CMI pour Entérobactéries (CA-SFM, 2013).

Antibiotiques testés	Charge des Disques	Diamètres critiques (mm)		
		R	I	S
Ampicilline	10µg	≤ 13	14 – 16	≥ 17
Amoxicilline +Ac.clavulanique	20/10µg	≤ 13	14 – 17	≥ 18
Céfazoline	30µg	≤ 19	20 – 22	≥ 23
Céfalotine	30µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18
Céfoxitine	30µg	≤ 14	15 – 17	≥ 18
Céfotaxime	30µg	≤ 22	23 – 25	≥ 26
Céftriaxone	30µg	≤ 19	20 – 22	≥ 23
Imipénème / Méropénème	10µg	≤ 19	20 - 22	≥ 23
Ertapénème	10µg	≤ 18	19 - 21	≥ 22
Amikacine	30µg	≤ 14	15 – 16	≥ 17
Gentamicine	10µg	≤ 12	13 – 14	≥ 15
Acide nalidixique	30µg	≤ 13	14 – 18	≥ 19
Ciprofloxacine	6µg	≤ 16	16 – 20	≥ 21
	6µg	≤ 20	21 – 30	≥ 31
Chloramphénicol	30µg	≤ 12	13 – 17	≥ 18
Colistine	-----	-----	-----	-----
Furanes	300µg	≤ 14	15 – 16	≥ 17
Fosfomycine	200µg	≤ 12	13 – 15	≥ 16
Triméthoprimine+Sulfaméthoxazole	1.25/23.75µg	≤ 10	11 – 15	≥ 16

Annexe 12 : Tableau de lecture des resultats de la galerie Api 20 E.

Tests	Réactions/ Enzymes	Résultats négatives	Résultats positifs		
ONPG	Galactosidases	Incolore	Jaune		
ADH	Arginine dihydrolase	Jaune	Rouge /orange		
LDC	Lysine décarboxylase	Jaune	Rouge /orange		
ODC	Ornithine décarboxylase	Jaune	Rouge /orange		
CIT	Citrate utilisation	Vert Pale /Jaune	Bleu vert/bleu		
H2S	H2S production	Incolore/grisatre	Depot noire/fin liseré		
URE	Uréase	Jaune			
TDA	Tryptophane désaminase	TDA/Immédiat Jaune	Marron-rougeatre		
IND	Indole production Incolore	JAMES/Immédiat Vert Pale /Jaune	Rose		
VP	Acetoin production	VP1+VP2/10min Incolore	Rose/rouge		
GEL	Gelatinase	Aucune diffusion	Diffusion du pigment noire		
GLU	Glucose fermentation /oxydation	Bleu/ bleu vert	Jaune/jaune gris		
MAN	Mannitol fermentation/oxydation	Bleu	Bleu vert Jaune		
INO	Inositol fermentation/oxydation				
SOR	Sorbitol fermentation/oxydation				
RHA	Rhamnose fermentation/oxydation				
SAC	Sacrose fermenatation/oxydation				
MEL	Melibiose fermentation/oxydation				
AMY	Amygdalin fermentation/ oxydation				
ARA	Arabinose fermenatation/oxydation				
Ox	Cytochrome oxydase			Incolore	Anneau violet