

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El-Tarf

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشاذلي بن جديد



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Department des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الزراعية

Mémoire de Fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sécurité

Agroalimentaire et Assurance Qualité

Etude de quelques paramètres physico-chimique et microbiologiques des eaux potables dans la région d'el-oued

Présenté Par :

MALAOUI EL MOULDI & REGAIA RACHID

Encadreur :	Pr. TADJINE A	MCA	Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf
Examinatrice :	Dr. BERKOUS N	MCA	Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf
Présidente :	Dr . ATAILIA A	MAA	Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf
Co-encadreur:	Dr. BERDJEM W	MCA	Université Chadli Bendjedid d'El-Tarf

Année universitaire 2018 – 2019

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص.برقم 37الطارف-70333 الجزائر El Tarf BP : 73, El Tarf
36000 Algérie

الهاتف: +213 38 60 1893 Fax : +213 38 60 14 17
<http://www.univ-eltarf>

Dédicace

*Avant tous je remercie mon dieu < Allah > qui m'a donné la
volonté de continuer mes études et faire ce modeste travail*

*Avec un très grand amour et beaucoup de respect, je dédie ce
modeste travail à;*

*À ma chère mère, qui m'a encouragée et qui m'a entourée
d'amour, que dieu la garde et la protège*

*À mon père, je te remercie pour ta patience, pour ton soutien
infini, j'espère que je serai une source de fierté pour toi*

À toute ma famille et à toutes les personnes qui me connaissent

À tous mes amis

.à toute ma promotion Merci!

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le Tout Puissant, c'est grâce à lui ce travail a été réalisé. Et aussi à vous, prophète Mohammed (Que la paix soit sur vous), nous adressons nos sincères salutations pour tout ce que vous avez donné à l'humanité.

Nous remercions particulièrement Pr TADJINE A, et notre co-promotrice Dr BERDJEM W pour avoir accepté d'encadrer ce travail et pour ses compétences qui m'ont permis de mener à bien cette étude.

Nos sincères remerciements vont également à Dr ATAILIA A pour l'honneur qu'elle nous fait d'avoir accepté d'être Présidente du jury de ce mémoire.

Nous tenons à remercier également Dr BERKOUS N d'avoir accepté de participer à la commission d'examen de ce travail.

Nous tenons aussi à remercier très vivement le laboratoire Direction de la Santé et de la Population wilaya d'El-Oued et laboratoire Algérien des eaux pour ces collaborations actives au cours de la réalisation de ce travail.

Nous remercions nos enseignants de faculté science de la nature et de vie.

A tous ceux qui ont contribué à l'avancement et la réalisation de ce mémoire, j'exprime mes profonds remerciements.

SOMMAIRE

DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
RESUME	
SOMMAIRE	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES FIGURES	
LISTE D'ABREVIATIONS	
Introduction.....	
Première partie: Synthèse Bibliographique	Erreur ! Signet non défini.
I. Chapitre I: Généralité sur les eaux	Erreur ! Signet non défini.
I.1. Définition de l'eau:	Erreur ! Signet non défini.
I.1.1. L'eau souterraine:	Erreur ! Signet non défini.
I. 2. Cycle de l'eau:	Erreur ! Signet non défini.
I 3. États de l'eau:	Erreur ! Signet non défini.
I .3.1. État solide:	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2. État liquide:	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3. État de gaz :	Erreur ! Signet non défini.
I.4. Importance de l'eau:	Erreur ! Signet non défini.
I .5. Pollution de l'eau:	Erreur ! Signet non défini.
I.5.1. Pollution physique:.....	Erreur ! Signet non défini.
I.5.2. Pollution chimique:	Erreur ! Signet non défini.
I. 5.2. Pollution biologique:	Erreur ! Signet non défini.
I .6. Risques liés à la pollution des eaux:	Erreur ! Signet non défini.
I.6.1. Maladies d'origine bactérienne:	Erreur ! Signet non défini.
I. 6.2. Maladies d'origine virale :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.3. Maladies d'origine parasitaire :	Erreur ! Signet non défini.
I .7. Traitement des eaux souterraines:.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7.1. Sédimentation:.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7.2. Flocculation:.....	Erreur ! Signet non défini.
I.7.3. Stérilisation.....	Erreur ! Signet non défini.
I.8. Normes internationales:	Erreur ! Signet non défini.

II.	Chapitre II :Caractéristiques et potabilité des eaux	Erreur ! Signet non défini.
I.1.	Caractéristiques des eaux.....	Erreur ! Signet non défini.
II .1.1.	Paramètres organoleptiques:	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2.	paramètres physico-chimiques:.....	Erreur ! Signet non défini.
II .2.	Caractères Microbiologiques:.....	Erreur ! Signet non défini.
II .2.1.	Germes totaux:	Erreur ! Signet non défini.
II .2.2.	Coliformes:	Erreur ! Signet non défini.
II .2.4.	Streptocoques fécaux:	Erreur ! Signet non défini.
II .2.5.	Clostridium sulfito-réducteurs:	Erreur ! Signet non défini.
II .2.6.	Salmonelles:.....	Erreur ! Signet non défini.
III.	Chapitre III : Matériel et Méthodes	Erreur ! Signet non défini.
III.1.	Présentation de la région d'étude	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.	Situation géographique	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2.	Reliefs et climat	Erreur ! Signet non défini.
III.2.	Échantillonnage et modes de prélèvements :	Erreur ! Signet non défini.
III.3.	Les analyses physico-chimiques :	Erreur ! Signet non défini.
III.3.1.	Mesure de pH :	Erreur ! Signet non défini.
III.3.2.	la température	Erreur ! Signet non défini.
III.3.3.	La conductivité électrique	Erreur ! Signet non défini.
III.3.4.	Détermination de solides totaux dissous (TDS)	Erreur ! Signet non défini.
II.3.5.	Mesure de la salinité	Erreur ! Signet non défini.
III.3.6.	Turbidité	Erreur ! Signet non défini.
III.3.7.	Dosage des nitrites.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.8.	Dosage nitrate	Erreur ! Signet non défini.
III.4.	Analyses bactériologies :.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2.	Recherche et dénombrement des satphylocoques fécaux :.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.3.	Recherche et dénombrement des coliformes :	Erreur ! Signet non défini.
III.4.4.	Recherche et dénombrement de pseudomonas :.....	Erreur ! Signet non défini.
III.4.5.	Recherche et dénombrement de streptocoque fécaux :	Erreur ! Signet non défini.
III.4.6.	Recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	Erreur ! Signet non défini.
IV.	Chapitre IV :Résultats et discussions.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.	Paramètres physico –chimiques :	Erreur ! Signet non défini.

IV.1.1. La température.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3. Conductivité	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.4. turbidité :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.5. Nitrite.....	Erreur ! Signet non défini.
IV. 1.6. Nitrate :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.7. Taux des sels dissous (TDS) :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.8. Salinité :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2. Paramètres bactériologique:	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1.Germes totaux :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.2. Coliforme totaux et fécaux :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.3. Streptocoque fécaux :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.4. staphylocoque fécaux :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.5. Les Clostridium sulfito- réducteurs :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.6. Pseudomonas :.....	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
Références Bibliographiques	Erreur ! Signet non défini.
Annexes.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable

Tableau 02 : Lecture des résultats pour le dénombrement des coliformes par méthode NPP

Tableau 03 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des coliformes

Tableau 04 : Dénombrement des Coliformes totaux durant quatre mois

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Molécule d'eau et quelques propriétés de l'eau.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 02 : Cycle de l'eau.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 03 : la carte géographie de la wilaya El Oued.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 04 : PH-mètre et Conductimètre électrique.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 05 : turbidimètre	Erreur ! Signet non défini.
Figure 06 : Spectrophotomètre.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 07 : méthode d'ensemencement.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 08 : Recherche et dénombrement de coliforme totaux.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 09 : Recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11 : Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Reducteurs	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12 : Variations de la température des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 13 : Variations de pH des eaux durant quatre mois.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14 : Variations de conductivité des eaux durant quatre mois...	Erreur ! Signet non défini.
Figure 15 : Variations de la turbidité des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 16 : Variations du nitrite des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 17 : Variations du nitrate des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 18 : Variations du TDS des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 19 : Variations de la salinité des eaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20 : Evolution des germes totaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 21 : Dénombrement des Streptocoque durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 22 : Dénombrement des Staphylocoques fécaux durant quatre mois	Erreur ! Signet non défini.
Figure 23 : Halo noir montant la présence de Clostridium sulfito- réducteurs	Erreur ! Signet non défini.
Figure 24 : Dénombrement des Pseudomonas durant quatre mois.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE D'ABREVIATIONS

ADE : Algérie des eaux.

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocresol à double concentration (D/C) et à simple concentration(S/C) .

CE: Conductivité électrique .

DBO5: Demande Biologique en Oxygène .

DCO: Demande Chimique en Oxygène .

DPT: Douar Elma après traitement

DVT : Douar Elma avant traitement

EPT : El-oued après traitement

EVT : El-oued avant traitement

HPT : Hassani Abdelkrim après traitement

HVT : Hassani Abdelkrim avant traitement

NH_4^+ : Ion d'ammonium.

K_2CrO_4 : Le chromate de potassium.

LPT : Lizerg après traitement

LVT : Lizerg avant traitement

MES: Matières En Suspension..

NO_2 : Nitrites.

NO_3 : Nitrates.

NPP : Nombre Plus Probable.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PCA : Plate Count Agar

RPT : Reghiba après traitement

RVT : Reghiba avant traitement

UFC: Unité Formant Colonies .

UTN: Unité Néphelométrique de Turbidité .

RESUME

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physicochimique et microbiologique. Pour apprécier la qualité des eaux destinées à la consommation issues de cinq stations urbaines dans la région d'El-Oued ; située au Sud-est de l'Algérie, un contrôle physico-chimique et bactériologique a été réalisé et a porté sur d'eau souterraines avant et après traitement des échantillons pendant les mois janvier , février , mars et avril 2018 .

Les analyses ont été effectuées sur ces échantillons en mesurant les paramètres physicochimiques suivants : La température, le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, les nitrates, TDS et salinité, et en recherchant éventuellement les germes indésirables : Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, staphylocoque fécaux, pseudomonas et *Clostridium* sulfito-réducteurs.

Les résultats des analyses effectuées pendant quatre mois ont fait ressortir que les eaux des stations ont qualité physico-chimique, représentés par pH entre 7.24-7.98 , la turbidité entre 0.075- 1.89 NTU et l'ion Nitrite entre 0 - 0.127 mg/l ...etc . , et qualité bactériologique qui dépasse les normes nationales et internationales de potabilité ; à savoir que toutes les échantillons pendant quatre mois présence le germe totaux (avant et après traitement) ; et la présence de germe staphylocoque *aureus* (ex : dans le mois février station Lizerg LVT = 12 UFC/ ml à 37 C°) . et dans les mois mars et avril le germe Pseudomonas plus abondantes dans toutes les stations sauf la station Lizerg .

Donc en conclue que l'eau de ces station possède une bonne qualité physico-chimique contre que mauvaise qualité bactériologies Ceci est justifié par la température saisonnière élevée, ce qui a conduit à l'activité de ces types de bactéries pathogènes. .Dans l'ensemble le nombre des stations sont traitées par un taux pas efficace d'hypochlorite. Cette pollution constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des populations consommatrices de ces eaux.

Mots clés : Eau, Traitement, Qualité, Physico-chimique, Flore bactérienne, El-Oued

Abstract

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene requires excellent physico-chemical and microbiological quality. To assess the quality of well water for human consumption in the El Oued region which is located in South-east of Algeria, a physico- chemical and bacteriological control was carried out on the basis of five water samples from station in this area. A physicochemical and bacteriological control was carried out and focused on ground water before and after treatment sample

The analyzes were performed on these samples by measuring the following physicochemical parameters: Temperature, pH, electric conductivity (EC), turbidity, nitrate , nitrite , TDS and salinity ,and possibly seeking unwanted bacteria : Total germs, total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococci , fecal staphylococcus , pseudomonas and Clostridium sulfite-reducing .

The results of the analyzes carried out over four months showed that the water of the stations has a physico-chemical quality, represented by pH between 7.24-7.98, turbidity between 0.075- 1.89 NTU and Nitrite ion between 0 - 0.127 mg / l ... etc. , and bacteriological quality that exceeds local and international standards of potability; namely that all samples for four months presence the total germ (before and after treatment); and presence of staphylococcus aureus germ (eg in the month February Lizerg station LVT = 12 CFU / ml at 37 ° C). and in the months of March and April the seed Pseudomonas more abundant in all stations except station Lizerg

Therefore concludes that the water of these stations has a good physico-chemical quality against bad quality bacteriologies... This is justified by the lack of a high seasonal temperature, which has led to the activity of these types of pathogenic bacteria. This pollution constitutes undoubtedly a significant harm to the health of population consuming these waters.

Keywords : Water, Treatment, Quality, Physico-chemical, Bacterial flora, El-Oued

ملخص

الماء هو مورد طبيعي قيم واساسي لاستخدامات متعددة ، استخدامه في الطعام او النظافة يتطلب نوعية فيزيوكيميائية وميكروبيولوجية ممتازة . لتقييم نوعية مياه الابار المستخدمة للإستهلاك البشري في منطقة الوادي التي تقع في الجنوب الشرقي من الجزائر ، اجري فحص الفيزيوكيميائي وبكتريولوجي على عدة عينات من المياه التي استخرجت من خمسة مناطق ينتمون الى هذه الولاية . لتقييم جودة المياه الجوفية قبل وبعد المعالجة خلال شهر جانفي ،فيفري ، مارس وأفريل 2018 .

تم إجراء التحاليل لهذه العينات عن طريق قياس المعايير الفيزيوكيميائية التالية: درجة الحرارة ، الرقم الهيدروجيني ، الناقلية ، العكارة ، النترات ، النتريت ، والملوحة . بالإضافة الى الكشف عن انواع البكتيريا التالية : البكتريا الكلية ، بكتيريا القولون الكلية ، بكتيريا القولون البرازية ، البكتريا السباحية البرازية ، البكتريا المرجعة للكبريت ، بكتيريا العنقوديات والبكتيريا الزائفة .

وقد أظهرت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية التي أجريت على مدى أربعة أشهر أن المياه الابار المستخدمة لاستهلاك البشري ، مثلا الرقم الهيدروجيني مابين 7.24- 7.98 العكارة مابين 0.075- NTU1.89 . وايونات النتريت بين 0- 0.127مغ/ل... اما النتائج المعايير البكتريولوجية تتجاوز المعايير المحلية والدولية للمياه الصالحة للشرب ، حيث اظهرت النتائج أن جميع العينات لمدة أربعة أشهر وجود البكتيريا الكلية، خلال شهر فيفري أظهرت النتائج وجود البكتيريا العنقودية *staphylocoque aureus* مثلا في منطقة لزيرق / ml UFC 12 = LVT في 37 °C . واما بالنسبة لبكتيريا الزائفة حيث ظهرت بكثرة خلال شهري مارس وأفريل في جميع المناطق ماعدا منطقة لزيرق . وهذا ما يبرر بعدم فعالية المعالجة بالكلور و ارتفاع درجة الحرارة الموسمية مما ادى الى نشاط هذه الانواع من البكتيريا الممرضة .

هذا التلوث يشكل بدون شك خطرا كبيرا على صحة الانسان المستهلك لهذه المياه .

كلمات المفتاحية : الماء ، المعالجة ، النوعية ، فيزيوكيميائية ، المستعمرات البكتيرية ، الوادي.

Introduction

Introduction

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets **(Kirkpatrick et Fleming, 2008)**. Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures **(Henri, 2012)**.

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus **(John et Donald, 2010)**. Selon l'OMS **(2005)**, chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra); 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

Les eaux souterraines représentent environ 97 % du total des eaux douces continentales liquides **(Bosca, 2002)**. Selon **Merzoug et al. (2010)**, 75 à 90 % de la population mondiale utilisent une eau d'origine souterraine. Certains travaux de recherches ont été réalisés sur la qualité des eaux souterraines concluent que les pollutions de ces eaux souterraines proviendraient d'une origine géologique et anthropique, notamment d'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture **(Nouayti et al., 2015 ; Aka et al., 2013 ; Ahoussi et al., 2013 ; Lagnika et al., 2014 ; Amadou et al., 2014)**.

D'autres études ont révélées que la pollution des eaux souterraines est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence du traitement, au manque du réseau d'assainissement et au non-respect des conditions d'hygiène publique **(Guessoum et al., 2014 ; Fakih et al., 2014 ; Degbey et al., 2010)**.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de stations utilisées comme eau de boisson au niveau de la région d'El-Oued durant quatre mois (Janvier, Février, Mars et Avril).

Première partie

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les eaux

I.1. Définition de l'eau:

L'eau ou oxyde dihydrogène est définie comme étant un liquide incolore, inodore sans saveur et de pH neutre. L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans des nombreuses réactions chimiques importantes. **(Pyerr, 1984).**

La structure d'eau liquide est encore controversée, le collage d'hydrogène de type HO-H impose un degré élevé de structure. Dans sa phase gazeuse l'eau se compose des molécules libres H₂O dont l'angle H-O-H est de 105° **(Sidiki, 2005).**

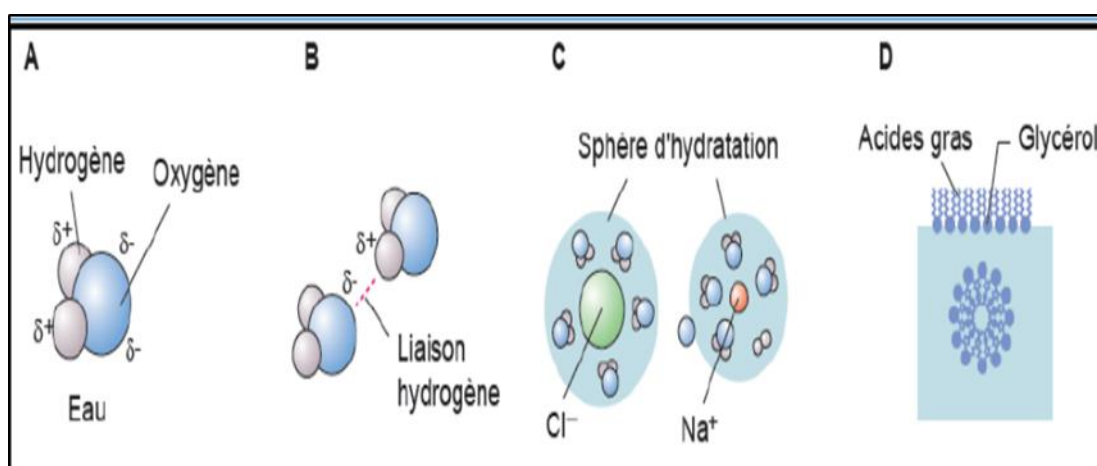


Figure .01: Molécule d'eau et quelques propriétés de l'eau (Danie, 2012).

A: Molécule d'eau.

B: Formation de liaisons hydrogène entre éléments chargés.

C: Formation de sphères d'hydratation autour d'ions.

D: Disposition des lipides apolaires (glycérides) à la surface ou dans l'eau.

La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable au néon. Le mot "eau" vient du latin aqua, c'est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. Il se trouve en général dans son état liquide. L'eau est quelque fois désignée sous le nom de : solvant universel. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce). Essentiellement sous forme d'océans **(Lounnas, 2009).**

I.1.1.L'eau souterraine:

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot , 1999**).

Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable (**Margat, 1992**)

I.1.1.1. Nappes d'eau:

L'aquifère", ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau (**Kettab , 1992**). Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (**Pomerol et Renard ;1997**).

I.1.1.1.A. Différents types de nappes:**I.1.1.1.A.1. Nappe libre:**

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

I.1.1.1.A.2. Nappe captive:

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

- Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes
- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives (**Dupont, 1974**).

I. 2. Cycle de l'eau:

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère.

L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures(Ayad , 2017).

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltre et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziani, 2000).

Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent. Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (Valverde, 2008)

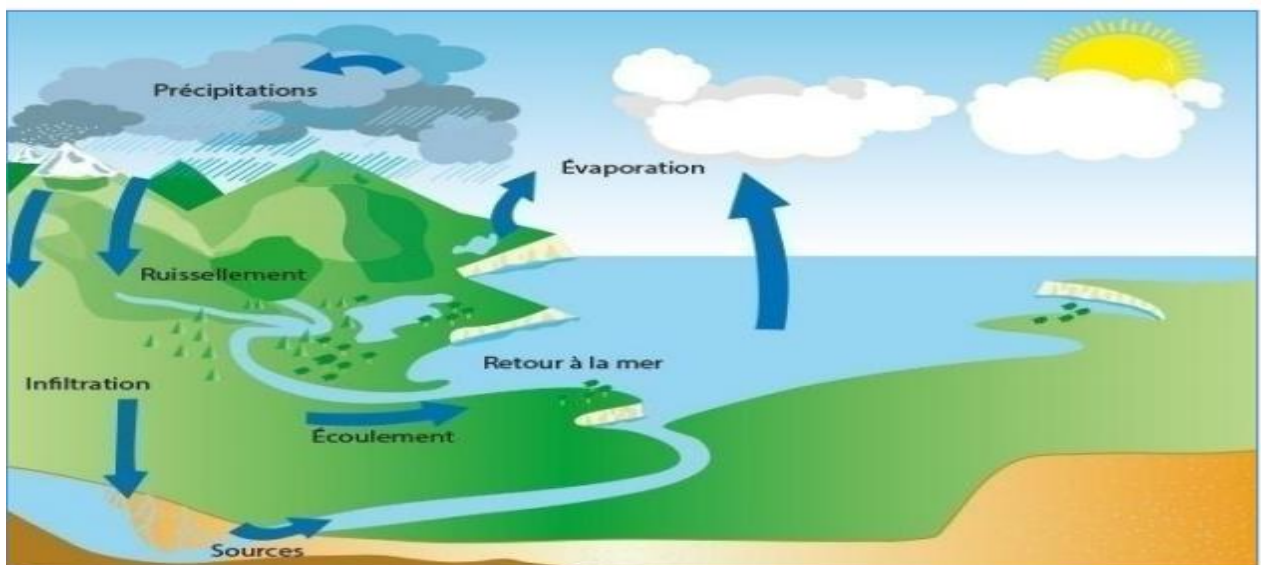


Figure 02 : Cycle de l'eau (CIE, 2013).

I 3.États de l'eau:

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états sous forme solide, liquide et gazeuse (**Musy Higy, 2004**).

I .3.1. État solide:

L'eau est solide quand la température est inférieure à 0 °C. C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, (Les calottes glaciaires des pôles Nord et Sud sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète), le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (**Musy, Higy, 2004**)

I.3.2. État liquide:

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau de la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines. Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et 0,06% les eaux souterraines à de cette eau (**Rodier, 1984**).

I.3.3. État de gaz:

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre (**Paul, 2010**).

I.4.Importance de l'eau:

L'eau est essentielle à la vie: il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger(**Ciffqe, 2011**)

La pollution et la rareté de l'eau menacent la santé et la qualité de vie de l'homme. Or, des préoccupations écologiques plus larges entrent également en ligne de compte. Le libre écoulement des eaux, inaltéré par la pollution, est important pour soutenir les écosystèmes dépendant de l'eau (**Brasilia, 2013**).

Une pénurie d'eau de qualité nuit aux environnements aquatiques, terrestres et à ceux des zones humides en exerçant une pression supplémentaire sur la faune et la flore, qui subissent déjà les conséquences de l'urbanisation et du changement climatique **(CE, 2011)**.

I .5.Pollution de l'eau:

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes (nuisances mauvaise odeur, fermentation, risques sanitaires, etc.)**(Ladjet, 2006)**.

I.5.1. Pollution physique:

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau)**(Bouziani, 2000)**.

La pollution physique désigne l'autres types de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées, qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz et la pollution radioactive **(Boudeal et Djoud ; 2013)**.

I.5.2.Pollution chimique:

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles.

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines **(Aroua, 1994)**. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuse. Les polluants chimiques sont classés en cinq catégories **(Boudeal et Djoud ; 2003)**.

Les polluants chimiques dits indésirables (nitrate, les composés phosphorés et les sels ammoniacaux :

- Les polluants chimiques toxiques
- Les pesticides et produits apparentés
- Les hydrocarbures

- Les détergents

I. 5.2.Pollution biologique:

Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de pollution bactérienne, virale ou parasitaire **(Thomas, 1995)**.

I.6.Risques liés à la pollution des eaux:

L'eau contaminée par les excréta est susceptible de transmettre les maladies gastro-intestinales. En effet la pollution fécale peut introduire dans l'eau de boisson des risques:

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé de teinture, des eaux domestiques. Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puits qui sont en communication directe avec la nappe .
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles. Il peut s'agir des industries polluantes par leurs déchets
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles. On peut citer : les engrais, les pesticides etc...**(CRAAQ, 2003)**.

Les différents risques de l'eau sont : le risque d'ingestion ou risque direct, le risque de contact et le risque indirect. Le péril fécal pollue l'eau par les excréments dans les ressources aquatiques, directement lorsque celles-ci sont de surface (rivière, lac, ...) ou par infiltration de la nappe phréatique.

I.6.1.Maladies d'origine bactérienne:

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladie d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause:

- Le choléra (*vibrio cholerae*).
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*salmonella typhi* et *E. Coli*).
- Shigellose (*shigella* spp).
- La tuberculose (*mycobacterium tuberculosis*).

I. 6.2.Maladies d'origine virale :

Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer :

- la poliomyélite
- les hépatites virales et entérovirus

I.6.3.Maladies d'origine parasitaire :

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites exemples l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis etc...(Bekkouche et al., 2013).

I.6.4.Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau :

La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb.

L'hyperthyroïdie, et la méthémoglobines provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et formation de métha-hémoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement (**Anonyme, 2003**).

I .7.Traitement des eaux souterraines:

Les eaux souterraines qui ont une composition étroitement liée aux terrains qui les contiennent sont le plus souvent exemptes de germes pathogènes. C'est pourquoi on dit qu'elles sont naturellement pures. Néanmoins ,la zone de captage doit être protégée par une réglementation efficace et prendre des précautions pour éviter une contamination de l'eau dans le réseau de distribution. Lorsque une protection continue ne plus être garantie du point de captage au point de consommation, il est impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisant. Le traitement comportera l'une ou la totalité des étapes suivantes. (**Kassim., 2005**).

I.7.1.Sédimentation:

C'est le traitement le plus simple. Il consiste à stocker l'eau dans les réservoirs pendant un bout de temps plus ou moins long. Les matières suspension se déposent(**Kassim., 2005**).

I.7.2. Flocculation:

La sédimentation est favorisée par l'addition de réactifs chimiques flocculant comme le sulfate d'alumine le « flocc » qui en résulte peut éliminer dans de bonnes conditions les bactéries présentes. La décantation et filtration : on avait autre fois recours à la filtration lente de sursable fin, directement appliquée à l'eau brute. Actuellement les eaux brutes subissent d'abord un traitement de coagulation puis de décantation et leur filtration devient alors très rapide **(Kassim., 2005)**

I.7.3. Stérilisation

Elle constitue l'étape finale du traitement. Elle est destinée à inactiver les microorganismes, pathogènes ou non, qui n'ont pas été retenus au cours des opérations précédentes. Le procédé le plus répandu est la chloration **(Kassim., 2005)**

I.8. Normes internationales:

L'organisation mondiale de la santé au OMS, à instaurer quelque lignes directrice concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable. Ces lignes directrices sont les références internationale qui garantissent une eau saine est donc potable.

Tableau 01: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable (OMS, 2006).

ELEMENT/ SUBSTANCE	SYMBOLE/ FORMULE	LIGNES DIRECTRICES FIXEES PAR L'OMS
Aluminium	Al	0.2 mg /l
Ammonium	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0.02 mg /l
Arsenic	As	0.01 mg /l
Amiante		Pas de valeur guide
Baryum	Ba	0.7 mg /l
Béryllium	Be	Pas de valeur guide
Bore	B	0.5 mg /l
Cadmium	Cd	0.003 mg /l
Chlore	Cl	Pas de valeur mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	Chrome totale : 0.05 mg /l
Couleur		Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	2 mg /l
Cyanure	CN ⁻	0.07 mg /l
Oxygène dissous	O ₂	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	1.5mg /l
Dureté	Mg/lCaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg /l
Fer		Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0.01 mg /l
Manganèse	Mn	0.4 mg /l
Mercur	Hg	Inorganique : 0.006 mg /l
Nickel	Ni	0.07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ ,NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	0.01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	500 mg /l
Etain	Sn	Pas de valeur guide, peu toxique
TDS		Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

Chapitre II

Caractéristiques et potabilité des eaux

I.1. Caractéristiques des eaux**II .1.1. Paramètres organoleptiques:****II.1.1.1.La température:**

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). (**Gaujous, 1995**). Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc(**Rodier et al., 2005**).

II.1.1.2. Goûts et Odeurs :

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins exaltée et ont une certaine saveur

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO_2 ou le sulfure d'hydrogène H_2S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution(**Monique, 1991**) .

II.1.1.3. Couleur :

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution. La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible (**Thomas, 1955**).

II.1.1.4.Turbidité:

La turbidité est liée à la présence plus ou moins importante de matières en suspension d'origine minérale ou organique (**Slimani, 2003**).

II.1.2.paramètres physico-chimiques:**II.1.2.1. Potentiel d'hydrogène:**

Le PH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (**Rodier, 1996**).

II.1.2.2. Conductivité:

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**).

II.1.2.3. Oxygène dissous:

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l(**Ladjel, 2006**).

II.1.2.4. Matières en mesures:**a. Matière en suspension (MES):**

C'est la quantité de pollution organique (MVS)et minérale(MMS) non dissoute dans l'eau . Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante:

$$\text{MES}=30\%\text{MMS}+70\%\text{MVS}$$

Les matières en suspension (MES) exprimées en mg par litre. Le diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau (**Duguet et al., 2006**).

b.Les matières Volatiles en Suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la {perte au feu} et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau (**Duguet et al., 2006**).

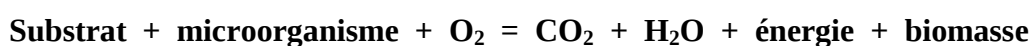
c .Les Matières Minérales en Suspension (MMS):

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son (extrait sec) constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (**Duguet et al., 2006**).

II.1.2.5.Matière organique:**a . Demande Biochimique en Oxygène (DBO):**

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) qui est la quantité d'oxygène consommée (en mg O₂/L) pour assurer la dégradation (par voie bactérienne) des matières organiques contenues dans un litre d'échantillon d'eau sous analyse, à l'obscurité et à température de 20°C. La quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai est mesurée après un laps de temps de 5 jours d'où son nom de DBO₅. La détermination au laboratoire de DBO₅, qui évalue la quantité de matières organiques biodégradables. C'est la DBO₅. Elle se résume à la réaction chimique suivante (**Afnor, 1975**):



b. Demande Chimique en Oxygène (DCO):

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ à 150°C .

Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (**Radoux, 1986**).

Généralement la valeur de la DCO est :

- DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.
- DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduares.
- DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

c. Carbone organique total (COT):

COT exprimé en $\text{mg O}_2 / \text{L}$, dont le dosage est réalisé en utilisant une technique instrumentale dont le principe réside dans l'oxydation catalytique à 950°C des éléments carbonés qui donnent de l'anhydride carbonique CO_2 , dosé par un analyseur infrarouge (**Boeglin, 1991**).

II.1.2.6. Le phosphore:

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine. (**Ladjel et Bouchafer, 2004**).

II.1.2.7. Métaux lourds:

Dans les eaux usées urbaines, on peut trouver toutes sortes de métaux lourds à savoir le cuivre, le zinc, le fer, le manganèse et le molybdène qui proviennent essentiellement des détergents, des produits cosmétiques et des petites unités industrielles. (**Ladjel et Bouchafer, 2004**).

II.1.2.8. Ammonium : NH_4^+ :

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniac (NH_3). (**Gaujour, 1995**).

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniacale ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température (**Rodier , 1996**).

II.1.2.9. Nitrates et Nitrites :(NO_3^- et NO_2^-):

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement .Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+). Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme. Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (**LEPELTIE S., 2005**). Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (**COULAIS J.M., 2002**).

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

II.1.2.10. Fer et manganèse :

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux.

Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxydé et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification. (**Dégrémont , 1984**)

II.1.2.11. Phosphates :

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

II.1.2.12. Sulfates: (SO_4^{2-}):

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

II.1.2.13. Chlorures Cl^- :

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

II .2.Caractères Microbiologiques:

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues (**HASLAY C. et LECELER H., 1993**).

II .2.1.Germes totaux:

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (**Bourgeois et al, 1991**).

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

II .2.2.Coliformes:

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Sérratia. (**RODIER J., 2005**).

II .2.2.1.Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants:

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (**EDBERG et al., 2000**).

Escherichia coli est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale.

Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (**Bourgois et Mescle ` ; 1996**).

II .2.4.Streptocoques fécaux:

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

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles.

II .2.5.Clostridium sulfito-réducteurs:

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

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure La forme sporulée des *Clostridium sulfito-réducteurs* est beaucoup plus résistante que les formes végétatives

II .2.6.Salmonelles:

Les Salmonelles appartiennent à la famille des Entérobacteriaceae, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister (**Bourgois et Mescle ` ; 1996**).

Les sérotypes adaptés à l'homme sont: Salmonella. Typhi et sérotypes S. paratyphi A et S. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde humaine Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément **(Rodier , 2009).**

Partie pratique

Chapitre III

Matériel et Méthodes

III. matériel et Méthodes

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la vérification de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux destinées à la consommation issues des puits de forage dans la wilaya d'El-Oued.

III.1.Présentation de la région d'étude

III.1.1.Situation géographique

La Wilaya d'El Oued est située dans le Sud-Est de l'Algérie, elle a une superficie de 44586.80Km². Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays.

La longueur de sa frontière avec la Tunisie est de 300 Kms environ. Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire. (**ANDI , 2015**)

La wilaya d'El Oued est délimitée:

- ✓ au Nord, par les wilayas de Tébessa et Khenchela
- ✓ au Nord et au Nord-Ouest par la wilaya de Biskra;
- ✓ au Sud et au Sud-Est par la wilaya de Ouargla et à l'Est par la Tunisie. (**ANDI , 2015**)



Figure 03 : la carte géographique de la wilaya El Oued (**ANDI , 2015**)

La wilaya d'El Oued est composée de 30 communes et 12 Daïras : ElOued ,Debila , Reghiba , Guemar , Debila , Hassikhalifa , Magrane , Rabbah , Bayada , Taleb Larbi , MihOuensa , El Maghaier et Djamaa

La population totale de la wilaya est estimée à 694460 habitants, soit une densité de 12.5habitants par Km².

III.1.2. Reliefs et climat

La configuration du relief de la wilaya se caractérise par l'existence de quatre ensembles à savoir:

- Région du Souf: une région sableuse qui couvre la totalité du Souf. D'Est et du Sud.
- Erg: Une région sableuse qui occupée 3/4 de la superficie de Souf, et se trouve sur les lignes (80m Est, 120m Ouest). Cette région fait partie du grand Erg oriental.
- Oued Righ: Une forme de plateaux rocheux qui longent la RN3 à l'Ouest et s'étend vers le Sud.
- Région de dépression: c'est la zone des chotts qui est située au Nord de la Wilaya et se prolonge vers l'Est avec une dépression variante entre (10m et -40m) et parmi les chotts connues il y a Milghigh et Merouane, auprès de RN48 qui traversée les communes de Hamraia et Still.

La région d'El Oued se caractérise par un climat aride de type saharien désertique, en hiver la température baisse au dessous de 0°C alors qu'en été elle atteint 50°C; la pluviométrie moyenne varie entre 80 et 100 mm/an (période d'Octobre à février).

Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé durant toute l'année. Le Sirocco peu provoqué des dégâts très importants (dessèchement, déshydratation). Les vents de sables envahissent régulièrement les cultures (**ANDI , 2015**).

III.2. Échantillonnage et modes de prélèvements :

Dans ce travail nous avons choisi cinq stations pour réaliser nos prélèvements ; à savoir :

Station 19 mars El Oued centre-ville

- Station Douar Elma : nappe de 320 m
- Station Hassani Abdelkerim : nappe de 320 m
- Station Reghiba : nappe de 300m
- Station lizerg : Communes terifaoui ; Daïras Hassi Khalifa. Une nappe de 300m

Pendant quatre mois (janvier, février, Mars et Avril), nous allons réaliser des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines avant et après le traitement par eau de javel (hypochlorite de sodium).

Au niveau de chaque station, un prélèvement de deux type d'eau a été effectué pour : les analyses physico-chimiques et bactériologique, à l'aide de glacière et des flacons de 180ml en verre préalablement stérilisées. Un étiquetage précis est élaboré pour une reconnaissance des stations avant le remplissage des flacons (date, station, mois)

III.3.Les analyses physico-chimiques :**III.3.1.Mesure de pH :**

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrique avec électrode. Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique (**ADE, 2011**). La mesure se fait en :

- Appuyant sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- Rinçant l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable ;
- Plongeant l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- Attendant que la valeur soit stable avant la lecture ;
- Rinçant à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir (**Hachemaoui , 2014**) .

III.3.2. la température

Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH-mètre, étalonné chaque semaine. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (ADE, 2011).

III.3.3. La conductivité électrique

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre. Cette opération est réalisée par une conductivimètre après les étapes suivantes :

- Allumer l'appareil.
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde et arrêter l'appareil (**Hachemaoui , 2014**) .



Figure 04 : pH-mètre et Conductimètre électrique. (Photo personnelle , 2018)

III.3.4. Détermination de solides totaux dissous (TDS)

La conductivité électrique a déterminée précédemment, permet de mesurer également les solides totaux dissous ; en appliquant la règle suivante.

$$\text{TDS} = \text{Conductivité} \times 0.64 \text{ (ADE, 2011)}$$

II.3.5.Mesure de la salinité

La salinité est déterminée par la règle suivante, après détermination de TDS.

$$\text{Salinité} = (\text{TDS})/1000 \text{ (ADE, 2011).}$$

III.3.6.Turbidité

Elle est mesurée par la méthode néphélométrique ; le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron situé à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité. Cette méthode repose sur :

- Appuyer sur le bouton d'alimentation électrique situé à l'arrière de l'appareil ;
- Remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- Lire et noter le résultat affiché **(Coulibaly, 2005).**



Figure 05 : Turbidimètre (Photo personnelle .2018).

III.3.7.Dosage des nitrites

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.

On prend 50ml d'eau (échantillon), puis on ajoute 01ml de réactif mixité et laisser 20 min. elles forment la couleur rose qui indique la présence de nitrite ; ensuite prendre 10ml d'échantillon et mettre dans le tube spécifique de l'appareil. La longueur d'onde 543 nm. Puis :

- Allumer le spectrophotomètre DR/4000, presser la touche de fonction PROGRAM. HACH. Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour les nitrites 2610 et presser ENTER. La longueur d'onde 507 nm est automatiquement sélectionnée.
- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon .Ajouter le contenu d'une gélule de nitrivier 3 à la cuvette (l'échantillon préparé)
- Boucher et agiter pour dissoudre. NB : En présence de nitrite, une coloration rose se développe.
- Presser la touche de fonction *startminut*. Une période de réaction de 20 minutes commence. Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette (le blanc) avec 10 ml d'échantillon. Placer le blanc dans le compartiment de mesure.
- Presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,000mg / l N-N02

- Retirer le bouchon. Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure et fermer le capot et lire la valeur affichée en mg/l de N-N02.

III.3.8. Dosage nitrate

Les nitrates présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide chromotropique en milieu fortement acide pour former un produit de couleur jaune avec un maximum d'absorbance à 415 nm.

1. Par un pipette , on prélève 10ml eau d'échantillon dans bicher ;
2. En ajoute 1ml de salicylate de sodium (en préparé 0.05mg de salicylate de sodium +10ml d'eau distillé ce réactive temporellement 24h) ;
3. En ajoute trois gouttes de NaOH 30%
4. Puis, incubation à 88°C jusqu'à sèche ;
5. Après presque 5h , ajouté 2ml acide sulfurique (reste 10 minute) ;
6. Ensuite, ajoute 15ml d'eau distillé (reste quelque min) +15ml tartrate double K^+ et Na^+
7. Laisser 10min, elles forment couleur jaune qui indique la présence de nitrate ;

Enfin, ensuite prendre 10ml d'échantillon et mettre dans le tube spécifique de l'appareil pour la lecture de longueur d'onde 410 nm(Coulibaly, 2005).



Figure 06 : Spectrophotomètre (photo personnelle , 2018).

III.4. Analyses bactériologies :

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important qui doit être vérifiée lors de l'étude de la potabilité de l'eau. Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de Direction de la Santé et de la Population wilaya d'ElOued; à savoir la recherche des germes suivants :

-
- ✓ Les germes totaux ;
 - ✓ Les staphylocoques
 - ✓ Les coliformes totaux et fécaux ;
 - ✓ Les pseudomonas
 - ✓ Les streptocoques fécaux ;
 - ✓ Les clostridium sulfito-réducteurs.

III.4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

La recherche des germe totaux se fait dans le milieu Gélosé PCA Plate Count Agar ; en suivant la méthodologie suivante :

- ✓ On chauffe la gélose PCA jusqu'à ce qu'il passe du état solide au liquide et refroidie à 45°C
- ✓ Allumer le bec benzène, on prend les boites de Pétri stériles pour échantillon et on note sur chaque boite
- ✓ On fait couler la gélose préalablement fondue 1/3 de boite de pétri ;
- ✓ On prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite ;
- ✓ On incube les boites à 37 °C pendant 48 heures dans l'étuve (ADE ,2011)



Figure 07 : méthode d'ensemencement (Photo personnelle .2018).

III.4.2. Recherche et dénombrement des satphylocoques :

La recherche des staphylocoques se fait dans milieu gélosé Baird Parker ; le principe repose sur l'étalement de surface de 1ml d'échantillon sur ce milieu suivi d'une incubation de 37C° durant 24h à 48h (ADE ,2011).

III.4.3. Recherche et dénombrement des coliformes:**III.4.3.1. Milieux de culture**

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ;
- milieu de confirmation : bouillon de schubert ;
- réactif de kovacs pour la recherche d'indole.

III.4.3.2. Mode opératoire

1^{ière} étape: Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence

- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- ✓ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;
- ✓ On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ;
- ✓ Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.
- ❖ Expression des résultats des *Coliformes totaux*

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant au tableau de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP) (ADE ,2011).

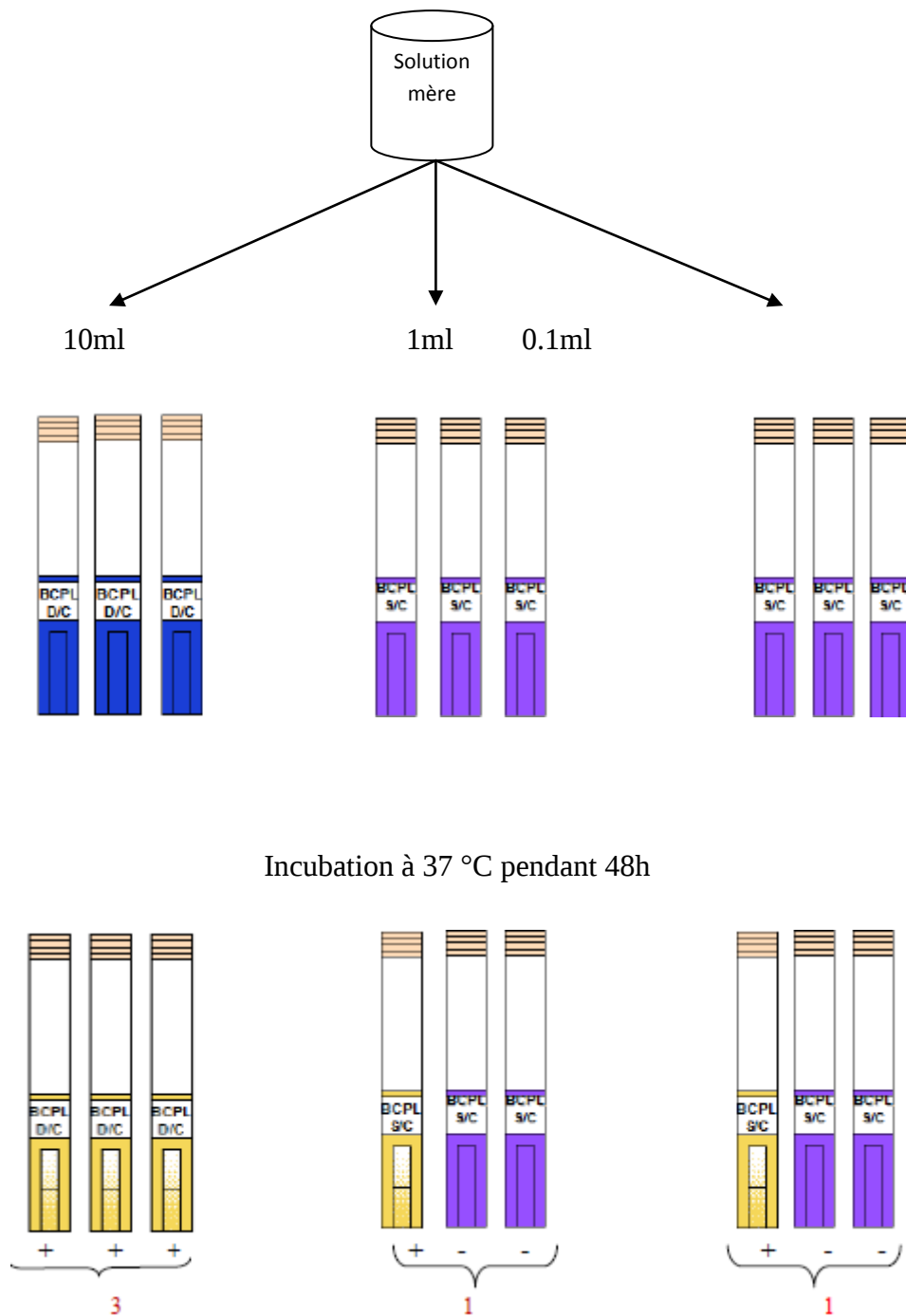


Figure 08 : Recherche et dénombrement de coliforme totaux (ADE ,2011).

2^{ème} étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

- ✓ On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- ✓ On incube à 44 °C pendant 24 heures ;

- ✓ On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
- ✓ Un trouble avec un dégagement gazeux ;
- ✓ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs. (ADE ,2011).
- ❖ Expression des résultats des *Coliformes fécaux*

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.

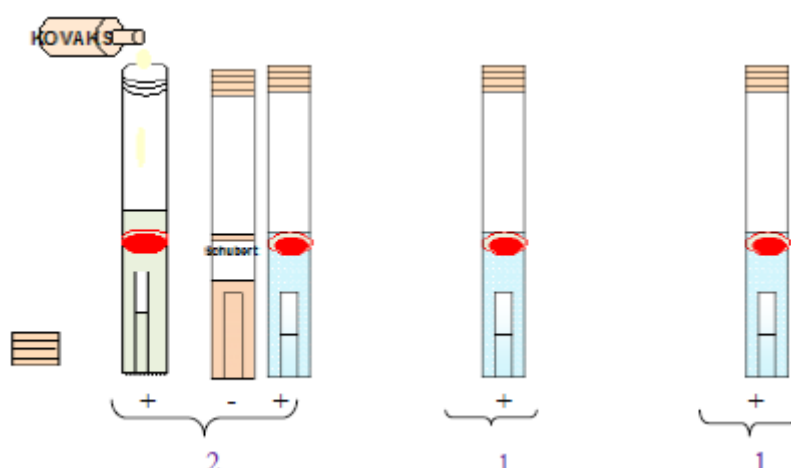


Figure09 : Recherche et dénombrement des Coliformes Fécaux (ADE ,2011).

Nous suivons la méthode de NPP pour traduire les résultats en des chiffres et pour le dénombrement des bactéries, en utilisant les tableaux suivants :

Tableau 02 : Lecture des résultats pour le dénombrement des coliformes par méthode NPP (ADE ,2011).

des Coliformes Fécaux			des Coliformes Totaux		
Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique	Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique
3t(d/c) X 10 ml	+	2	3t(d/c) X 10 ml	+	2
	+			+	
	-			-	
3t(s/c) X 1 ml	+	1	3t(s/c) X 1 ml	+	1
	-			-	
	-			-	
3t(s/c) X 0.1 ml	+	1	3t(s/c) X 0.1 ml	-	0
	-			-	
	-			-	

Tableau 03 : Table de Mac-Crady pour le dénombrement des coliformes(ADE ,2011)

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			INDICE NPP
3 tubes (d/c) de 10ml	3 tubes (s/c) de 10ml	3 tubes (s/c) de 1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

(ISO,2012)

III.4.4. Recherche et dénombrement des Pseudomonas :

Nous utilisons, le même principe que le dénombrement des germes totaux mais en utilisant le milieu de culture : la gélose Cétrimide. L'incubation se fait dans 37C° durant 24h à 48h.

III.4.5. Recherche et dénombrement de streptocoque fécaux :

III.4.5.1. Méthode de filtration sur membrane

L'appareil est un simple système de filtration de marque *Sortis* fonctionnant sous pression réduite (pompe avide), il contient un support à filtre qui reçoit la membrane de filtration et un flacon pour récupérer l'eau filtrée. Les membranes utilisées sont de marque millipore avec un diamètre de 0,4.µm (ADE ,2011).



Figure 10: Dispositif de filtration sur membrane (Photo personnelle)

III.4.5.2. Mode opératoire :

Devant un bec-bunsen et sur une paillasse javellisée. Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration pour flambage et mise en place de la pompe à vide ;

- Prendre une membrane filtrante stérile près du bord à l'aide d'une pince stérilisée par flambage à la flamme et la déposer sur le support du filtre.
- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement verser dans chaque entonnoir un volume 100ml de l'échantillon bien homogénéisé.
- Faire le vide jusqu'à filtration totale de l'échantillon.
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur un milieu adapté bactéries recherchées.
- Déposer la membrane en la déroulant pour tenir un contact étroit avec la gélose (la présence de bulles d'air est signalée par des taches blanches)
- Inscrire sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon et la date de filtration.
- Placer les boîtes de Petrie en position inverse une dure spécifique pour chaque germe.

-
- Flambage du dispositif par le bec-benzène après chaque échantillon filtré, afin d'éviter toute contamination possible.

III.4.6. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

III.4.6.1. Milieux de culture et réactif

- Gélose viande foie (VF) ;
- Additifs de sulfite de sodium ;
- Additifs d'alun de fer.

III.4.6.2. Mode opératoire

La recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* se fait pour les deux forme ; sporulée et végétative.

a. Forme sporulée

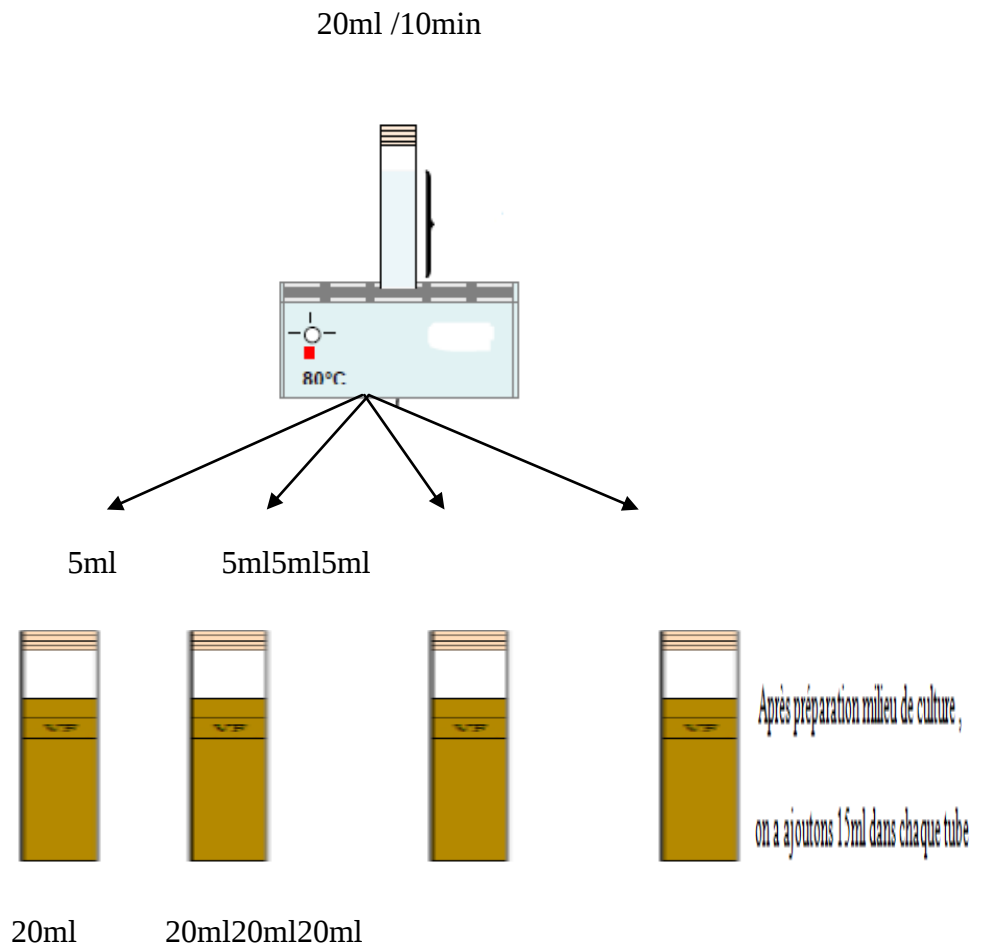
- ✓ On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tubes) ;
- ✓ On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- ✓ On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie;
- ✓ On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air ;
- ✓ On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible,
- ✓ Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures ;
- ✓ Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

b. Forme végétative

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sous forme végétative se fait de la même manière que celle de la forme sporulée à l'exception de l'étape du chauffage (ADE ,2011).

III.4.6.3. Expression des résultats

- On compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et on rapporte le nombre total des colonies dans les 4 tubes.
- On exprime les résultats en nombre de germes par 20 ml. (ADE ,2011)



Incubation à 37 °C pendant 48h

1^{ière} lecture après 24h

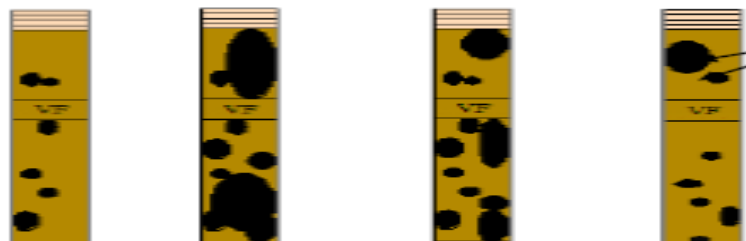


Figure 11 : Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Reducteurs (ADE ,2011).

Chapitre IV

Résultats et Discussion

IV. Résultats et Discussion

Dans la présente étude, on a fait des analyses physicochimiques et bactériologiques des échantillons d'eaux, destinées à la consommation, issues de différents station de la wilaya d'El-Oued. Pour cela, on a nommé nos échantillons comme suit :

- EVT : Station d'El Oued avant traitement
- EPT : Station d'El Oued après traitement
- HVT : Station de Hassani Abdelkerim avant traitement
- HPT : Station de Hassani Abdelkerim après traitement
- LVT : Station de Lizerg avant traitement
- LPT : Station de Lizerg après traitement
- RVT : Station de Reguiba avant traitement
- RPT : Station de Reghiba après traitement
- DVT : Station de Douar Elma avant traitement
- DRT : Station de Douar Elma après traitement

IV.1. Paramètres physico – chimiques :

IV.1.1. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) (**Sari, 2014**). Les résultats relatifs aux mesures de la température des différents échantillons, sont représentés dans la figure suivant :

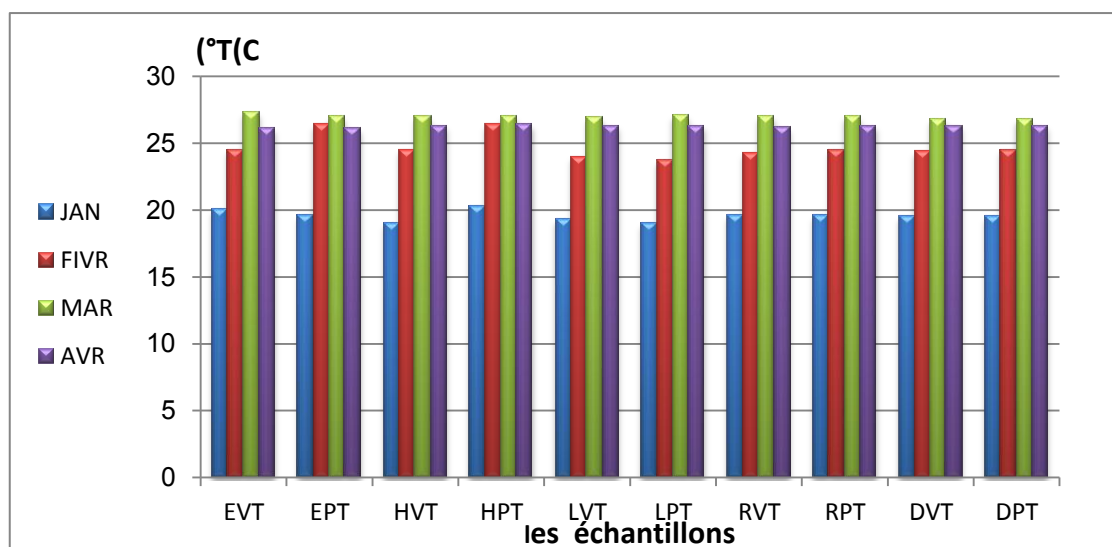


Figure 12 : Variations de la température des eaux durant les quatre mois d'étude

La température des eaux analysées est presque constante (oscille entre 19 et 27°C). Ces valeurs sont proches à celle recommandée pour les eaux potables à savoir une température de 25°C.

Le changement superficiel de température est probablement due à la saison hivernal-printanier. Pratiquement, l'élévation de température favorise la croissance des microbes et la formation des maladies. Par contre, l'abaissement de la température va diminuer l'efficacité de traitement (ADE, 2011).

IV.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la qualité d'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Rodier, 2009). La figure 13 présente les variations du pH au cours de notre étude.

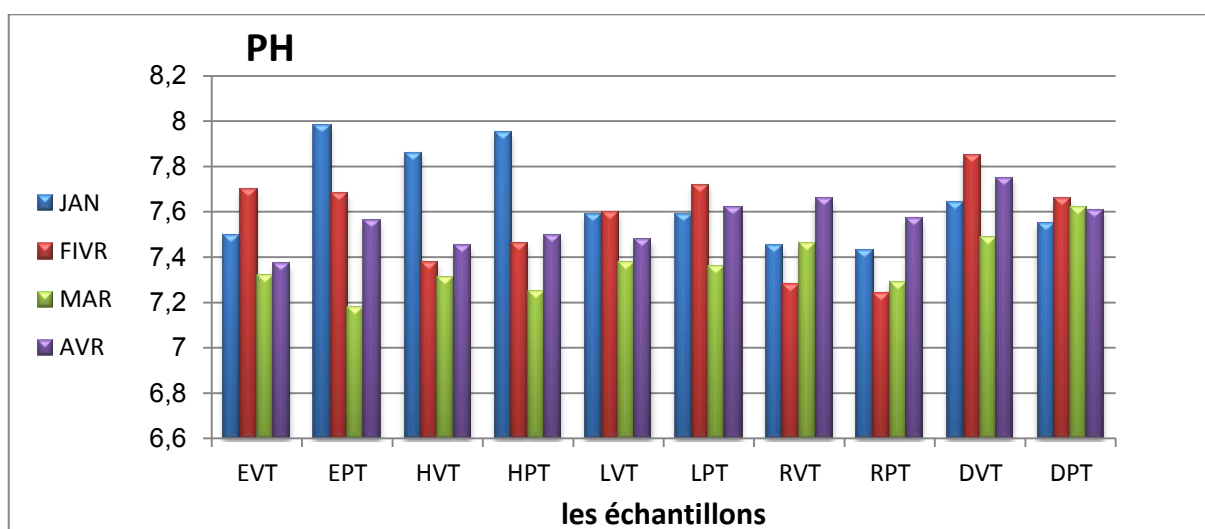


Figure 13 : Variations de pH des eaux durant quatre mois les quatre mois d'étude

On remarque que tous les échantillons présentent un pH neutre (de 7.18 à 7.95), et que la variation de ces valeurs est faible.

Le pH de l'eau mesure la concentration de proton H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes de l'acide carbonique et il est liée au système tampon développé par carbonates et les bicarbonates (Himmi et al., 2003).

En se référant aux normes de l'OMS (pH compris entre 6,5 et 8,5) pour l'eau potable, tous les échantillons de nos eaux analysées sont recommandés à la consommation humaine.

IV.1.3. Conductivité

La variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}) et de sodium, (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-) (Rodier et al., 2009). Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Dib, 2009).

Les variations de la conductivité en fonction des stations et du mois de prélèvement sont illustrées dans la figure suivante.

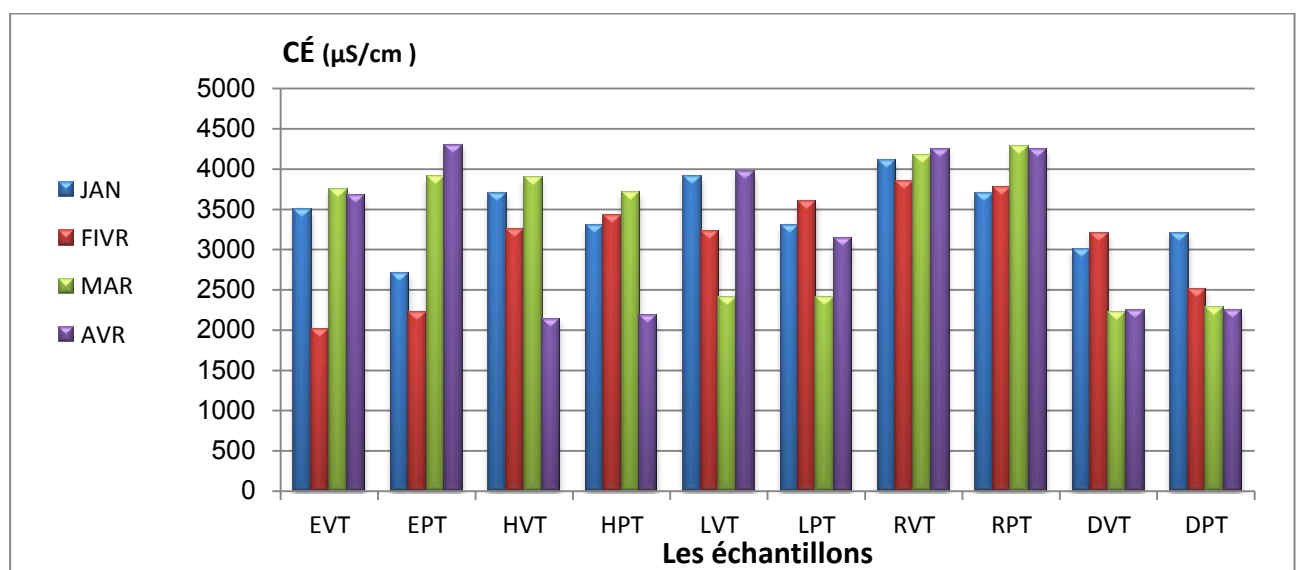


Figure 14 : Variations de la conductivité des eaux durant les quatre mois d'étude

Les résultats obtenus ont permis d'observer que la conductivité électrique varie entre 2000-4300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les valeurs enregistrées dépassent la norme algérienne de potabilité fixée à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Jora, 2011), excepté l'échantillon du prélèvement de janvier (EPT= 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de février (EVT =2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et EPT=2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de mars (DVT=2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et DPT= 2280 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et le dernier du prélèvement d'avril (HVT =2140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et HPT =2180 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ceci montre que nos échantillons sont conformes aux normes de potabilité.

IV.1.4. turbidité :

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières

organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (Rodier et al., 2005 ; Hade, 2007). Les normes algériennes (Jora, 2011), recommandent comme valeur limite de turbidité : 5 NTU(ADE , 2011) .

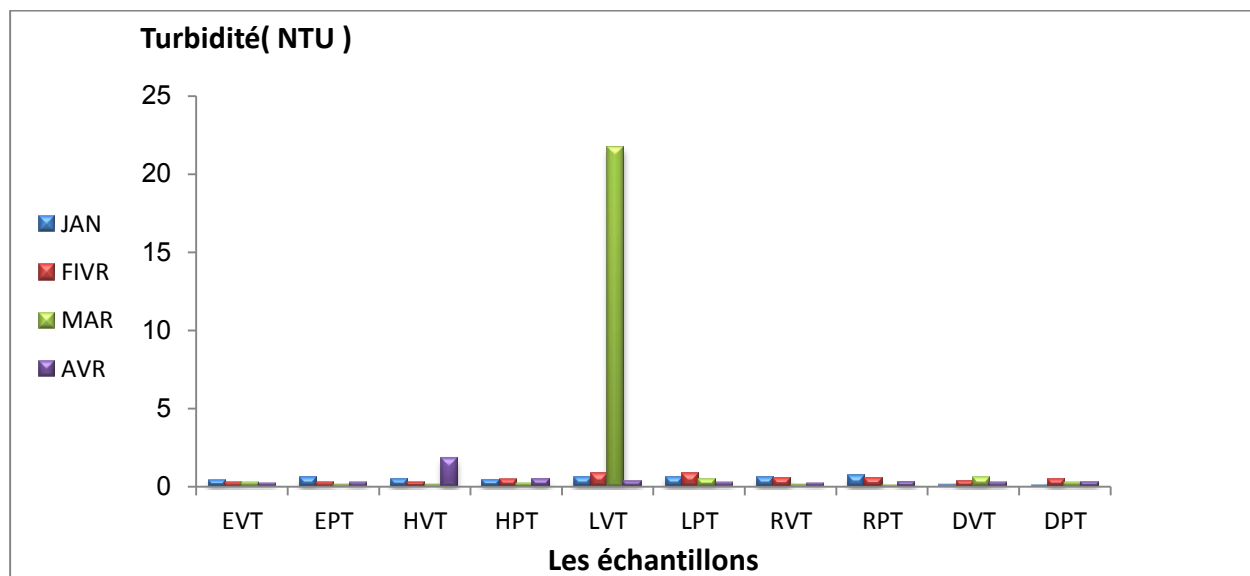


Figure 15 : Variations de la turbidité des eaux durant les quatre mois d'étude

Dans notre étude, les valeurs enregistrées de le turbidimètre varient entre 0,08 NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique) (station Douar Elma , DVT-DPT) à 1.82 NTU (station Hassani AbdelKerim , HVT-HPT) pendant quatre mois ces valeurs de la turbidité sont en dessous de la norme, sauf pour la station de Lizerg (LVT) qui présente une forte turbidité (21.7 NTU) pendant mois mars (Figure15).

IV.1.5. Nitrite

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydationin complète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates (Bricha et al., 2007; Dégbey et al., 2010 ; Lagnika et al., 2014) .La figure(16) montre la variation des teneurs en nitrites dans les cinq stations d'étude durant quatre mois de prélèvement.

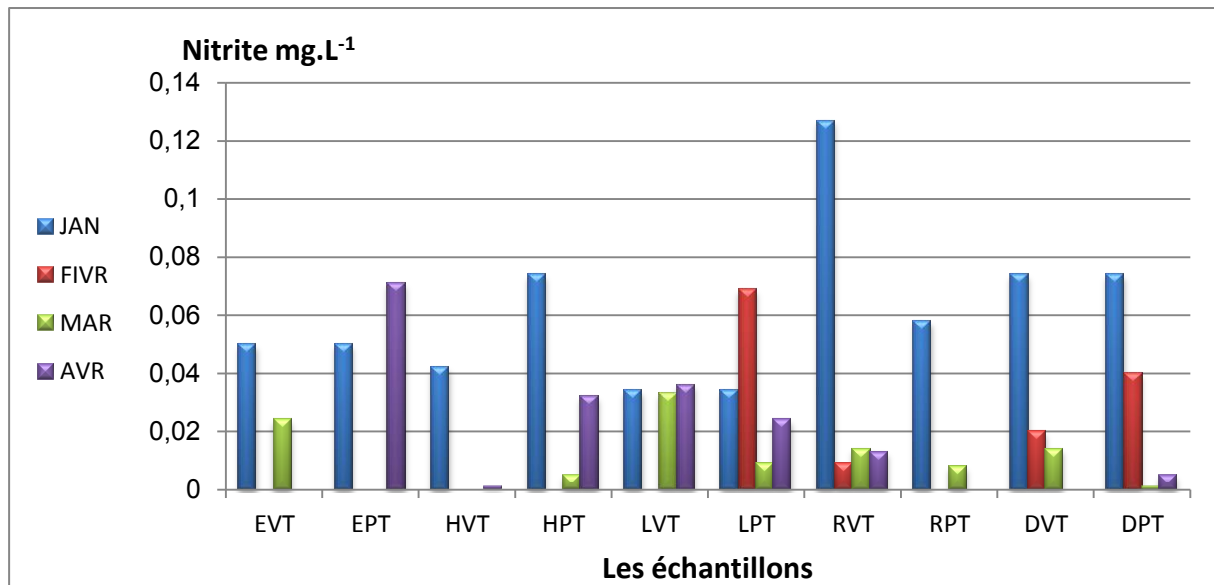


Figure 16 : Variations du nitrite des eaux durant les quatre mois d'étude

Cette figure montre que la teneur en nitrites varie au cours de l'étude de 0 à 0,127 mg/L. Les normes algériennes indiquent une valeur de nitrite maximale de 0.1 mg/L (ADE, 2011). Ceci montre que nos échantillons présentent une teneur relativement élevée à celle indiquée par les normes.

D'après les études de (Bricha et al., 2007 ; Dégbey et al., 2010 ; Lagnika et al., 2014), la pollution nitrique des eaux souterraines serait due aux déchets des animaux, au fumier ou aux engrais chimiques utilisés dans la fertilisation des terres agricoles avoisinantes aux puits.

IV. 1.6. Nitrate :

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de déchets d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines (Sari, 2014).

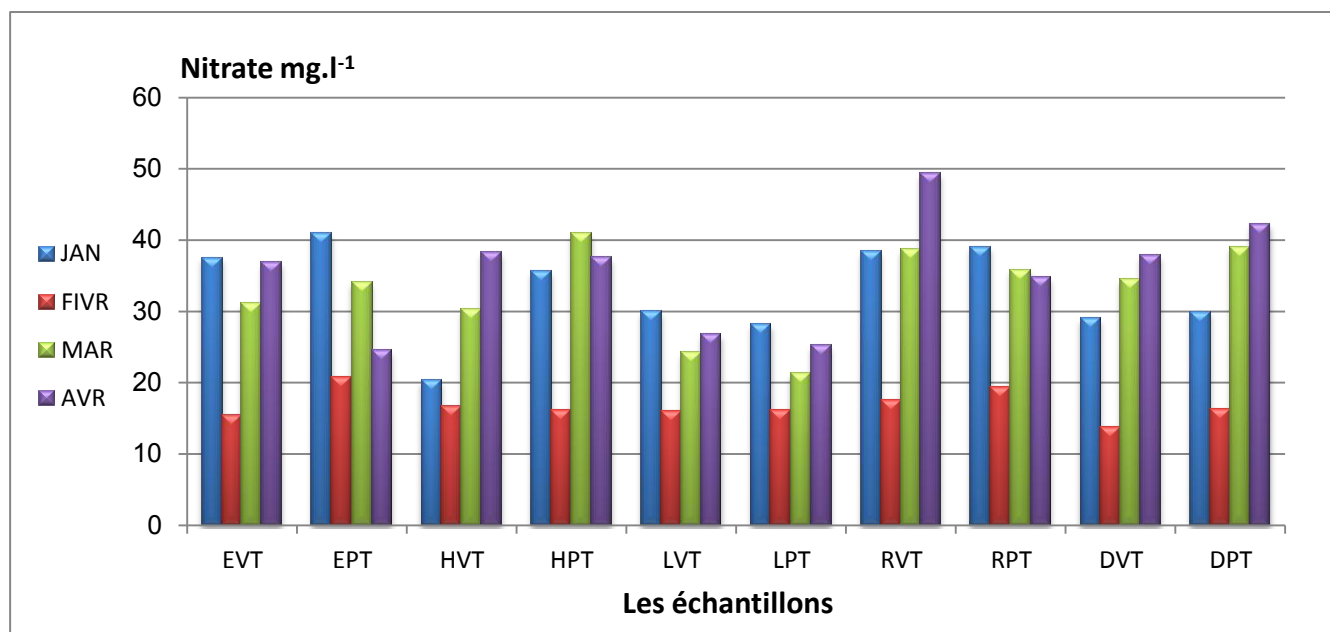


Figure 17 : Variations du nitrates des eaux durant les quatre mois d'étude .

Pour l'eau étudiée (figure17), la valeur des nitrates obtenue est inférieure à la norme prescrite, elle est comprise entre 13.775 et 49.375 mg/l. Donc, elle est de qualité médiocre par rapport à La réglementation algérienne qui recommande pour les eaux naturelles une valeur limite de 50 mg/L au maximum. (ADE,2011).

IV.1.7. Taux des sels dissous (TDS) :

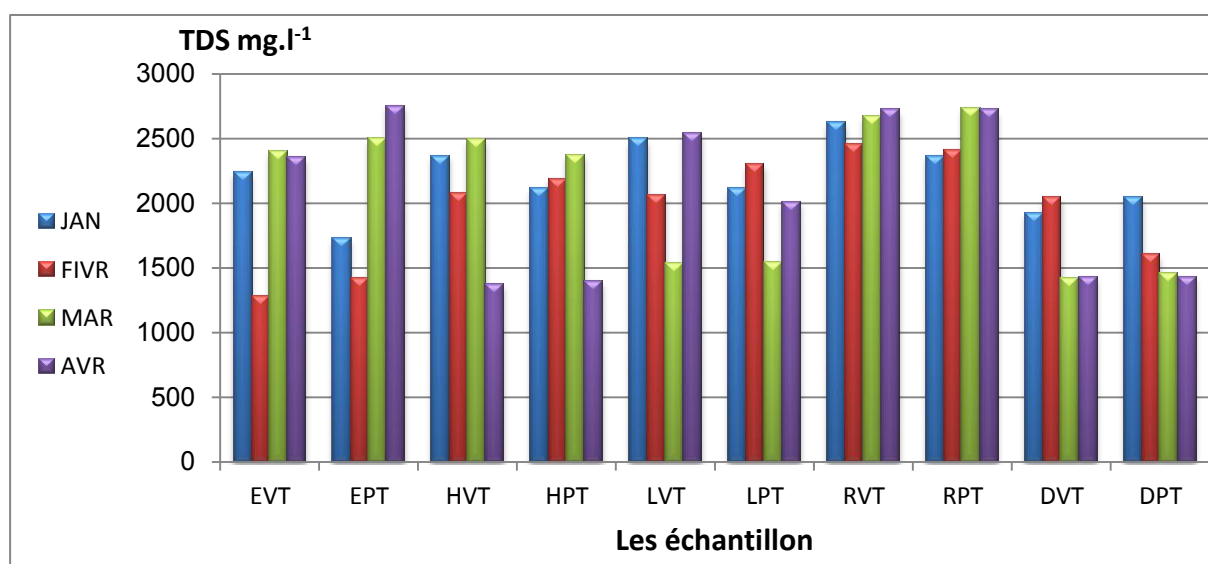


Figure 18 : Variations du TDS des eaux durant les quatre mois d'étude .

Les taux des TDS mesurés affichent des valeurs variant entre 1280 mg/l au niveau destination ElOued avant traitement (EVT) dans prélèvement février et 2752 mg/l au niveau de station El Oued après traitement (EPT) dans prélèvement avril , ce qui prouve que une minéralisation continue de ces milieux **(Figure 18) (Boudraa et al., 2012)** .

Nos résultats se rapprochent à ceux cités par l'OMS (2006), à savoir une valeur de 1000mg/l.

IV.1.8.Salinité:

La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau La mesure de la salinité est importante dans l'étude des eaux de profondeur **(Aminot et Chaussepied ;1983)**.

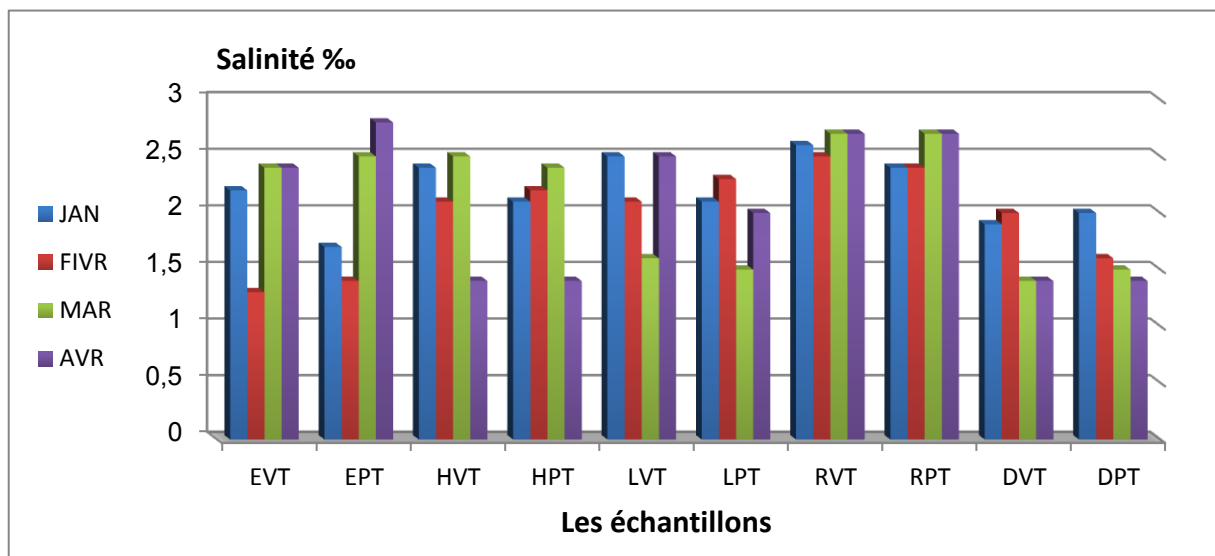


Figure 19 : Variations de la salinité des eaux durant les quatre mois d'étude .

Les résultats des mesures de la salinité des différents échantillons analysés sont illustrés dans le figure 19qui affichent des valeurs varient entre 1.3 ‰ , au niveau de station El Oued avant traitement (EVT) dans prélèvement février, et 2.7 ‰ au niveau de station El Oued après traitement (EPT) dans prélèvement Avril.

La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium (MgCl₂), etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na⁺), magnésium (Mg²⁺), chlorure (Cl⁻),.... après dissociation des sels **(Figarella et Leyral ; 2002; Rodier et al., 2005)**.

IV.2. Paramètres bactériologiques:

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important lors de l'étude de sa potabilité, pour cela on a procédé à la recherche de différents groupes bactériens susceptibles de contaminer les eaux de consommation.

IV.2.1. Germes totaux :

Le dénombrement des germes totaux dans nos échantillons est illustré dans la figure 19.

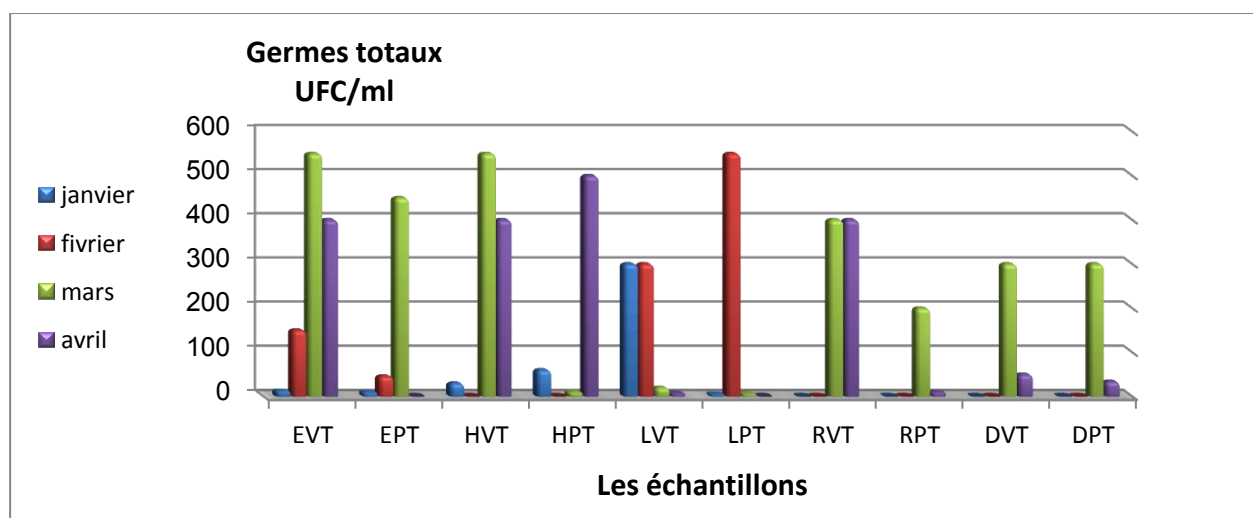


Figure 20 : Evolution des germes totaux durant les quatre mois d'étude .

La présence de germe totaux s'est révélée dans le 1^{er} prélèvement de Janvier à la station Hassani Abdelkrim (avant traitement), à savoir 30UFC/ml à 37°C mais après le traitement on observe une augmentation HPT=60 UFC/ml à 37°C. Pour la station Lizerg le dénombrement des colonies d'eau avant le traitement donne une valeur de 300UFC/ml à 37°C mais après un traitement efficace, on enregistre une diminution intense de la flore pour atteindre 5 UFC/ml à 37°C. La même remarque a été notée pour la station d'El-Oued (13UFC/ml et 10UFC/ml à 37°C, avant et après le traitement respectivement). Pour les échantillons de provenance de Reghiba et Douar Elma, on note l'absence des germes totaux.

En cas du deuxième prélèvement (de février), pour la station d'El-Oued ; on note l'eau souterraine (avant traitement) présente une flore 150UFC/ml à 37°C mais après le traitement on observe une diminution à 46 UFC/ml à 37°C. La station Lizerg, on a enregistré 300UFC/ml à 37°C avant le traitement, mais après un traitement on a noté une augmentation intense des flores, à savoir 550 UFC/ml à 37°C. Par contre on note une absence des germes totaux pour les deux stations : Hassani Abdelkerim, Reguiba et Douar Elma.

Pour le 3^{ème} prélèvement de Mars, on note pour la station d'El-Oued que l'eau souterraine (avant traitement) présente un taux de 550UFC/ml à 37°C et après le traitement on observe une diminution jusqu'à 450UFC/ml à 37°C. Concernant la station Hassani Abdelkirim, l'eau souterraine présente une valeur de 550UFC/ml ; puis une diminution importante après le traitement a été enregistrée (10UFC/ml à 37°C). La station de Douar Elma montre une absence des germes totaux.

Selon l'ADE, 2011; le taux des flores dans l'eau potable 10/100 ml. Nos résultats sont supérieurs aux normes même après traitement des échantillons (Charge microbienne importante)

L'augmentation de taux de la flore dans l'eau après traitement est justifiée par le taux de chlore libre par javalisateur insuffisante ou une mauvaise protection de dépôt contre les déchets.

Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. D'une manière générale, la présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau (Levallois, 2003) et Une forte turbidité peut aussi protéger les micro-organismes des effets de la désinfection, et stimuler la croissance des bactéries ou déclencher une forte demande en chlore (OMS, 2004). Mais l'absence de cela semble confirmer qu'il y a un traitement efficace dans l'eau ou la protection de la source. Dans les milieux naturels, le plus souvent dans les eaux de bonne qualité microbiologique dont on veut éprouver la protection vis-à-vis de toute contamination (Robert, 1999).

IV.2.2.Coliforme totaux et fécaux :

Les résultats relatifs au suivi de la variation des coliformes totaux dans les échantillons analysés, est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Dénombrement des Coliformes totaux durant les quatre mois d'étude .

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Mars	0	0	1400	0	0	0	0	0	0	0
Avril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D'après ces résultats, nous constatons que les valeurs élevées ont été enregistrées durant le mois Février du prélèvement EVT (3UFC/100ml à 37°C) et LVT (3 UFC/100ml à 37°C), et durant le mois Mars que station HVT=1400 UFC/100ml à 37°C enregistre un taux maximale.

Selon **(ISO, 2012)**. La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'impliquent pas nécessairement un risque pour la santé publique. La plupart des espèces de ce groupe se retrouvent naturellement dans le sol ou la végétation selon **Edberg et al. (2000)**. Le risque sanitaire relié directement à la présence de bactéries du groupe de coliformes totaux, est donc faible, à l'exception de certaines souches d'*E.coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer de graves maladies chez les patients débilisés **(Chevalier, 2003a; EL Haissoufi et al., 2011)**.

Pour les coliformes fécaux (*E. Coli*)(**Annexe 06**): D'une manière générale, les résultats montre que seule la station Hassani Abdelkerim (HVT) a affiché des taux de coliformes fécaux très élevés (1400 UFC/100ml) ; ce que signifie une contamination fécale.

IV.2.3.Streptocoque fécaux :

La figure (21) illustre la variation des streptocoques dans les échantillons prélevés de différentes stations de la Wilaya d' El-Oued.

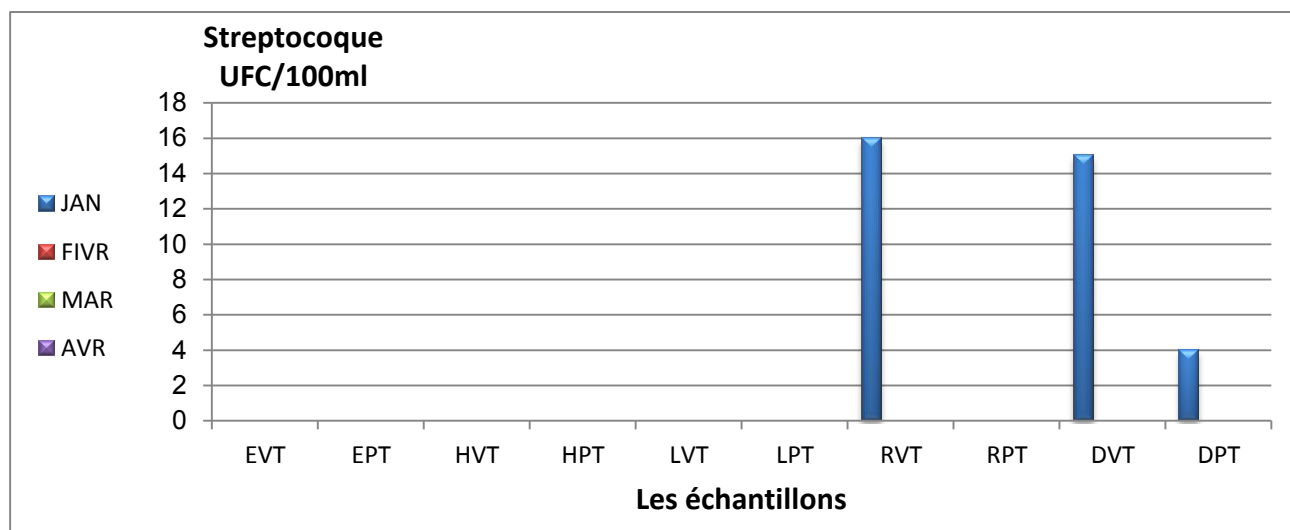


Figure 21 : Dénombrement des Streptocoque durant les quatre mois d'étude .

Ces résultats nous montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant le mois de Janvier station Reghiba (RVT =16 UFC/100ml) et la station de Douar Elma (DVT=15 UFC/100ml à 37°C ; DPT = 4 UFC/100ml à 37°C) ; ceci est dû probablement à une contamination fécale récente. Les autres stations ont présentées des valeurs négatif concernant la présence des streptocoques. Selon l'ADE , (2011) le taux de streptocoque fécaux 0/100ml donc l'eau de ces stations potable sauf Douar Elma pas potable (traitement insuffisante) .

IV.2.4. staphylocoqueaureus:

On observe la présence de staphylocoque sous forme de liseré blanc opaque autour de la colonie que sont Staphylocoques *aureus*

Cette dernière est un microorganisme pathogène dont on connaît au moins deux types de manifestations cliniques chez l'homme. Les staphylocoques sont d'abord souvent mis en cause dans les cas de toxi-infections alimentaires où il y a production d'une entérotoxine thermorésistante responsable de gastro-entérites. Ils sont également responsables d'infections rhinopharyngées et cutanées qui sont de loin prédominantes par rapport aux infections gastro-intestinales (Centre d'expertise en analyse environnemental de Québec, 2016).

La figure 22 montre la variation des staphylocoques fécaux dans les échantillons prélevés de différentes stations de la Wilaya d' El-Oued.

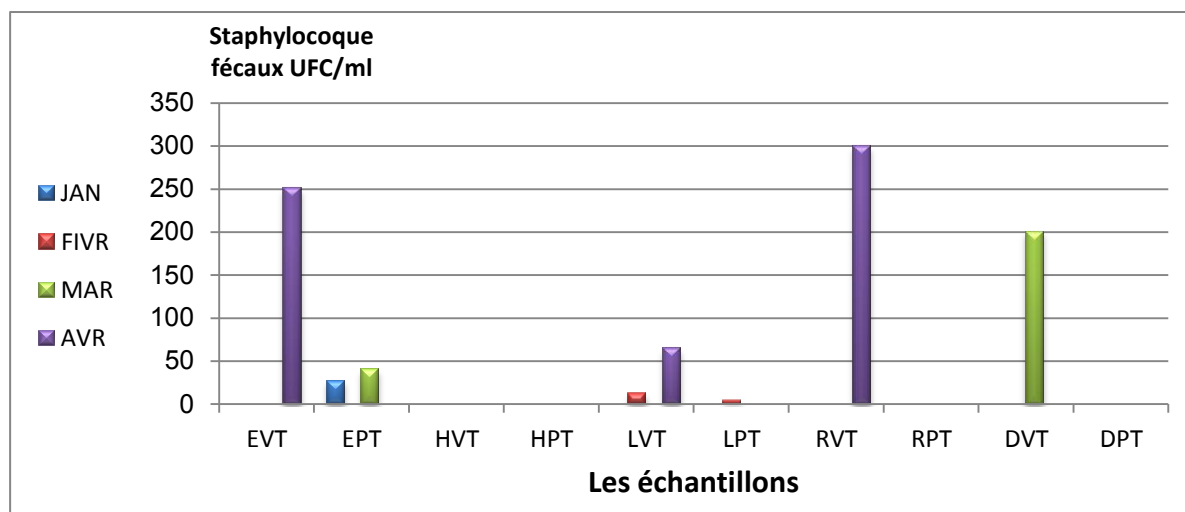


Figure 22 : Dénombrement des Staphylocoques fécaux durant les quatre mois d'étude .

D'après ce résultats dans le 1^{er} prélèvement de Janvier pour la station d'El-Oued (EPT= 27UFC/ml à 37°C) et son absence dans les autres stations. Dans le 2^{ème} prélèvement de Février ; on note la présence des staphylocoques uniquement dans une seule station de Lizerg (LVT=12 UFC/ml à 37°C et LPT=4 UFC/ml à 37°C). En plus, la présence de ce germe en cas du 3^{ème} prélèvement de Mars pour la station d'El-Oued (EPT= 40UFC/ml à 37°C) il y a un augmentation après traitement de l'eau causé par une mal traitement avec de chlore ou chatou (dépôt d'eau) plus contaminé ou et la station de Douar Elma (DVT = 200UFC/ml à 37°C), alors que absence dans les autres stations. Le dernier prélèvement d'Avril, on a enregistré la présence de staphylocoques dans station d'El-Oued (EVT= 251UFC/ml à 37°C), la station de Lizerg (LVT=65 UFC/ml à 37°C) et celle de Reghiba (RVT=300UFC/ml à 37°C). On remarque l'eau de station El Oued pas potable selon l'**ADE (2011)** ; le taux de staphylocoque (0UFC/ml à 37°C) absentes et les autres stations après le traitement.

IV.2.5.Clostridium sulfito- réducteurs :

Dans la présente étude et à travers les prélèvements effectués pendant quatre mois ; le clostridium sulfito- réducteurs sont absents sauf pour la station d'El-Oued en cas du prélèvement de Mars ; où on a noté un seul halo noir dans tube.



Figure 23 : Halo noir montrant la présence de *Clostridium sulfito- réducteurs* (Photo personnelle ,2018).

Selon **Guessoum et al. (2014)**, la présence des spores des anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne. Elles sont très persistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (**Travel et al., 2006**). L'eau de ces stations potable selon l'OMS (le taux de ce germe absents) et l'ADE , (2011) leur taux 0/20ml .

IV.2.6. *Pseudomonas* :

Les résultats relatifs au suivi de la variation des *Pseudomonas* dans les échantillons analysés, est représenté dans la figure 24 :

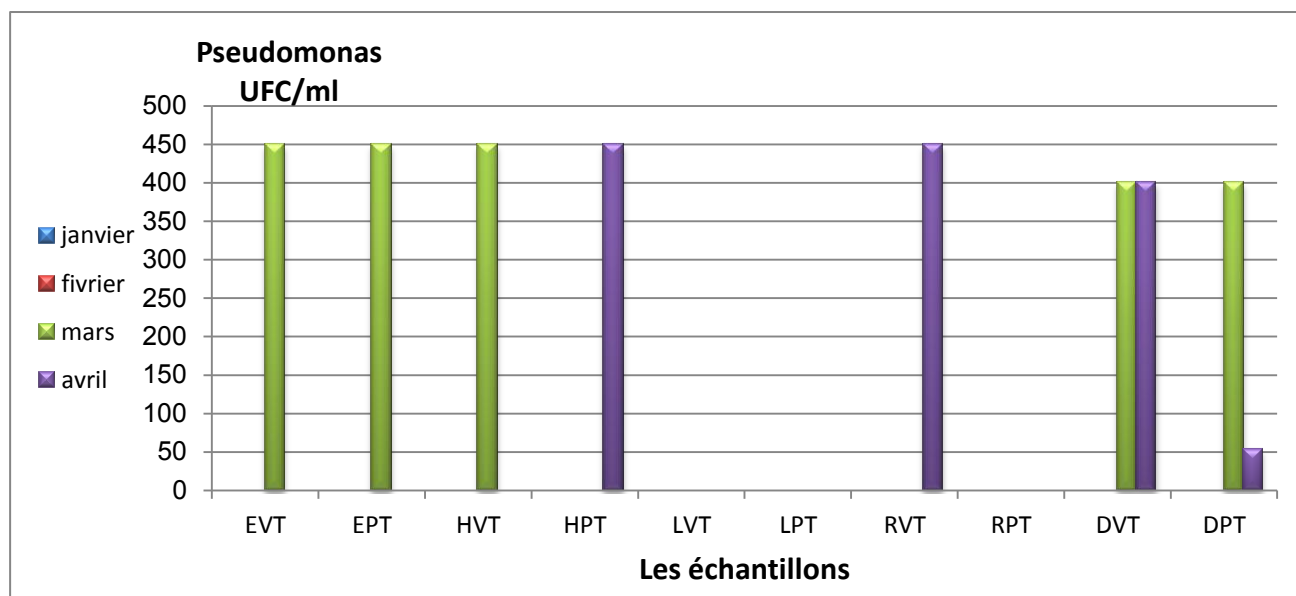


Figure 24 : Dénombrement des Pseudomonas durant les quatre mois d'étude .

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie pathogène opportuniste qui est très répandue dans l'environnement. On la retrouve dans les eaux, la végétation et le sol. (Nicolas-Chanoine, 2013.)

D'après figure (23) ; le germe pseudomonas est absente dans les deux prélèvements de Janvier et Février pour toutes les stations étudiées ; mais présent lors du prélèvement de Mars pour la station d'El-Oued (EVT ; EPT= 450 UFC/ml à 37°C) , la station de Hassani Abdelkerim (HVT = 450 UFC/ml à 37°C) et la station de Douar Elma (DVT =DPT =400 UFC/ml à 37°C).

Pour le prélèvement d'Avril ; on note sa présence pour la station de Hassani Abdelkerim (HPT = 450 UFC/ml à 37°C) , pour la station de Reguiba(RVT=450UFC/ml à 37°C) et pour la station de Douar Elma (DVT =400 UFC/ml à 37°C - DPT = 54 UFC/ml à 37°C) , avec l'apparition colonies bleu-verte.

L'interprétation de présence ce germe dans les deux mois Mars et Avril causé par l'élévation de température saisonnier qui donne leur germe ca capacité à former ou à se joindre au biofilm déjà existant (Bedard et al.,2016). Selon l'OMS et l'ADE, (2011) ; les Pseudomonas doivent être absentes ; ainsi, la station de Lizerg a des eaux potables, la station de Reguiba a des eaux potables après traitement efficace mais les stations El-Oued, Hassani Abdelkerim et Douar Elma ont des eaux semblent non potables.

CONCLUSION

Conclusion

L'eau est une source de vie peut devenir source de maladie lorsque sa qualité se dégrade. En effet, après son utilisation l'eau se charge en divers éléments modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Les volumes d'eaux usées sont essentiellement importants dans les zones urbaines en raison de la croissance démographique. Celle-ci engendre des besoins sans cesse croissants en eau potable.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la protection de la santé humaine en envisageant le contrôle de la qualité physicochimique et microbiologique des échantillons d'eaux destinées à la consommation, et prélevés de différentes stations issues de la wilaya d'El-Oued.

Les analyses physicochimiques montrent que le pH est entre 7.24-7.98, la turbidité entre 0.075- 1.89 NTU et l'ion Nitrite entre 0 - 0.127 mg/l. Ces valeurs se rapprochent aux normes de potabilité d'eau .

Les analyses bactériologiques montrent que toutes les échantillons, pendant les quatre mois d'étude , présentent un taux des germes totaux relativement élevés (avant et après le traitement) ; et on note la présence de *staphylocoque aureus* (le mois Février station Lizerg LVT = 12 UFC/ ml à 37 C° ; LPT = 4 UFC /ml à 37 C°) . Ainsi, on a enregistré au mois Mars et Avril ; la présence de *Pseudomonas* dans toutes les stations sauf la station de Lizerg. Donc en conclue que la qualité microbiologique des eaux étudiées dépasse les normes de potabilité d'eau.

Ce travail mérite d'être complémenté par d'autres études valorisant et interprétant nos résultats obtenus ; à savoir :

- Elargir la région d'étude en augmentant le nombre des stations et les mois de prélèvement
- Dosage des quelques paramètres biochimiques influençant la qualité des eaux potable tels que le DBO et DCO.
- Etude de l'impact de condition de traitement, du stockage et distribution sur la potabilité des eaux.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **ADE , (2011) ,** Norme de qualité d'une eau de boisson .
- **AFNOR. (1975).** Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO5) : NF T90-103 Décembre .
- **Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro G., Biemi J., (2013).** Evolution spatio-temporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), International Journal of Pure & Applied Bioscience, Vol 1, N° 3, PP: 45-60.
- **Aka N., Bamba S.B., Soro G., Soro N., (2013).** Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire), Larhyss Journal, N°16, P31-52.
- **ANDI . (2015)** Agence Nationale d'Intermédiation , wilaya d'El Oued .
- **Amadou H., Laouali M.S., Manzola A., (2014).** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de Tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées, Larhyss Journal, N° 20, PP: 25-41.
- **Aminot A., Chausseepied M . (1983) .** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Cnexo : 395p.
- **Anonyme. (2003).** Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation.131p
- **ARMAND L., (1996)** . Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P37.
- **AROUA, A. (1994).** L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, 73-85p .
- **AYAD , W . (2017) .** Evaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux souterraines : cas des Puits de la région . Thèse . Ing . Microbiologie Appliquée. Univ. BADJI MOKHTAR – ANNABA.p09.
- **BÉDARD, E., M., (2016).** PRÉVOST et E. DÉZIEL. *Pseudomonas aeruginosa* in *Premise Plumbing of Large Building, Microbiology Open*, Doi : 10.1002/mbio3.391.
- **BEKKOUCHE W. ,BEY O ., H. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux destinée a l'irrigation: cas de la commune de taghzout- el – Oued . Mém. Ing . Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED .p7-8.

Référence Bibliographiques

- **BOEGLIN, J. C. (1991).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine . Article. Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite, « Environnement Industriel », Colmar. P 24.
- **BONNIN J., (1982).** Aide-mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles. P : 23-24-27-32-33
- **Bosca C., (2002).** Groundwater law and administration of sustainable development ; Mediterranean Magazine, Science Training and Technology, N° 2, P 13-17 .
- **Boubekeur H., (2014).** Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk TLATA Mém. Ing. Alimentation et Nutrition. Uni ABOU BE KR BELKAID TLEMCEN. P43-44 .
- **BOUDEAL., DJOUID, H. (2003).** Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, des écosystèmes universitaires, Stif. 6-13p
- **BOUDEAL., DJOUID, H. (2003).** Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, des écosystèmes universitaires, Stif. 6-13p .
- **BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F., (1996).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .P : 5-6.
- **BOURGEOIS C.M., MESCLE J. F.et ZUCCA J., (1991).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments : Tome 1 .Edition Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261 .
- **Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- **BOUZIANI, M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun Oran. 247p
- **BOUZIANI, M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun Oran. 247p .
- **BRASILIA. (2013).** Manuel Pratique D'analyse De L'eau . Fondation Nationale de la Santé, 4ème édition . FUNASA Brésil . p150 .
- **Bricha S., Ounine K., Oulkheir S., El Haloui N., Attarassi B., (2007).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc) , Afrique Science, vol 3, PP: 391 – 404.

Référence Bibliographiques

- **CARDOT C., (1999).** Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses.P71
- **CE. (2011).** Commission Européenne. L'eau, une ressource pour la vie, Comment la directive-cadre sur l'eau contribue à protéger les ressources de l'Europe Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne p 25
- **Centre d'Information sur l'Eau (CIE)., (2013).** Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013, p6 .
- **Centre d'expertise en analyse environnementale (2016)** , Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* : méthode par filtration sur membrane ; MA. 700 – STA 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, p05.
- **CHEVALIER P., (2003)a.** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p 4.
- **CIFFQE. (2011).** Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau Qualité de l'eau 101: introduction aux microsystemes d'approvisionnement en eau potable Manuel version 1.1.
- **COULAIS J .M., (2002).** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. des ateliers.
- **Craaq. (2003)** . Guide de production des annuelles en caissettes 313 11- Peterson, H.G. Water quality and Micro-irrigation for Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm 4p.
- **DANIEL, R. (2012).** Biologie. Ed. Daho livre, Paris, 741p
- **Degbey C., Makoutode M., Fayomi B., Brouwer C., (2010).** La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, J Int Santé Trav, Vol 1, PP : 15-22 .
- **Dégrémont ., (1984).** 9^{ème} Edition . Tome 1.
- **Dib I., (2009).** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaïne- Aïn Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, p 127.

Référence Bibliographiques

- **DUGUET, J. P., BERNAZEAU, F., CLERET, D., GAID, A., LAPLANCHE, A MOLES, J., MONTIEL, A., RIOU, G., SIMON, P. (2006).** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1^{er} édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement) .
- **DUPONT A., (1974).** Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des eaux ».Tome 1.3 ^{ème} édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64
- **EDBERG R., RACZYNSKI M., PROST J.C. et ELMUR T., (2000).** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau , France .P : 5
- **EDBERG S. C., RICE E. W., KARLIN R. J., ALLEN M. J., (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, n°88: 106-116.
- édition: Masson. P523
- **EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L.,BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A., (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Rev. Microbiol. Ind . San et Environn. Vol 5, N°1: 37-68.
- **Fakih Ianjri A., Brigui J., El Cadi A., Khaddor M., Salmoune F., (2014).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger , Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 5, N° S1, PP : 2230- 2235 .
- **FIGARELLA J., LEYRAL G., (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, p 36.
- **GAUJOUS, D. (1995).** La pollution des milieux aquatique. aide-mémoire. Edition technique et Documentation Lavoisier, P 220.
- **GAUJOUS, D. (1995).** La pollution des milieux aquatique. aide-mémoire. Edition technique et Documentation Lavoisier, P 220 .
- **Hade A., (2007).** Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger, Edition Fides , Bibliothèque national du Québec, Canada, 27p.
- **HAMOUGA K . , MEDILA S . ,(2017).** Contribution à l'étude les caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et microalgales des eaux usées dans une station de traitement des eaux polluées Mém. Ing . Biochimie appliqué . Univ. D'EL-OUED p56 .

Référence Bibliographiques

- **HASLAY C. et LECELER H., (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition :Tec et Doc .Lavoisier . Paris : 101-107.
- **Henri L., (2012).** L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.
- **Himmin N., Fekhaoui M., Foutlane A., Bouchic H., El mmaroufy M., Benzzout T., Hasnaoui M. (2003).** Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (laguna mista Beni Slimane . Morocco. Rivesta Di Idrobiologia. Universitadegli studi di perugia, Department di Biology Animal ed Ecology laboratoire Di Idrobiologia "G.B. Grassi", 110–111p.
- **John P., Donald A., (2010).** Microbiologie, 3^{ème} Édition, 1216 p .
- **JORA, (2009).** Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne N°75, décembre 2009, Alger : 10-15 20.
- **Kassim ; C. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako
- **KEMMER F., (1984).** Manuelle de l'eau .Edition : Lavoisier technique et documentation. P: 95- 96-112 .
- **KETTAB A., (1992).** Traitement des eaux. Les eaux potables. Edition: Office des Publications Universitaires. Alger: 4. P 118-111-123 .
- **Kirkpatrick k., Fleming E ., (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p .
- **LADJEL, F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des, p80
- **LADJEL, F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02 Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, p80
- **Lagnika M., Ibikounle M ., Montcho J.C., Wotto V.D., Sakiti N.G., (2014).** Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest), Journal of Applied Biosciences, N°79, PP:6887– 6897.
- **LEPELTIER S., (2005).** Un bon état écologique des eaux .
- **LEVALLOIS P., (2003).** Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- **LOUNNAS, A. (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda. Mémoire de Magister en chimie, université du 20 Aout 1955 Skikda.

Référence Bibliographiques

- **MARGAT J., (1992).** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective
Edition: Harmattan.
- **Merzoug D., Khiari A., Aït Boughrou A., Boutin C., (2010).** Faune aquatique et
qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est
algérien), Hydroécol Applied, P 77–97 .
- **MUSY, A., HIGY, C. (2004).** Hydrologie: une science de la nature (1ere éd). Presse
polytechniques et universitaires romandes. Amazon, France .
- **MUSY, A., HIGY, C. (2004).** Hydrologie: une science de la nature (1^{er} éd). Presse
polytechniques et universitaires romandes. Amazon, France. **RODIER, J. (1996).**
L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduelles, Eau de mer. 6^{ème} édition:
Dunod, Paris. 557-570p et 968-1079p.
- **Nouayti N., Khattach D., Hilali M., (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique
des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas
central , Maroc), Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 6, N° 4, PP :
1068-1081.
- **OMS, (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3^{ème}, édition, Vol. 1.
Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.
- **OMS., (2005).** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie
Journal mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse ,2005-2015,
p34.
- **OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2006).** Guidelines for Drinking
water Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations.
- **Health Organisation.PAUL, L. (2010).** Méthodes d'analyse et d'appréciation des
cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique
n°1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p
- **PAUL, L. (2010).** Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses
physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n°1005. Office fédéral
de l'environnement, Berne. 44 p.
- **PERRY, J. (1984).** Microbiologie: cours et question de révision. Edition Dunod. Paris
- **POMEROL C. et RENARD M., (1997).** Élément de géologie. 11^{ème}
- **RADOUX, M. (1989).** Epuration des eaux usées par Hydrosère reconstituée. Tribune de
l'eau 42(8): 62-68 .

Référence Bibliographiques

- **REJSEK, F. (2002).** Analyse des eaux. aspect réglementaire et techniques, Tome I .Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux. 71, p144.
- **ROBERT H., (1999).** Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL: exigences et conception d'un suivi adapte. Mémoire d'ingénieur en génie sanitaire, Ecole nationale de la santé publique, Languedoc-Roussillon, Rhône-Catalogne, 80 p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p .
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9^{ème}, p.1579 édition, Ed. Dunod
- **RODIER, J. (1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.6^{ème} édition: Dunod, Paris. 557-570p et 968-1079p.
- **RODIER, J. (1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.6^{ème} édition: Dunod, Paris. 557-570p et 968-1079p .
- **RODIER, J. (1984).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 7e Édition, DUNOD, Bordas, Paris, 134 p
- **RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J. P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H**
- **RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J. P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H.,**
- **ROLIL. (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. Dunode, Paris. 1383p .
- **ROLIL. (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. Dunode, Paris. 1383p.
- **SARI, H . (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mém. Ing . sciences des aliments. Univ.ABOU-BEKR BELKAID TLEMCEN .p49.
- **SARI, H . (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mém. Ing . sciences des aliments. Univ.ABOU-BEKR BELKAID TLEMCEN .p51 .
- **SARI, H . (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen).

Référence Bibliographiques

- **SIDIKI, A. M. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako :évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. P 20
- **SLIMANI, R. (2003).** Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla. p85 .
- **THOMAS, O. (1955).** Météorologie des eaux résiduaires. Tec et Doc, Ed Lavoisier Cedeboc, p 135-192 .
- **Travel A., (2006).** Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., N° 121, PP : 21-23.
- **Valverde A.L., (2008).** Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57, N°3,p55.
- **VILAGINES, R. (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2eme Edition : Tec et Doc. Lavoisier. P: 3- 187.

Annexes

Annexes des photos



Photo 01 : Flacons en verre des prélèvements



Photo 02: dosage de nitrite

Phase préparatoire des échantillons pour la lecture par spectrophotomètre, le virage de couleur en rose indique la présence de nitrite.



Photo 03 : Phase préparatoire des échantillons pour la lecture par spectrophotomètre, le virage de couleur en jaune indique la présence de nitrate

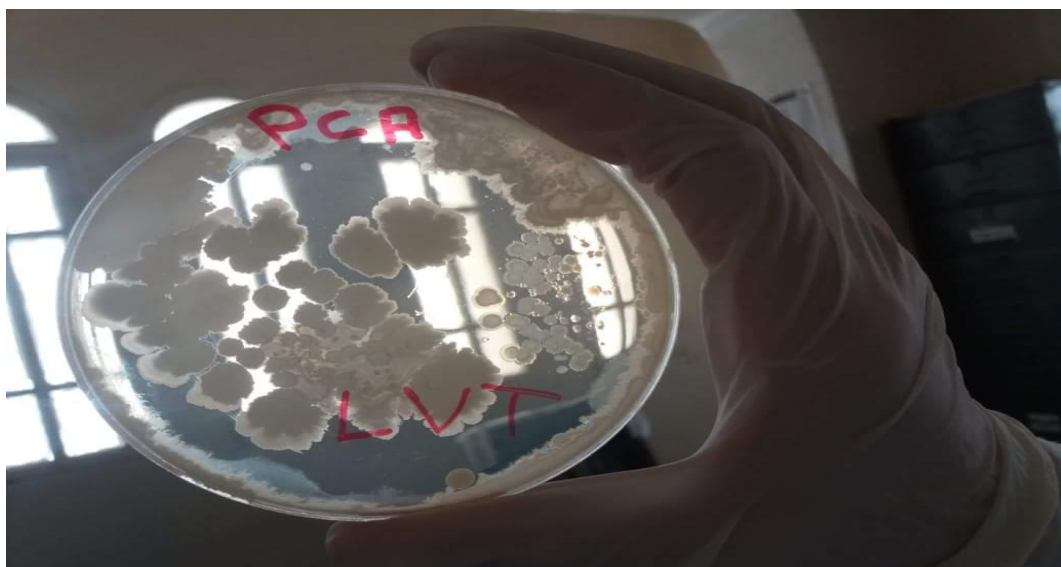


Photo 04 : Colonies irrégulières blanche dans le milieu PCA (Germe totaux)



Photo: 05 la présence de coliforme totaux

La variation de couleur et l'apparition de gaz dans cloche de Durham indique la présence de coliforme totaux (résultat positif) en milieu de culture BCPL .

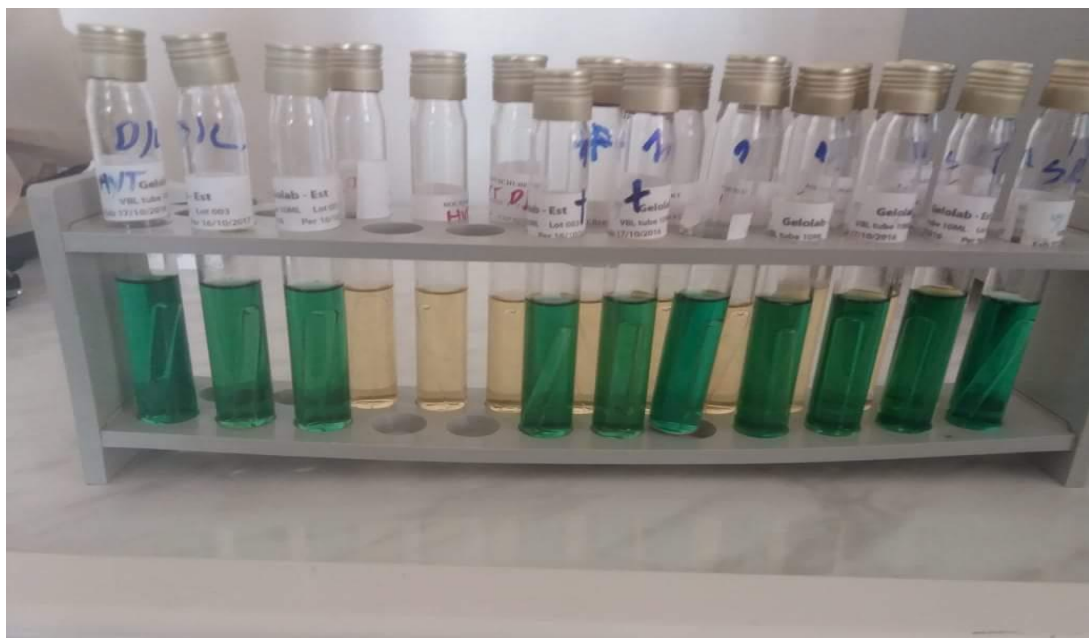


Photo 06: la présence de coliformes totaux et fécaux

Test de confirmation par VBL (coliforme totaux) et Shubert (coliforme fécaux) : la formation d'un anneau rouge par le réactive Kovacs .



Photo 07: Présence de Pseudomonas en colonie bleu-vert dans le milieu de culture cétrimide de mois mars (station DOUAR ELMA après traitement).



Photo 08 : Présence de streptocoque en colonie rouge en milieu de culture Slanetz dans le mois janvier de station Reguiba avant traitement.



Photo 09: Présence de staphylocoque en colonie blanc en milieu de culture Baird Parker dans le mois mars de station El Oued après traitement.

Annexes des tableaux

Tableau A : Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

Elément/ substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
Aluminium	Al		0,2 mg/l	0,2 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l	0,01 mg/l
Baryum	Ba		0,7 mg/l	0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l	2 mg/l
oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l	1,5 mg/l
Dureté	mg/l en CaCO ₃		500 ppm	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l	0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l	0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)	50 et 3 mg/l (exposition à court terme)
	NO ₂		0.2 mg/l (exposition à long terme)	0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée	Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	< 0,1 mg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	< 200 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		250 mg/l	500 mg/l
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1200 mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l	3 mg/l

Tableau B : Dénombrement de colonies de germes totaux pendant quatre mois

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JANV	13	10	30	60	300	5	0	0	0	0
FEVR	150	46	0	0	300	550	0	0	0	0
MAR	550	450	550	10	20	6	400	200	300	300
AVR	400	0	400	500	7	0	400	10	50	34

Tableau C: Dénombrement de colonies de Pseudomonas pendant quatre mois

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JANV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEVR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	450	450	450	0	0	0	0	0	400	400
AVR	0	0	0	450	0	0	450	0	400	54

Tableau D : Dénombrement de colonies de staphylocoque pendant quatre mois

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0
FIVR	0	0	0	0	12	4	0	0	0	0
MAR	0	40	0	0	0	0	0	0	200	0
AVR	251	0	0	0	65	0	300	0	0	0

Tableau E : Dénombrement de colonies de streptocoque fécaux pendant quatre mois

[illegible]

Tableau F : Dénombrement de colonies de coliforme pendant quatre mois

[illegible]

Annexes

Tableau G : les valeurs de conductivité pendant quatre mois en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	3500	2700	3700	3300	3900	3300	4100	3700	3000	3200
FIVR	2000	2220	3240	3420	3220	3590	3840	3770	3200	2510
MAR	3750	3900	3890	3710	2400	2410	4170	4280	2220	2280
AVR	3680	4300	2140	2180	3970	3140	4250	4250	2240	2240

Tableau H : les valeurs de PH pendant quatre mois .

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	7.5	7.98	7.86	7.95	7.59	7.59	7.45	7.43	7.64	7.55
FIVR	7.7	7.68	7.38	7.46	7.6	7.72	7.28	7.24	7.85	7.66
MAR	7.32	7.18	7.31	7.25	7.38	7.36	7.46	7.29	7.49	7.62
AVR	7.37	7.56	7.45	7.5	7.48	7.62	7.66	7.57	7.75	7.61

Tableau I: les valeurs de Température pendant quatre mois en $^{\circ}\text{C}$.

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	20	19.6	19	20.3	19.3	19	19.6	19.6	19.5	19.5
FIVR	24.5	26.4	24.5	26.4	24	23.7	24.3	24.5	24.4	24.5
MAR	27.3	27	27	27	26.9	27.1	27	27	26.8	26.8
AVR	26.1	26.1	26.3	26.4	26.3	26.3	26.2	26.3	26.3	26.3

Tableau J : les valeurs de turbidité pendant quatre mois en NTU.

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	0.427	0.6	0.5	0.449	0.6	0.616	0.601	0.71	0.089	0.08
FIVR	0.268	0.268	0.273	0.469	0.828	0.828	0.553	0.555	0.39	0.498
MAR	0.226	0.106	0.09	0.191	21.7	0.483	0.107	0.075	0.579	0.223
AVR	0.193	0.252	1.82	0.493	0.347	0.225	0.181	0.32	0.256	0.293

Tableau K: les valeurs de nitrate pendant quatre mois en mg/l .

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	37.51	40.90	20.29	35.64	29.99	28.17	38.45	39.11	29.06	29.96
FIVR	15.48	20.79	16.67	16.13	16.07	16.15	17.54	19.37	13.78	16.35
MAR	31.16	34.10	30.29	40.91	24.29	21.35	38.64	35.89	34.46	39.11
AVR	36.89	24.57	38.29	37.55	26.80	25.25	49.38	34.77	37.86	42.19

Annexes

Tableau L : les valeurs de nitrite pendant quatre mois en mg/l .

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	0.05	0.05	0.04	0.07	0.03	0.03	0.13	0.06	0.07	0.07
FIVR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.02	0.04
MAR	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
AVR	0.00	0.07	0.00	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01

Tableau M: les valeurs de salinité pendant quatre mois en ‰ .

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	2.2	1.7	2.4	2.1	2.5	2.1	2.6	2.4	1.9	2
FIVR	1.3	1.4	2.1	2.2	2.1	2.3	2.5	2.4	2	1.6
MAR	2.4	2.5	2.5	2.4	1.6	1.5	2.7	2.7	1.4	1.5
AVR	2.4	2.8	1.4	1.4	2.5	2	2.7	2.7	1.4	1.4

Tableau N : les valeurs de TDS pendant quatre mois en mg/l.

E/M	EVT	EPT	HVT	HPT	LVT	LPT	RVT	RPT	DVT	DPT
JAN	2240	1728	2368	2112	2496	2112	2624	2368	1920	2048
FIVR	1280	1420.8	2073.6	2188.8	2060.8	2297.6	2457.6	2412.8	2048	1606.4
MAR	2400	2496	2490	2374	1536	1542	2669	2739	1421	1459
AVR	2355.2	2752	1369.6	1395.2	2540.8	2009.6	2720	2720	1433.6	1433.6