

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche scientifique  
Université BLIDA 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de  
Master en Biologie

Option : Microbiologie  
Thème :

*CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA QUALITÉ PHYSICO-  
CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU DE  
QUELQUES SOURCES DE CHIFFA.*

**Présenté par :**

AMMALI Naouel

KHERIEF Affaf Hadjer

**Soutenu le :** 13/09/2020

Devant les membres du jury :

**Présidente :** SAIDI F ..... Université Blida 1 ..... Professeur.

**Examinatrice :** ZEROUTI K ..... Université Blida 1 ..... MAA.

**Promotrice :** TOBAL-SEGHIR S ..... Université Blida 1 ..... MAA.

**Co-promotrice :** HAMAIDI F ..... Université Blida 1 ..... Professeur.

**Année universitaire : 2019/2020**

## **Remerciements**

*Avant tout on remercie Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force ,le courage, la volonté et la patience pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à :*

*Notre promotrice Mme TOBAL-SEGHIR. S, MAA, UB1, pour ses précieux conseils, ses explications et son aide tout au long de l'étude ainsi que sa disponibilité à tout moment.*

*Notre Co-promotrice et professeur Mme HAMAIDI. F, Professeur, UB1, qui nous a guidées, orientées et encouragées pour la réalisation de cette recherche.*

*Mme SAIDI. F, Professeur, UB1, pour l'honneur qu'elle nous fait en présidant jury.*

*Mme ZERROUTI .K, MAA, UB1, pour l'intérêt qu'elle a accordé à notre travail en acceptant de l'examiner.*

*Tous nos professeurs qui nous ont transmis leur savoir durant notre parcours universitaire.*

*L'ensemble du personnel du laboratoire de l'hygiène, et a toute l'équipe du laboratoire de l'ADE , Blida.*

*Mr TEFFAHI, notre tuteur tout au long de nos 5 années d'études , une personne en or qui s'est donné corps et âme pour nous transmettre son savoir, nous aider ,nous soutenir et nous assister à chaque étape durant notre stage.*

*À nos collègues de la promotion 2019/2020.*

## **Dédicace**

*Je dédie ce mémoire à :*

*Mes chers parents, qui m'ont aimée , encouragée , soutenue et donnée de  
la force*

...

*Ma grand-mère, mes frères et mes sœurs qui m'ont épaulée*

...

*Mes proches et toute ma famille*

...

*Mes amies que j'aime tant*

...

*Toute personne ayant contribué à la réalisation de ce modeste travail de  
près ou de loin*

...

*Affaf.*

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail :

À ma chère mère

La guerrière, le pilier qui nous tiens, qui m'a soulevé à chaque pas quand je trébuché et qui veille à m'apporter soutien, amour et conseil.

À mon cher père

Le combattant, l'exemple de l'endurance et de la force, la raison de ma persévérance et de mon courage. Tu seras absent à ma soutenance mais bientôt tu seras là et on partagera chaque moment du futur ensemble et en famille.

À ma sœur IMEN et à mon frère MOHAMED BACHIR qui étaient présents à chaque instant durant mon parcours.

À mes oncles, mes tantes, mes nombreux cousins que j'adore RABAH YACINE, AHMED, MOHAMED....etc. et mes cousines.

À mes amies MARIA, AFFAF, NESRINE, YASMINE, SOUAD, DALILA.....etc. ; pour leur appui et encouragement tout au long de mon parcours et Inchallah pour la vie.

Et à tous ceux qui m'ont aidé et supporté durant mes hauts et mes bas.

Naouel.

## RÉSUMÉ

Afin d'évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux provenant de quatre sources dans la région de Chiffa (Wilaya de Blida), **22** échantillons ont été prélevés pour des analyses bactériologiques et physicochimiques durant une période de trois mois (Février, Mars et Juillet).

L'analyse bactériologique a révélé que ces eaux sont de mauvaise qualité car elles sont non conformes à la réglementation Algérienne, vue la charge considérable de bactéries liées au péril fécal détectées, autrement dit les coliformes totaux et fécaux, les entérocoques et les spores anaérobies sulfito-réductrices.

Les tests biochimiques nous ont permis d'identifier quelques souches d'une importance sanitaire tel que *Escherichia coli*, *Cronobacter sakazakii*, *Aeromonas hydrophila* .... etc.

Plusieurs espèces identifiées sont définies comme des bactéries multirésistantes (MDR) et dont l'indice MAR dépassant le seuil de **0,2** prouve que les eaux de source analysées sont un réservoir pour les bactéries et les gènes de résistance aux antibiotiques (ARG et ARB).

Par ailleurs, les paramètres physico-chimiques des eaux de sources analysées sont conformes à la réglementation Algérienne. Le type des eaux de source étudiées, décrit par le diagramme de Piper et Schoeller-Berkaloff, est hyper sulfaté calcique pour les sources **1** et **3** ainsi que chloruré, sulfaté, calcique et magnésien pour les sources **2** et **4**.

**Mots clés** : Eau de source, analyse bactériologique, analyse physico-chimique, antibiorésistance, région de Chiffa-Algérie.

## ABSTRACT

In order to evaluate the bacteriological and physicochemical quality of the water from 4 springs in the region of Chiffa Wilaya of Blida, we collected **22** samples for bacteriological and physicochemical analyses during a period of three months (February, March and July).

Bacteriological analysis revealed that these waters are of bad quality because they do not comply with Algerian regulations, given the considerable load of fecal hazard-related bacteria detected, i.e. total and fecal coliforms, enterococci and sulfite-reducing anaerobic spores.

Biochemical tests allowed us to identify some strains of health importance such as *Escherichia coli*, *Cronobacter sakazakii*, *Aeromonas hydrophila*, ... etc.

Several identified species are defined as multidrug-resistant bacteria (MDR) and whose MAR value exceeds **0.2**, proves that the spring waters analyzed are a reservoir for bacteria and antibiotic resistance genes (ARG and ARB).

Moreover, the physicochemical parameters of the spring waters analysed comply with the Algerian regulation. The type of springs water studied, described in the diagram of Piper and Schoeller-Berkaloff, is hyper calcium sulphate for springs **1** and **3** as well as chlorinated, sulphate, calcium and magnesium for springs **2** and **4**.

**Keywords:** Spring water, bacteriological analysis, physicochemical analysis, antibiotic resistance, Chiffa-Algeria.

## ملخص

في إطار التحليل والتقييم الفيزيائي والكيميائي والبكتريولوجي ل 4 نوعيات من مياه الينابيع المأخوذة من منطقة الشفة (ولاية البليدة) تم أخذ 22 عينة على مدى ثلاثة أشهر (فيفري، مارس، جويلية) قصد إجراء التحاليل البكتريولوجية الفيزيوكيميائية.

حيث كشف التحليل البكتريولوجي أن هذه المياه ذات نوعية سيئة لأنهم لا يمتلكون للوائح الجزائرية نظراً للمحولة المعتبرة من البكتيريا المرتبطة بالخطر البرازي المكتشف، أو بعبارة أخرى الجراثيم القولونية المكورة وأبواغ الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية للحد من الكبريتيت، ولقد مكنتنا الاختبارات الكيميائية الحيوية من تحديد بعض السلالات *Aeromonas hydrophila*, *Cronobacter sakazaki*, *Esherichia coli* ذات الأهمية الصحية مثل: من خلال التحليل تم التعرف على العديد من الأنواع المستخلصة على أنها من نوع بكتيريا متعددة المقاومة ضد المضادات الحيوية، (MDR) حيث أن مؤشرها (MAR) قد تجاوز حد (0,2)، وهذا ما يثبت أن مياه العناصر التي خضعت للتحليل هي في الحقيقة خزان للبكتيريا والجينات الحيوية (ARG و ARB). من جهة أخرى، أن المعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه الينابيع التي تم تحليلها تتوافق مع اللوائح الجزائرية و تم وصف مياه الينابيع بواسطة Le diagramme de Piper و Le diagramme Schroeller Berkaloff بفرط الكلس الكبريتية بالنسبة للمنبع 1 و 3 أما بالنسبة للمنبع 2 و 4 فترتب ضمن المياه الكلورورية الكبريتات، الكاسيك و المغنزيوم.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الينابيع - تحاليل بكتريولوجية - تحاليل فيزيوكيميائية - مقاومة للمضادات الحيوية - منطقة الشفة الجزائر.

## Listes des figures

|   | Pages |
|---|-------|
| <b>Figure 1</b> : Répartition de l'eau en Algérie du nord.....  | 3     |
| <b>Figure 2</b> : Les principaux types de mécanismes de résistances .....   | 19    |
| <b>Figure 3</b> : Mécanismes de résistance aux antibiotiques.....   | 20    |
| <b>Figure 4</b> : Carte représentant les sources et la bases de vie.....  | 22    |
| <b>Figure 5</b> : Les sources étudiées .....  | 23    |
| <b>Figure 6</b> : Organigramme de la démarche suivit de qualité bactériologique et physico-chimique des échantillons d'eau de source lors de l'étude..... | 24    |
| <b>Figure 7</b> : Galerie API20E® après inoculation .....   | 33    |
| <b>Figure 8</b> : Galerie API20E® après 24h d'incubation .....  | 33    |
| <b>Figure 9</b> : Logiciel d'identification des bactéries utilisé pendant l'étude .....   | 34    |
| <b>Figure 10</b> : Algorithme simplifié pour l'identification des isolats les plus courants des entérocoques .....  | 35    |
| <b>Figure 11</b> : La méthode d'interprétation d'un antibiogramme sur milieu solide.....  | 37    |
| <b>Figure 12</b> : Diagramme de Piper .....   | 47    |
| <b>Figure 13</b> : Diagramme de Scholler-Berkaloff .....  | 47    |
| <b>Figure 14</b> : Résultats des coliformes totaux enregistrés durant l'étude.....  | 48    |
| <b>Figure 15</b> : Résultats des coliformes fécaux enregistrés durant l'étude.....  | 49    |
| <b>Figure 16</b> : Résultats des entérocoques enregistrés durant l'étude .....  | 50    |
| <b>Figure 17</b> : Résultats des ASR enregistrés durant l'étude .....   | 51    |
| <b>Figure 18</b> : Températures des eaux de source sur terrain enregistrées durant l'étude  | 57    |
| <b>Figure 19</b> : pH des eaux de source enregistré durant l'étude .....  | 58    |
| <b>Figure 20</b> : La conductivité électrique des sources enregistrée durant l'étude .....  | 59    |
| <b>Figure 21</b> : La turbidité des sources enregistrée durant l'étude .....  | 60    |
| <b>Figure 22</b> : Résultats du dosage d'ammonium enregistrés durant l'étude .....  | 61    |
| <b>Figure 23</b> : Résultats du dosage du nitrite enregistrés durant l'étude .....  | 62    |
| <b>Figure 24</b> : Résultats du dosage du nitrate enregistrés durant l'étude .....  | 62    |
| <b>Figure 25</b> : Résultats du dosage du phosphore enregistrés durant l'étude .....  | 63    |
| <b>Figure 26</b> : Résultats du dosage du sulfate enregistrés durant l'étude.....   | 64    |
| <b>Figure 27</b> : Résultats du dosage du fer enregistrés durant l'étude .....  | 64    |
| <b>Figure 28</b> : Résultats du dosage du chlorure enregistrés durant l'étude.....  | 65    |



|   |          |
|---|----------|
| <b>Figure 29</b> : Résultats du dosage de la dureté enregistrés durant l'étude.....   | 66       |
| <b>Figure 30</b> : Résultats du dosage des résidus secs enregistrés durant l'étude.....   | 66       |
| <b>Figure 31</b> : Classification hydrogéochimique des eaux de sources étudiées à partir des diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff..... | 67       |
| <b>Figure 32</b> : La base de vie PK 5 .....  | Annexe A |
| <b>Figure 33</b> : Résultats de l'identification des entérocoques présumés .....  | Annexe B |
| <b>Figure 34</b> : Quelques résultats de l'antibiogramme .....  | Annexe B |
| <b>Figure 35</b> : Colimétrie par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) .....   | Annexe F |
| <b>Figure 36</b> : Streptométrie par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP).....   | Annexe F |
| <b>Figure 37</b> : Table de MacGrady .....  | Annexe F |
| <b>Figure 38</b> : Coloration de Gram .....   | Annexe G |
| <b>Figure 39</b> : Schéma récapitulatif de la démarche d'identification des coliformes et des entérocoque.....                                  | Annexe H |

## Liste des tableaux

|   | Pages    |
|---|----------|
| <b>Tableau I</b> : Volumes et flux d'eau dans les principaux réservoirs terrestres dans le monde.....                                     | 2        |
| <b>Tableau II</b> : Les groupes contaminants présents dans l'eau de source .....  | 7        |
| <b>Tableau III</b> : Affections en relation avec l'eau causé par les bactéries, virus et parasites .....                                  | 8        |
| <b>Tableau IV</b> : Données concernant les sources de la région .....   | 22       |
| <b>Tableau V</b> : Données concernant les bases de vie .....  | 23       |
| <b>Tableau VI</b> : Nombre des prélèvements et d'échantillons pour chaque source.....   | 25       |
| <b>Tableau VII</b> : Les souches de référence maniées durant l'étude.....   | 37       |
| <b>Tableau VIII</b> : Résultats de l'identification biochimique par la galerie API 20 E...  | 53       |
| <b>Tableau IX</b> : Résultats de l'identification biochimique des entérocoques présumés   | 54       |
| <b>Tableau X</b> : Classification des souches selon leur profil d'antibiorésistance .....   | 55       |
| <b>Tableau XI</b> : Indice MAR des souches testées .....  | 56       |
| <b>Tableau XII</b> : Relations entre la conductivité électrique de l'eau et la minéralisation   | 59       |
| <b>Tableau XIV</b> : Affections en relation avec l'eau causé par les éléments chimiques métaux lourds et les pesticides .....             | Annexe A |
| <b>Tableau XV</b> : Résultats de l'étape de la présélection des sources .....   | Annexe B |
| <b>Tableau XVI</b> : Résultats des analyses bactériologiques.....   | Annexe B |
| <b>Tableau XVII</b> : Résultats de l'analyse physico-chimiques.....   | Annexe B |
| <b>Tableau XVIII</b> : L'ensemble des valeurs guides suivis pendant l'étude .....   | Annexe B |
| <b>Tableau XIX</b> : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E ...   | Annexe B |
| <b>Tableau XX</b> : Résultats de l'antibiogramme.....   | Annexe B |
| <b>Tableau XXI</b> : Liste des antibiotiques, leurs familles et leurs diamètres critiques ..  | Annexe B |
| <b>Tableau XXII</b> : Les familles d'antibiotiques et leur mécanisme d'action .....   | Annexe H |
| <b>Tableau XXIII</b> : Catégories et agents antimicrobiens utilisés pour définir les MDR les XDR et les PDR pour les entérobactéries..... | Annexe H |
| <b>Tableau XXIV</b> : Liste d'antibiotiques utilisés au niveau des laboratoires médicaux depuis 1999 en Algérie .....                     | Annexe H |

## Liste des abréviations

**ADE** : Algérienne des eaux.

**ANDI** : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

**ARB** : Antibiotic Resistant Bacteria.

**ARG** : Antibiotic Resistant Gene.

**ASR** : Anaérobies sulfite réductrices.

**CESEC** : China State Construction Engineering Corporation).

**CF** : Coliformes fécaux.

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice.

**CT** : Coliformes totaux.

**Directives CE** : Directives Communautaire Européenne.

**EDTA** : Éthylène Diamine Tetra-Acétique.

**ENGOA** : Entreprise Nationale des Grands Ouvrages d'Art.

**GE** : Gastroentérite.

**I** : Intermédiaire.

**ISO** : Organisation International de Standardisation.

**JORADP** : Journal National de la République Algérienne Démocratique et populaire.

**MAR** : Multiple Antibiotic Resistance.

**NA** : Norme Algérienne.

**NET** : Noir Eriochrome T.

**nm** : Nanomètre.

**NPP** : Nombre le Plus Probable.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**PK** : Point kilométrique.

**R** : Résistant.

**RN1** : Route Nationale 1.

**S** : Sensible.

**SAPTA** : Société Algérienne des Ponts et Travaux d'Art.

**TDS** : Taux de Sels Dissous.

**TH** : Titre Hydrométrique.

**UFC** : Unité Formant Colonie.

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| <b>Introduction</b> .....  | 1  |
| <b>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>  |    |
| <b>I. Généralités sur l'eau</b> .....  | 2  |
| <b>I.1. Répartition des ressources en eau</b> .....  | 2  |
| <b>I.2. Catégories des milieux aquatiques</b> .....  | 3  |
| <b>I.2.1. L'eau de surface</b> .....   | 3  |
| <b>I.2.2. L'eau juvénile</b> .....   | 3  |
| <b>I.2.2.1. Caractéristiques des eaux souterraines</b> .....                                 | 4  |
| <b>I.2.2.2. Qualité des eaux souterraines en Algérie</b> .....                               | 4  |
| <b>I.2.3. L'eau à maturité</b> .....   | 4  |
| <b>I.2.3.1. Les différents types de sources</b> .....  | 4  |
| <b>II. Pollution de l'eau</b> .....  | 6  |
| <b>II.1. Origine de la pollution</b> .....   | 6  |
| <b>II.2. Types de polluants</b> .....  | 6  |
| <b>II.3. Pollution des eaux souterraines</b> .....   | 7  |
| <b>II.4. Pollution des eaux de source</b> .....  | 7  |
| <b>II.4.1. Mode d'apports de la pollution des eaux de source</b> .....                       | 7  |
| <b>III. Surveillance de la qualité des eaux de source</b> .....                              | 8  |
| <b>III.1. Paramètres bactériologiques</b> .....  | 8  |
| <b>III.1.a. Coliformes totaux</b> .....  | 9  |
| <b>III.1.b. Bactéries associées au péril fécal</b> .....                                     | 10 |
| <b>III.2. Paramètres physico-chimiques</b> .....   | 13 |
| <b>III.2.a. Paramètres physiques</b> .....   | 13 |
| <b>III.2.b. Paramètres chimiques de pollution</b> .....                                      | 14 |
| <b>III.2.c. Minéralisation globale</b> .....   | 15 |
| <b>III.2.d. Métaux lourds</b> .....  | 16 |
| <b>IV. Différentes normes applicables aux eaux de source</b> .....                           | 17 |
| <b>IV.1. La réglementation Algérienne</b> .....  | 17 |
| <b>IV.2. La réglementation internationale</b> .....  | 17 |
| <b>V. L'antibiorésistance et contamination par les gènes de résistance aux antibiotiques</b> | 18 |
| <b>V.1. Types de résistance</b> .....  | 18 |

|  |    |
|--|----|
| V.2. Mécanismes de défense des bactéries.....                      | 19 |
| V.3. Propagation de l'antibiorésistance dans l'environnement ..... | 20 |

## PARTIE EXPERIMENTALE

### I. MATERIEL ET METHODES

|   |    |
|---|----|
| I.1. Région d'étude .....   | 21 |
| I.1.1. Présélection des sources .....                             | 21 |
| I.1.2. Justifications des choix.....                              | 23 |
| I.2. Matériel .....   | 24 |
| I.3. Méthodes.....  | 24 |
| I.3.1. Méthodes d'échantillonnages.....                           | 25 |
| I.3.2. Méthodes Bactériologiques .....                            | 26 |
| I.3.2.1. Observation microscopique .....                          | 26 |
| I.3.2.2. Méthode de filtration.....                               | 26 |
| I.3.2.3. Recherche des <i>salmonella</i> .....                    | 29 |
| I.3.2.4. Recherche de <i>vibrio cholerae</i> .....                | 30 |
| I.3.2.5. Recherche de spores Anaérobies Sulfito-Réductrices ..... | 31 |
| I.3.2.6. Recherche des <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....        | 31 |
| I.3.2.7. Coloration de Gram.....                                  | 32 |
| I.3.2.8. Tests biochimiques.....                                  | 32 |
| I.3.2.9. Antibiogramme par diffusion en milieu solide.....        | 35 |
| I.3.3. Méthodes physico-chimiques.....                            | 38 |
| I.3.3.1. Paramètres physiques.....                                | 38 |
| I.3.3.2. Paramètres chimiques de pollution .....                  | 40 |
| I.4. Analyse des faciès chimique des eaux de source .....         | 46 |
| I.4.1. Diagramme de Piper .....                                   | 46 |
| I.4.2. Diagramme de Schoeller-Berkaloff .....                     | 47 |
| I.5. Analyse statistiques.....                                    | 47 |
| <b>II. RESULTATS ET DISCUSSION</b>                                |    |
| II.1. Paramètres bactériologiques .....                           | 48 |
| II.2. Identification des espèces.....                             | 52 |
| II.3. Résultats de l'antibiogramme .....                          | 55 |
| II.4. Paramètres physico-chimiques .....                          | 57 |
| II.5. Faciès chimiques des eaux de sources analysées.....         | 67 |
| <b>Conclusion</b> .....   | 68 |

**Références bibliographiques**  
**Annexes**

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

L'eau, ressource naturelle indispensable et irremplaçable, est une partie du patrimoine d'une nation et aussi de l'Humanité. Elle a une valeur socio-économique, environnementale et géopolitique particulière (**Kettab, 2020**). L'eau peut provenir de nombreuses sources naturelles, tel que les eaux de surface, les ruisseaux, les rivières, les lacs et les eaux de sources (**Batool et al., 2018**).

La demande d'eau de source fraîche a récemment augmentée en raison de pratiques d'irrigation domestique et industrielle intensive qui ont entraîné l'épuisement des ressources en eau et la détérioration de sa qualité (**Taloor et al., 2020**).

En effet, certaines sources sont utilisées comme eau potable pour les humains et les animaux, donc si leur qualité est compromise, ils peuvent constituer une menace pour la santé publique (**Fernández-Martínez et al., 2019**). Plusieurs polluants provenant de divers champs d'activité humaine, à savoir les déchets agricoles, industriels et urbains sont conduits souvent vers les eaux naturelles sans traitement préalable. Cela pourrait être la cause de leur pollution (**Bougarne et al., 2019**). En outre, l'altération de ces environnements par les ARG et ARB au cours des dernières années est apparus à la suite d'une prescription et une production excessive d'antibiotiques (**Bird et al., 2019**).

Sans compter que l'eau reste le vecteur privilégié de nombreuses pathologies d'étiologie virale, bactérienne, parasitaire ou fongique (**Maréchal, 2014**). Les maladies d'origine hydrique continuent de peser lourd sur la communauté mondiale, en particulier les pays en développement, qui enregistrent un taux inquiétant de morbidité (**Ford et Hamner, 2015**).

C'est dans ce contexte que cette étude liminaire s'inscrit et dont les objectifs sont :

- Estimation de la qualité bactériologique et physico-chimique de quatre sources de la région de Chiffa, Wilaya de Blida.
- Identification des espèces détectées ainsi que l'étude de leurs profils d'antibiorésistance.
- Évaluation du degré de la propagation de l'antibiorésistance dans les sources analysées par l'indice MAR.



## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I. GÉNÉRALITÉS SUR L'EAU**

L'eau est un liquide transparent, insipide, sans odeur ni saveur, il peut être pure, de source, de pluie, courant ou potable (**Michel-Guillou, 2011**).

En Algérie, le déficit de cet or bleu est devenu inquiétant confirmant les diverses expertises partant d'hypothèses et des méthodologies différentes qui ont toutes conclu que notre pays se trouvera confronté à une pénurie quasi-endémique (**Hadef et Hadef, 2001**).

### **I.1. Répartition des ressources en eau**

L'eau courante couvre **71%** de la surface terrestre (Tableau I), cependant l'eau liquide sur terre est à **97%** salée et seulement **3%** constituent l'eau douce ; dont  $\frac{1}{3}$  sont les eaux les plus sollicitées, matérialisées par les eaux courantes des cours d'eau, des lacs et des nappes (**Zella, 2015**).

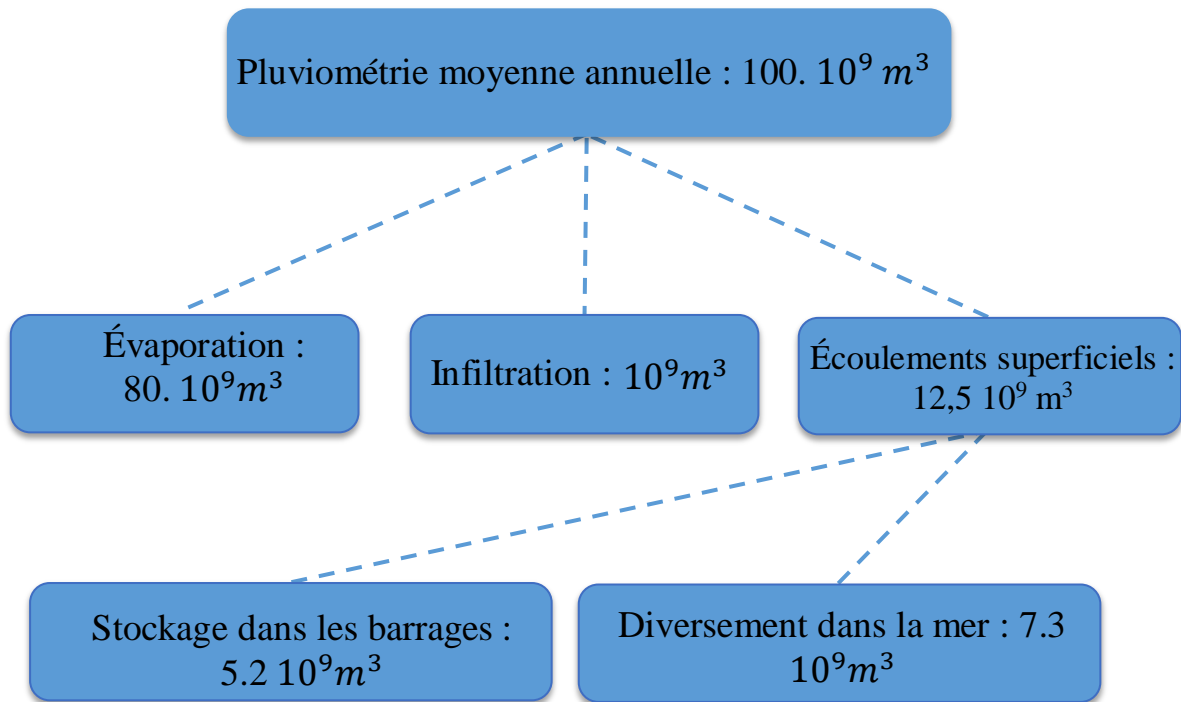
**Tableau I** : Volumes et flux d'eau dans les principaux réservoirs terrestres dans le monde.

| <b>Milieux</b>                           | <b>Volume (Km<sup>3</sup>)</b> | <b>% du volume total</b> | <b>Flux annuel moyen(Km<sup>3</sup>/An)</b> | <b>Temps de résidence moyen</b> |
|--|--------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Océans</b>                            | <b>1335 millions</b>           | <b>96,7</b>              | <b>413000</b>                               | <b>3000 ans</b>                 |
| <b>Mers intérieures</b>                  | <b>0,1 millions</b>            | <b>0,0076</b>            | <b>Inconnu</b>                              | <b>inconnu</b>                  |
| <b>Antarctique</b>                       | <b>25 millions</b>             | <b>2,18</b>              | <b>2600</b>                                 | <b>10000 ans</b>                |
| <b>Groenland</b>                         | <b>3 millions</b>              |                          | <b>600</b>                                  | <b>5000 ans</b>                 |
| <b>Montagnes</b>                         | <b>80000 à 200000</b>          |                          | <b>680</b>                                  | <b>100-300 ans</b>              |
| <b>Permafrost</b>                        | <b>22000</b>                   |                          | <b>0</b>                                    |                                 |
| <b>Eaux souterraines</b>                 | <b>15 millions</b>             | <b>1,1</b>               | <b>10000</b>                                | <b>1500 ans</b>                 |
| <b>Eaux de tous les lacs d'eau douce</b> | <b>176000</b>                  | <b>0,013</b>             | <b>5900</b>                                 | <b>30 ans</b>                   |
| <b>Eaux des rivières</b>                 | <b>1700</b>                    | <b>0,00012</b>           | <b>36800</b>                                | <b>17 jours</b>                 |
| <b>Eaux des sols</b>                     | <b>122000</b>                  | <b>0,0088</b>            | <b>70000</b>                                | <b>1,8 ans</b>                  |

\*Le temps de résidence moyen est le quotient du volume et du flux annuel moyen.

(**Marsily, 2009 dans Zimmer, 2013**).

En Algérie, les ressources hydriques disponibles et mobilisables sont estimées à **19,4 milliards de m<sup>3</sup>/an** (Fig.1), dont **12 milliards** de ressources superficielles et **2 milliards** de ressources souterraines dans le Nord (ressources renouvelables) et **5,2 milliards de m<sup>3</sup>** dans le Sud (superficielles et souterraines) (Achour, 2015).



**Figure 1** : Répartition de l'eau en Algérie du nord (Remini, 2005).

## I.2. Catégories des milieux aquatiques

Selon Holst, (2004), l'eau se classe en plusieurs catégories dont les plus importantes sont les suivantes :

### I.2.1. Eau de surface

L'eau renferme des sels minéraux et des oligoéléments, les teneurs étant fonction de sa provenance : eaux de source, eaux souterraines, eaux de pluie...etc. La rétention de surface comprend toute l'eau accumulées sur ou au-dessus du sol où elle est emmagasinée dans les dépressions du sol et peut se tenir dans les marais (Musy et Higy, 2004 ; Hutchins, 2004).

### I.2.2. Eau juvénile

C'est une appellation de géologue, qui signifie que l'eau n'a pas encore atteint le stade de la maturité. En termes clairs, cela implique qu'elle reste pauvre en oligoéléments et en sels

minéraux. D'après **Desjardins, (1997)**, les eaux souterraines enfouies dans le sol sont habituellement à l'abri des sources de pollution.

### **I.2.2.1 Caractéristiques des eaux souterraines**

Selon **Brière, (2012)**, les eaux souterraines ont habituellement les propriétés suivantes :

- Une température constante.
- Incolore vu l'absence de matières organiques.
- Une turbidité presque nulle grâce à la filtration des roches.
- la filtration du sol permet également l'élimination des microorganismes.
- Présence de fer, du manganèse, de calcium et de magnésium en solution.

### **I.2.2.2 Qualité des eaux souterraines en Algérie**

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine (**Abdelbaki et Boukli Hacène, 2007**).

### **I.2.3. Eau à maturité**

La caractéristique d'une eau à maturité (comme l'eau de source) est de contenir des sels minéraux et du carbone en de justes proportions. Le mouvement auquel elle a longtemps été soumise dans les entrailles de la terre l'a amplement dynamisée et rendue riche en énergie. C'est une eau souterraine qui coule naturellement du sous-sol à la surface et qui va par la suite être déversée dans les rivières, les lacs et les océans (**Kasenow ,2001**). Selon **Foulon, (2015)**, une eau de source est microbiologiquement saine et normalement protégée contre les risques de pollution.

#### **I.2.3.1. Les différents types de sources**

Diverses classifications des sources ont été proposées, sur la base des différentes caractéristiques, dont les plus courantes selon **kresic et Stevanovic, (2010)**, sont :

- Le débit de décharge et uniformité.
- La structure géologique et géomorphologique contrôlant le rejet (dépression, contact, barrière et ressorts submergés).
- La qualité et la température de l'eau.

Ci-dessous une liste non exhaustive de différents types de sources :

- 1. Les sources d'infiltration** : Ce terme général est utilisé pour indiquer le rejet diffus d'eau habituellement à partir de sédiments non consolidés, comme le sable et le gravier, ou de sol meuble.

2. **Les sources intermittentes** : Elles ne se déchargent que pendant un certain temps, alors qu'à d'autres moments, elles sont sèches.
3. **Les sources à flux et reflux** : La décharge se produit dans des intervalles de temps relativement uniformes. Ceci s'explique par l'existence d'un siphon dans la roche qui se remplit et se vide régulièrement, peu importe le régime de recharge.
4. **Les sources thermales** : Désignent des sources dont la température de l'eau est supérieure à la température normale des eaux souterraines (**kasenow, 2001**).
5. **Les sources minérales** : contiennent des solides dissous qui peuvent être de 3 à 4 fois plus concentrés que les sources d'approvisionnement en eau publiques locales (**kasenow, 2001**).

### II. POLLUTION DE L'EAU

La biodiversité des écosystèmes d'eau courante est menacée par la pollution chimique provenant des activités anthropiques, quant à la pollution bactérienne de l'eau, elle est causée par les excréta des mammifères à sang chaud, y compris l'Homme, les animaux sauvages et domestiques. Elle est également le plus souvent associée au rejet des effluents des égouts (Xiong *et al.*, 2019 ; Sharma, 1994 et Abel, 2002).

#### II.1. Origine de la pollution

D'après Genin *et al.*, (2003), la façon dont les pollutions liquides sont injectées dans le milieu conditionne la réponse de l'écosystème :

- **Les sources ponctuelles:** Correspondent à l'exutoire d'un réseau qui peut s'apparenter à un affluent d'eau chargée de matière polluante tel que la conduite d'évacuation d'une usine, le rejet d'un réseau d'eaux usées urbaines ou le tuyau de la fosse septique d'une résidence...etc.
- **Les sources diffuses :** Correspondent à des zones d'apports non localisées, il s'agit par exemple des ruissellements sur les terres agricoles et des secteurs d'habitations dispersées dont les effluents s'écoulent librement et s'infiltrent dans le sol.

La pollution de l'eau est également liée à la civilisation de l'industrialisation et aux niveaux de vie qui sont directement liés au niveau économique des personnes et semble être plus directement liée à la croissance démographique (Goel, 2006).

#### II.2. Types de polluants

D'après Goel, (2006), un polluant de l'eau peut être défini comme un facteur physique chimique ou biologique causant des effets esthétiques ou nuisibles sur la vie aquatique.

- **Polluant chimique :** La majorité des polluants de l'eau se présentent sous la forme de produits chimiques (tel que les antibiotiques (Bird *et al.*, 2019) qui restent dissous ou en suspension dans l'eau et donnent une réponse environnementale souvent inacceptable.
- **Polluant physique :** La chaleur et les radiations sont des facteurs importants qui ont des effets marqués sur les organismes.
- **Polluant biologique :** Ou bio-contaminant, comme par exemple les bactéries, les moisissures et les levures (Roulet, 2004), ainsi que la diffusion des gènes de résistance aux antibiotiques entre les bactéries environnementales (Bird *et al.*, 2019).

### **II.3. Pollution des eaux souterraines**

La pollution des eaux souterraines est définie comme l'altération causée par l'Homme ou induite par ce dernier de l'intégrité chimique, physique, biologique et radiologique de ces eaux (**Agence de Protection de l'Environnement, 1973**). Cette pollution, générée par les activités anthropiques, peut en atteignant des niveaux critiques, présenter un danger grave pour la santé publique (**Amharref et al., 2007**).

La contamination des eaux souterraines est une véritable préoccupation. Elles sont contaminées de diverses façons. Les couches perméables du sol empêchent les grosses particules de traverser alors que le fluide est autorisé à passer (**Senthil Kumar et Yaashikaa, 2019**).

### **II.4. Pollution des eaux de source**

Les masses d'eau souterraine sont drainés par des sources. Si la qualité de leur eau est compromise, elle peut devenir une menace pour la santé publique (**Fernández-Martínez et al., 2019**).

#### **II.4.1. Mode d'apports de la pollution des eaux de source**

Les divers contaminants pouvant se trouver dans les eaux de source sont illustrés dans le tableau suivant :

**Tableau II** : Les groupes de contaminants présents dans l'eau de source.

| <b>Contaminants</b>              | <b>Définitions</b>   |
|----------------------------------|--|
| <b>Contaminants inorganiques</b> | Comprennent les métaux toxiques et différents types de nutriments et de sels, tel que le nitrate NO <sup>3-</sup> , l'ammoniac NH <sub>4</sub> et le cadmium ...etc. |
| <b>Contaminants organiques</b>   | Substances naturelles et anthropiques ; ces dernières comprennent les produits chimiques synthétiques tel que le pétrole.  |
| <b>Contaminants biologiques</b>  | Divers agents pathogènes tel que les bactéries indicatrices fécales (FIB).   |

**(Kresic et Stevanovic, 2010).**

### III. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES EAUX DE SOURCE

La surveillance est le « processus continu et systématique de collecte, de compilation, et d'analyse de données de santé ainsi que leur diffusion à tous ceux qui ont contribué à la collecte et à tous ceux qui ont besoin d'être informés » (**Byaruhanga Ngbape, 2017**). L'eau doit répondre aux exigences de la réglementation. Elle doit être analysée par le producteur ou par la municipalité à une fréquence appropriée pour confirmer qu'elle est potable. L'eau provenant de sources qui ne sont pas municipales doit être traitée et analysée afin de s'assurer qu'elle est potable (**ONU, 2001**).

#### III.1. Paramètres bactériologiques

Les sources d'approvisionnement en eau à usage humain peuvent être contaminées par des agents pathogènes. Certaines infections d'origine hydrique ou maladies à transmission hydrique (MTH), les plus graves sont encore d'importance majeure dans les pays en développement (**Boyd, 2015**).

Selon **Maréchal, (2014)**, près de 1,6 millions de personnes sont morts à cause de maladies à transmission hydriques, et c'est essentiellement lié au manque d'accessibilité à une eau saine. D'après **Hadef et Hadef, (2001)**, l'Algérie subit une prévalence élevée liée au MTH dû à la mauvaise gestion de ses ressources en eau en termes de qualité sanitaire et de quantités mobilisables.

Les principales atteintes liées aux microorganismes rencontrés dans l'eau sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau III** : Affections en relation avec l'eau causé par les bactéries, virus et parasites.

| Groupe           | Microorganismes   | Affections en relation avec l'eau   |
|------------------|---|---|
| <b>Bactéries</b> | <i>Escherichia coli</i> ,<br>entéropathogènes, entérotoxiques,<br>entéroinvasifs. | GE et syndromes cholériques, Indicateur de contamination fécale.              |
|                  | <i>Enterococcus spp.</i>  | Indicateur de contamination fécale.   |
|                  | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .   | Infections cutanées, suppuratives ou éruptives, surinfections, pneumopathies. |
|                  | <i>Clostridium perfringens</i> .  | Indicateur de contamination fécale peu spécifique GE.                         |

(**Rodier et al., 2009**).



**Tableau III:** Affections en relation avec l'eau causé par les bactéries, virus et parasites(Suite)

| Groupe           | Microorganismes  | Affections en relation avec l'eau   |
|------------------|--|---|
| <b>Bactéries</b> | <i>Salmonella typhi</i> et <i>para-typhi</i> .   | Fièvres typhoïdes.  |
|                  | <i>Salmonella typhimurium</i> ,<br><i>S. enteritidis</i> « cosmopolites ».                                   | GE, infections systémiques.   |
|                  | <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>S. flexneri</i> ,<br><i>S. boydii</i> , <i>S. sonnei</i> .                  | GE et dysenterie.   |
|                  | <i>Légionella pneumophila</i> .  | Pneumopathie, fièvre (inhalation d'aérosols).   |
|                  | <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Vibrio spp</i> .   | GE et choléra, infections cutanées.   |
| <b>Virus</b>     | <i>Entérovirus</i> ( <i>Poliovirus</i> ,<br><i>Coxsackie A</i> , <i>Coxsackie B</i> ,<br><i>Echovirus</i> ). | Poliomyélite, affections neurologiques, respiratoires, cutanées, musculaires et cardiaques. |
|                  | Virus de la fièvre jaune, virus des dengues.   | Fièvres hémorragiques.  |
|                  | <i>Virus de l'Hépatite A</i> (HAV),<br><i>Virus de l'Hépatite E</i> (HEV).                                   | Hépatites.  |
| <b>Parasites</b> | Amibes : <i>Naegleria</i> , <i>Entamoeba</i> ,<br><i>Acanthamoeba</i> , <i>Balantidium</i> .                 | Amibiase Kératite (eau de lavage lentilles cornéennes).                                     |
|                  | <i>Cryptosporidium parvum</i> .  | GE.   |
|                  | <i>Giardia lamblia</i> , <i>G. intestinalis</i> .  | GE et giardiase.  |

(Rodier et al., 2009).

### III.1.a. Coliformes totaux

Les coliformes comprennent plusieurs genres de bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* dont *Escherichia coli* qui est le membre le plus important (**National research council of the national academies, 2004**). Ils sont définis comme des bactéries facultativement aérobies, Gram-négatives, non sporulés en forme de tige qui fermentent le lactose avec la formation de gaz dans les **48 h à 35°C** (**Madigan et al., 2010**). Selon le même auteur, les coliformes totaux sont considérés comme des commensaux intestinaux des humains et des animaux et pour cela ce sont des indicateurs de contamination bactérienne de l'eau.

1. **Organismes coliformes** : Organismes capables de former des colonies en aérobiose à  $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  sur un milieu lactosé sélectif et différentiel, avec production d'acide (et d'aldéhyde) dans les **24 h**.
2. **Organismes coliformes thermotolérants** : Présentant les mêmes propriétés de fermentation dans les **24h**, à  $44\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .
3. ***Escherichia coli* présumées** : Qui produisent, en plus, du gaz à partir du lactose (et du mannitol) ainsi que de l'indole à partir du tryptophane dans les **24 h** à  $44\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  (JORA, 2013).

### III.1.b. Bactéries associées au péril fécal

Les agents de contamination sont évacués dans les selles, souvent déposées à terre, non loin des sources d'approvisionnement en eau. Le danger potentiel représenté par ces pollutions est appelé le péril “ fécal ” (Monjour, 1997). On peut citer : *Pseudomonas aeruginosa* (surinfections), *Salmonella typhi* (fièvre typhoïde, gastro-entérites), *Vibrio cholerae* et les bactéries sulfito-réductrices...etc. (Legube, 2015). Selon Rodier et al., (2009), une eau exempte de bactéries d'origine fécale ne signifie pas nécessairement l'absence d'espèces pathogènes.

#### III.1.b.1. Coliformes fécaux (*Escherichia coli* ou colibacille)

Le coliforme fécal le plus prédominant est *E. coli*, qui est l'hôte normal de l'intestin de l'Homme et des animaux à sang chaud. C'est un bâtonnet Gram négatif, fermente le lactose, anaérobie facultatif et il présente trois antigènes qui sont utilisés pour identifier l'organisme dans les enquêtes épidémiologiques : l'antigène O ou la paroi cellulaire, l'antigène H ou flagellaire, et l'antigène K ou capsulaire (Tortora et al., 2016 ; Delarras, 2014 ; Levinson, 2014).

Différents groupes d'*E.coli* sont impliqués dans des syndromes diarrhéiques chez l'Homme et les jeunes enfants suite à la consommation d'eau ou d'un aliment contaminé, selon les cas :

- *E. coli* entéro-hémorragique (ETEC ou ECET), agent de la diarrhée du voyageur, de la diarrhée infantile et agent de colite hémorragique.
- *E. coli* entéro-pathogène (EPEC ou ECEP), agent de gastroentérite infantile.
- *E. coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC) (Delarras, 2014).

D'après **Avril, (1992)**, *E. coli* est un indicateur de contamination fécale récente et sa détection dans l'eau d'alimentation (par colimétrie) est synonyme d'une mauvaise qualité bactériologique ce qui la rends non potable.

### III.1.b.2. Entérocoques

Anciennement la législation parlait de « Streptocoques fécaux ». Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (acide teichoïque), c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus* (**Rodier et al., 2009**).

L'habitat normal des entérocoques est l'intestin des humains et des animaux mais peuvent se retrouvés sur la peau et les muqueuses (**Goering et al., 2019; Bertholom, 2014**). C'est des bactéries Gram positif, catalase négatif, non sporulées, anaérobies facultatives avec une forme coccoïde (**National research council of the national academies , 2004**).

En général, les entérocoques sont alpha-hémolytiques ou non hémolytiques (**Maza et al., 2020**). Ils sont associés à des infections urinaires et aux infections de plaie (**Hart et Shears, 1997**), et ce sont les deuxièmes micro-organismes impliqués dans les endocardites infectieuses (**Ruch et al., 2019**). Parmi ces infections, environ 80 % sont associées à *E. faecalis* (**Braiek et Smaoui, 2019**). Bien que certaines protéines de surface soient des adhésines, aucun facteur de virulence n'a été découvert (**Champoux et al., 2004**). Les entérocoques sont des microorganismes omniprésents dans différents environnements tels que le sol, l'eau, les eaux usées et les plantes (**Braiek et Smaoui, 2019**), et ils sont considérés comme des marqueurs de contamination fécale (**Aguilar-Galvez et al., 2012**).

### III.1.b.3. Salmonella

Les *Salmonella* sont des parasites du tube digestif de l'Homme et des animaux (**Avril, 1992**). Selon **Levinson, (2014)**, c'est des Gram négatif en forme de bâtonnets, lactose négatif, H<sub>2</sub>S positif. La contamination est induite par voie orale, dans le genre *Salmonella* se trouvent les agents des fièvres typhoïdes (*S. Typhi*) et paratyphoïdes (*S. paratyphi* A). Ces organismes peuvent posséder des antigènes somatiques (O), flagellaires (H) et capsulaires (Vi) (**Hart et Shears, 1997 ; Maza et al., 2020**). Les *Salmonella* peuvent être présentes dans les eaux douces, y compris les eaux destinées à la consommation humaine et les eaux souterraines (**ISO, 2010**).

### III.1.b.4. *Vibrio cholerae*

Les *vibrio* font partie d'un groupe répandu d'organismes, dont beaucoup sont communs dans l'environnement. *V. cholerae* est un bacille à Gram négatif très mobile, à l'aspect caractéristique en virgule, grâce à un flagelle polaire, la membrane externe supporte l'antigène O dont on connaît de nombreux types sérologiques. Les souches responsables de choléra sont de groupe sérologique O1 ou O139 (Gillespie et Hawkey, 2006 ; Flandrois, 2016).

Le choléra est une maladie à déclaration obligatoire, transmise par la voie oro-fécale et provoque des diarrhées aqueuses très abondante en eau de riz sans fièvre due à la sécrétion d'une toxine cholérique (entérotoxine appelée CT) agissant directement sur l'entérocyte (Courseau et al., 2016 ; Cowan et Smith, 2018). Compte tenu du fait que c'est essentiellement une maladie d'origine hydrique, la surveillance de la présence de *V. cholerae* dans les eaux environnementales spécifiques permet d'identifier des sources ou des éléments véhiculant l'infection et faciliter la détection précoce de la transmission du choléra dans certaines régions (OMS, 2018). La majorité des cas sont survenus dans le sous-continent indien et en Afrique. En 2002, l'OMS a estimé que 97 % des cas de choléra survenaient en Afrique (Agence de la santé publique du Canada, 2010).

### III.1.b.5. Spores Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR)

*Clostridium perfringens* est présent dans la flore intestinale de l'Homme et de nombreuses espèces animales, et le sol contient des spores de cette espèce (Avril, 1992). C'est une bactérie anaérobie Gram positif, sporulée, en forme de tige. Lorsque les spores sont présentes, elles sont grandes, ovales, centrales ou subterminales, et distordent la cellule. (National research council of the national academies, 2004; De Vos et al., 2009). Ingérés avec des aliments contaminés, les *C. perfringens* vivants commencent à sporuler et à produire des toxines dans l'intestin du consommateur, l'entérotoxine perfringène altère la perméabilité de l'épithélium intestinal, ce qui entraîne des nausées, de la diarrhée et des crampes intestinales, habituellement sans fièvre (Madigan et al., 2010). Les spores sulfito-réductrices sont largement répandues dans l'environnement et survivent dans l'eau pendant longtemps. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (ISO, 1986).

### III.1.b.6. *Pseudomonas aeruginosa* ou bacille pyocyanique

C'est une bactérie ubiquiste, elle fait partie des bactéries à Gram négatif non fermentaires, aérobies strictes qui représentent un groupe prédominant en pathologie humaine (Courseau et al., 2016). *P. aeruginosa*, produit un pigment soluble dans l'eau, vert-jaune ou brun-jaune appelé pyoverdine, de plus, elle produit également un pigment vert-bleu, la pyocyanine, qui se combine à la pyoverdine, ce qui donne une couleur verte vive (Maza et al., 2020). Elle élabore des protéines et des substances toxiques comme les hémolysines, protéases, exotoxine A, exoenzyme S. et peut provoquer des septicémies, des infections pulmonaires et des infections urinaires graves, cependant ; chez les sujets sains, elle est responsable la plupart du temps d'infections mineures, comme des folliculites (Collongues, 2005). D'après Lesne et al., (2004), sa présence dans l'eau peut être d'origine fécale. *P.aeruginosa* est une bactérie non exigeante qui croit facilement dans l'eau et l'eau de source doit être exempte de cette espèce selon ISO, (2006).

## III.2. Paramètres physico-chimiques

### III.2.a. Paramètres physiques

#### Température (T)

La température de l'eau est un paramètre essentiel du fonctionnement des écosystèmes aquatiques dont elle influence de nombreux paramètres comme, par exemple, la concentration en oxygène (Georges et al., 2019).

#### Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution, ou de la puissance de l'hydrogène (Estefan et al., 2013). Le pH d'un échantillon aqueux peut être mesuré par la méthode électrométrique ou colorimétrique (Patnaik, 2018).

#### Conductivité électrique

La conductivité est la capacité d'une substance à transmettre un courant électrique. Dans l'eau, le courant électrique est transmis par les ions dissous. Les eaux naturelles, contiennent une plus grande concentration d'ions dissous et sont de meilleurs conducteurs que l'eau pure (Boyd, 2015).

### Taux de Sels Dissous (TDS)

Les solides dissous totaux (TDS) désignent la quantité de minéraux, de métaux, de matières organiques et de sels dissous dans un certain volume d'eau exprimé en mg/l (**Yusof et al., 2019**). La qualité des eaux souterraines est souvent décrite par les matières dissoutes totales (**Barzegari Banadkooki et al., 2020**).

### Turbidité

La turbidité dans l'eau peut être causée par des matières en suspension comme les composés organiques ou les matières inorganiques dissoutes...etc. La turbidité est déterminée par la propriété optique qui fait que la lumière est diffusée, adsorbée ou réfléchi (**Roberts Alley et al., 2007**).

## III.2.b. Paramètres chimiques de pollution

### Résidus secs

Le solide dissous total est défini comme les substances restantes après évaporation et séchage d'un échantillon d'eau. La fraction restante est approximativement équivalente à la teneur totale en matières dissoutes et en suspension de l'échantillon d'eau (**Estefan et al., 2013**).

### Ammonium

La présence de quantités élevées de composés contenant de l'azote dans les effluents aqueux est connue pour produire l'eutrophisation des milieux aquatiques.

Un de ces composés d'azote est le cation d'ammonium, ce dernier provient d'une grande variété de sources telles que les engrais naturels et artificiels, les eaux usées industrielles et urbaines (**Enmilia et al., 2020**).

### Nitrate

De nombreux minéraux de nitrate sont présents dans la nature, comme le nitrate de potassium. Les sels de nitrate ont de vastes applications industrielles, ils sont aussi utilisés comme engrais en agriculture et comme des produits chimiques de laboratoire courants (**Patnaik, 2018**). D'après **Fernández-Martínez et al., (2019)**, la présence des nitrates dans les

masses d'eau souterraine est induite essentiellement par les activités anthropiques et l'agriculture intensive.

### Nitrite

Le nitrite ( $\text{NO}_2$ ) est un contaminant inorganique nocif présent dans l'eau (**Li et al., 2019**). Lors de la nitrification, des ions négatifs comme les nitrites et les nitrates se déplacent le long de l'écoulement des eaux souterraines, et par des forces répulsives sur les surfaces minérales argileuses, accélèrent le transport de l'azote dans la couche du sol (**Lee et al., 2020**). La présence de ces ions dans l'environnement nuit à la santé de l'Homme sans oublier le phénomène d'eutrophisation (**Idrissi, 2006**).

### Phosphore

La présence d'un excès de phosphore (P) peut compromettre gravement la qualité des écosystèmes aquatiques, car l'augmentation excessive des rejets de ce dernier peut provoquer une eutrophisation généralisée et une pollution de l'eau qui menacent la santé écologique et humaine (**Clairmont et al., 2020 ; Liu et al., 2020**).

## III.2.c. Minéralisation globale

### Sulfate

D'après **Wang et Zhang, (2019)**, le sulfate étant un ion déjà présent dans les eaux souterraines, sa teneur influe sur la qualité de l'eau potable et l'écosystème, le développement de l'industrialisation et de l'urbanisation sont les causes principales de la pollution par les sulfates dans l'eau.

### Fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes : Fer (Fe), le Fer ferreux ( $\text{Fe}^{+2}$ ) est soluble dans l'eau et le fer ferrique ( $\text{Fe}^{+3}$ ) est insoluble (**Rodier et al., 2009**).

### Chlorure

Selon **Stellman et al., (2000)**, le chlorure est un des polluants de contamination du sous-sol et est classé avec les composants chimiques indésirables pouvant se trouver dans les eaux.

### Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le TA et le TAC d'une eau est la mesure du pouvoir alcalin de la solution, il est principalement expliqué par le pH et la concentration en ions carbonate (**Lazzarotto, 2010**).

### Dureté calcique et dureté magnésienne

La dureté calcique et la dureté magnésienne correspondent à la teneur globale en sels de calcium et de magnésium (**Rodier et al., 2009**). Des problèmes de santé, techniques et gustatifs peuvent être associés à la consommation de niveaux de dureté de l'eau très faibles ou élevés (**Kozisek, 2020**).

### Sodium et potassium

Le choix de l'eau appropriée devrait tenir compte de la teneur de sodium et de potassium. Le sodium est défini comme un facteur de risque pour la santé seulement lorsque son apport excessif se produit. Le potassium contribue à la réduction du volume des fluides extracellulaires et réduit en même temps la tension musculaire et la perméabilité des membranes cellulaires (**Gatarska et al., 2016**).

### III.2.d. Métaux lourds

Au cours des dernières années, l'introduction de métaux lourds dans les plans d'eau a suscité des préoccupations à l'échelle mondiale en raison des risques environnementaux, des charges élevées et de leurs nature persistante (**Zhang et al., 2016**).

Selon **Jardine et al., (2019)**, les eaux de sources sont des sites relativement vierges en éléments de traces métalliques en comparaison avec d'autres sites d'eaux souterraines contaminées.

Les principales affections liées aux éléments chimiques rencontrés dans l'eau sont mentionnées dans le tableau XIV, annexe A.



### IV. DIFFÉRENTES NORMES APPLICABLES AUX EAUX DE SOURCE

#### IV.1. La réglementation Algérienne

Ces textes sont tirés du Journal Officiel de la République Algérienne (N° 39-2 juillet 2017/ 8 Chaoual 1438) et (N°27 -26 avril 2006/27 Rabie El Aouel 1427).

Selon l'arrêté n° 4 du **JORA 2017**, les eaux de source ne doivent pas contenir de micro-organismes ni leurs toxines ou métabolites dans des quantités qui présentent un risque inacceptable pour la santé du consommateur.

#### **Champ d'application**

L'arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixe les critères microbiologiques des denrées alimentaires en incluant les eaux de source dans la section eaux, boissons , jus de fruits et de légumes.

L'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixe les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source et précise que les analyses portent sur des échantillons prélevés au point d'émergence et visent des paramètres physiques, physico-chimiques et microbiologiques.

#### IV.2. La réglementation internationale

Les recommandations applicables à l'eau potable tirée d'**OMS 2007** et les normes de l'**Union Européennes (Directive98/83/CE)** ont servis de référence pour les paramètres analysés.

### V. L'ANTIBIORÉSISTANCE ET CONTAMINATION PAR LES GÈNES DE RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES

La résistance aux antimicrobiens (AMR) est définie comme la résistance des microorganismes à un antimicrobien contre lequel ils étaient initialement sensibles. Bien qu'il s'agisse d'un phénomène évolutif naturel, il est accéléré par le mauvais usage de ces derniers et les mauvaises pratiques de contrôle des infections (**Jindal et al., 2015**). Par conséquent, les microorganismes sont classés comme résistants lorsque leurs CMI dépassent un seuil prédéfini (**Gualerzi et al., 2014**). Selon **Insha et al., (2020)** et **Stange et Tiehm, (2020)**, l'attention de la communauté scientifique doit être dirigée vers le fléau de l'antibiorésistance détecté dans les écosystèmes aquatiques causant de sérieux problèmes de santé publique étant considérés comme des réservoirs des ARBs et ARGs. Les pathogènes antibiorésistants sont le plus souvent *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* et *Salmonella spp.* (**OMS, 2018**).

Cependant, il n'est toujours pas clair si la présence d'ARB et d'ARG environnementaux dans l'eau de source, ont une incidence importante sur l'exposition humaine aux ARB pathogène (**Sanganyado et Gwenzi, 2019**).

#### V.1. Types de résistance

Selon **Courseau et al., (2016)**, la résistance aux antibiotiques (Fig.2) est classée en plusieurs types :

##### 1- Résistance naturelle

- La bactérie est toujours résistante à l'antibiotique par des mécanismes intrinsèques.

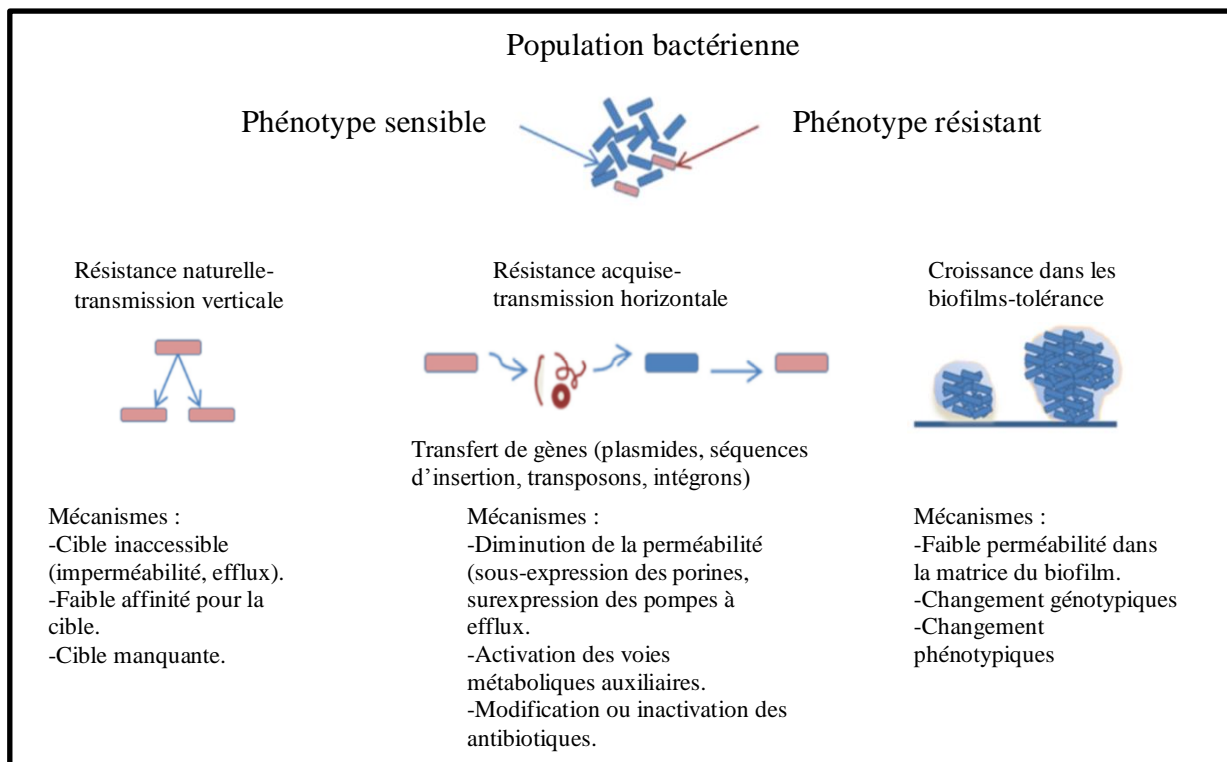
##### 2- Résistance acquise par transmission plasmidique

- C'est la plus fréquente 80%-90% des résistances acquises.
- Transférable entre espèces : transmission horizontale.

Les bactéries résistantes qui prolifèrent en présence d'un antibiotique peuvent transmettre cette capacité de résistance à d'autres bactéries n'ayant jamais été exposées à l'antibiotique en question (**Conseil de l'Europe, 2000**).

**3- Résistance acquise par mutation chromosomique**

- Non transférable entre espèces : transmission verticale



**Figure 2 :** Les principaux types de mécanismes de résistances (Kon et Rai, 2016).

**V.2. Mécanismes de défense des bactéries**

Les gènes produisant une résistance à un antibiotique fonctionnent de diverses manières. Certains ne permettent pas à l'antibiotique de pénétrer dans la bactérie, d'autres s'emploient à le rejeter de la bactérie, certains produisent des enzymes qui ôtent toute efficacité à l'antibiotique, et d'autres modifient la cible visée par l'antibiotique (Fig.3) (Conseil de l'Europe, 2000).

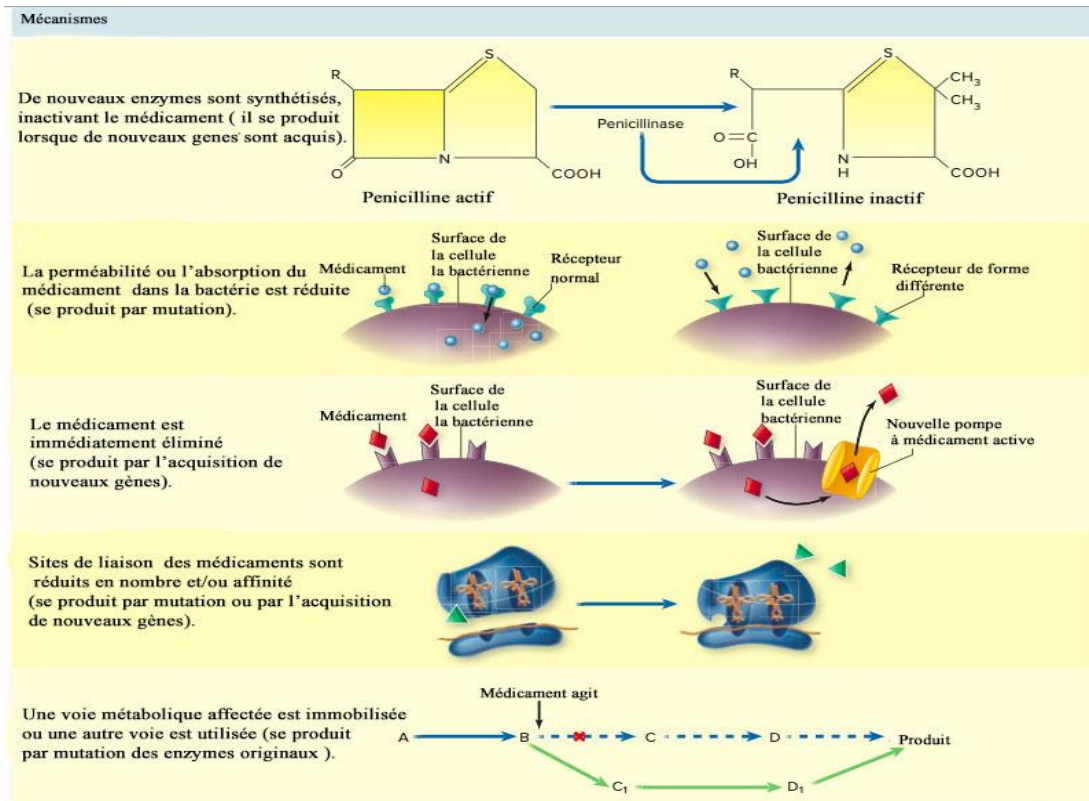


Figure 3 : Mécanismes de résistance aux antibiotiques (Cowan et Smith, 2018).

### V.3. Propagation de l'antibiorésistance dans l'environnement

Au cours des dernières décennies, l'importance de l'environnement dans la propagation et la dissémination de bactéries résistantes aux antibiotiques a été mieux démontrée. Les eaux usées humaines et animales représentent les nœuds d'émission les plus importants dans un réseau complexe de voies de transmission (Manaia et al., 2020).

Selon Vidal et al. , (2019), les antibiotiques utilisés dans divers secteurs (Tableau XXII, Annexe H) sont tous excrétés dans le milieu naturel après leur ingestion par les organismes. Ces substances se propagent dans l'environnement et s'infiltrent dans le réseau trophique infligeant des conséquences irréversibles.

L'OMS a désigné la résistance aux antibiotiques comme l'une des trois plus importantes menaces pour la santé publique du XXIe siècle (Munita et Arias, 2015).

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### I- MATERIEL ET METHODES

Cette étude a pour but d'évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique de quatre (4) sources d'eau situées dans la région de Chiffa, Wilaya de Blida. Le profil de résistance aux antibiotiques des souches identifiées est aussi étudié.

Les analyses ont été réalisées, pendant la période allant du mois de Février au mois de Juillet (avec un arrêt allant de mi-Mars jusqu'à la fin Juin dû à la crise sanitaire), dans deux laboratoires :

**1-** Le laboratoire de l'ADE (l'Algérienne des eaux, unité de Blida) localisé à la station de pompage de Chiffa. Ce dernier contrôle en permanence la qualité des eaux de la Wilaya de Blida par une surveillance bactériologique et physico-chimique. Les paramètres physico-chimiques, ainsi que la colimétrie et la streptométrie y sont réalisés.

**2-** Le laboratoire d'hygiène de Blida localisé au niveau de la rue des frères Ramoul Abdelaziz qui opère l'analyse microbiologique des eaux, des aliments et des selles. Au niveau de ce dernier ont été effectués : la recherche des *Salmonella*, de *P. aeruginosa*, des spores anaérobies sulfite-réductrices et des *V. cholerae*, ainsi que leurs identifications et leurs profils d'antibiorésistance.

Les coordonnées GPS des lieux de stage sont au niveau de l'annexe A.

#### I.1. Région d'étude

Selon la Direction de la Planification et de l'Aménagement (**DPAT**), la wilaya de Blida se situe dans la partie nord du pays, dans la zone géographique du Tell central. La commune de Chiffa fait partie de la Daïra de Mouzaïa et se situe entre la Wilaya de Blida et la Wilaya de Médéa (Fig.4) (**Andi, 2013**).

Les sources étudiées sont sujettes à des activités anthropiques variées dû à l'installation des bases de vie du projet dédié au dédoublement de la route nationale n°1 (RN1) reliant Barrouguia – Chiffa par un tronçon autoroutier confié à l'entreprise Chinoise **CSCEC** en collaboration avec deux firmes Algériennes **SAPTA** et **ENGOA**.

Les quatre points d'eau analysés (Fig.5) émergent sur l'ancienne route fréquentée par les touristes à longueur de l'année. Ces eaux de sources sont consommées comme étant une eau potable et utilisées pour divers usages également par les riverains. Les sources choisies après une étape de sélection sont situées à proximité de deux bases de vie (Point kilométrique **3** et **5**)(Tableau V) (Fig.32, Annexe H) occupées par une main d'œuvre Chinoise et Algérienne pour la réalisation du projet cité précédemment.

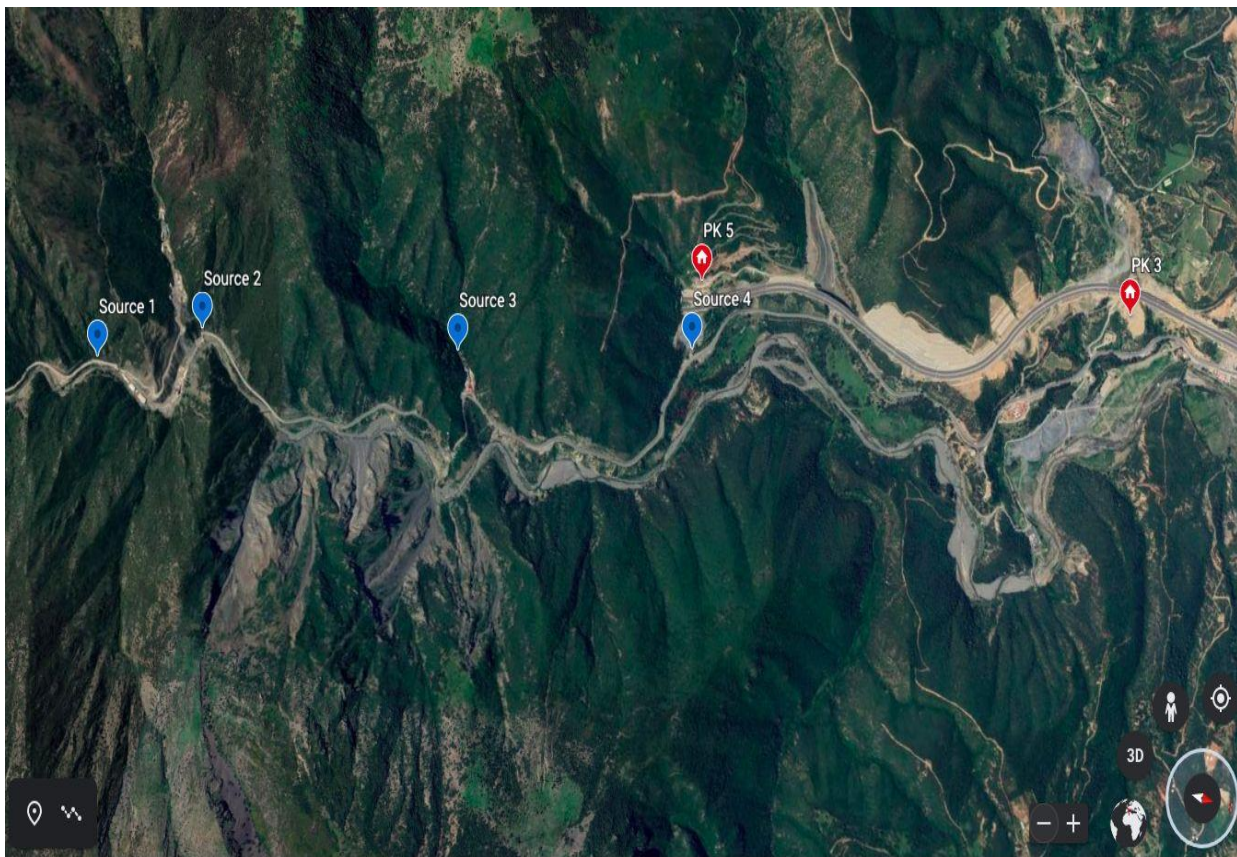
##### I.1.1. Présélection des sources

L'étape de sélection a touchée au total **5** sources (Tableau IV) accessibles à la population (autochtone et allochtone) et confrontées à la pollution lors des travaux.



**Tableau IV** : Données concernant les sources de la région.

| Sources  | Noms                | Débit        | Coordonnées GPS                     | Altitude | Usage                            |
|----------|---------------------|--------------|-------------------------------------|----------|----------------------------------|
| Source 1 | El Kaff Errachi     | Moyen-faible | X=36°23'03 N<br>Y=2°46'02 E         | 366 m    | Consommation                     |
| Source 2 | /                   | Fort         | X=36°23'20 N<br>Y=2°45'54 E         | 319 m    | Consommation                     |
| Source 3 | Ruisseau des singes | Moyen        | X=36°23'58,85''N<br>Y=2°45'39,79''E | 328 m    | Consommation et usage domestique |
| Source 4 | Cascade             | Fort         | X=36°24'32,90''N<br>Y=2°45',29''E   | 211 m    | Consommation                     |
| Source 5 | /                   | Faible       | X=36°25'36N<br>Y=2°45'16 E          | 146 m    | Consommation et usage domestique |



**Figure 4**: Carte représentant les sources et les bases de vie (Google earth Version 9.3.117.0).



Source 1



Source 2



Source 3 (Ruisseau)



Source 4 (Cascade)

**Figure 5** : Sources étudiées (photo originale).

**Tableau V** : Données concernant les bases de vie.

| Nom des bases de vie | Coordonnées GPS             | Altitudes |
|----------------------|-----------------------------|-----------|
| PK 3                 | X=36°25'40 N<br>Y=2°45'05 E | 169 m     |
| PK5                  | X=36°24'37 N<br>Y=2°45'20 E | 341m      |

### I.1.2. Justifications des choix

- Les sources étudiées sont exposées aux activités anthropiques des bases de vie vu leurs localisations géographiques adjacentes.



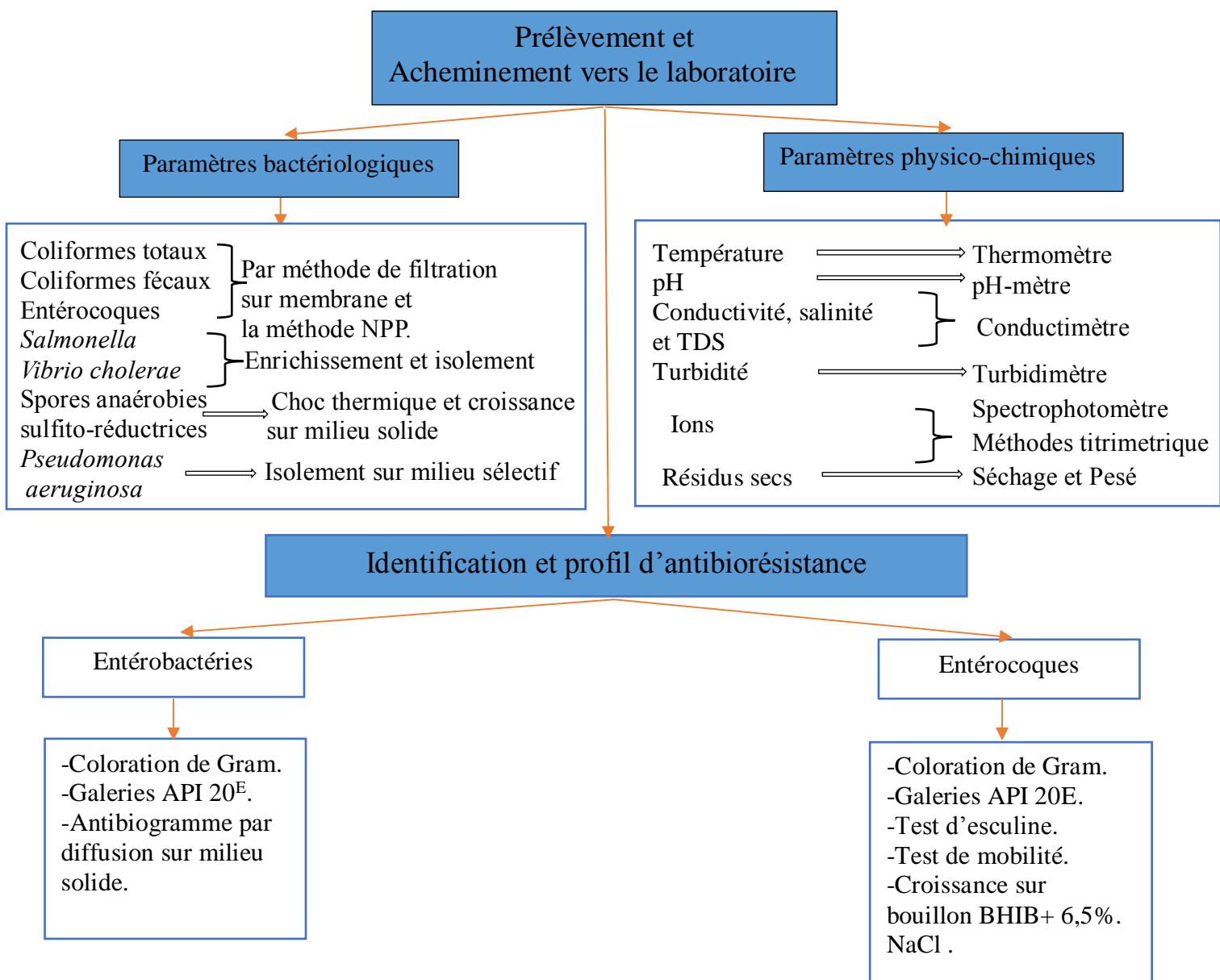
- Leur exposition aux travaux pendant des années.
- Leur usage fréquent en tant qu'eau potable de la part des touristes ainsi que les habitants de la région.

## I.2. Matériel

Le matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques est répertorié au niveau de l'annexe C.

## I.3. Méthodes

La démarche suivie au cours de l'étude est répertorié au niveau de la Figure 6.



**Figure 6** : Organigramme de la démarche suivie de qualité bactériologique et physico-chimique des échantillons d'eau de source lors de l'étude.

### I.3.1. Méthodes d'échantillonnages

Chaque prélèvement est accompagné d'une fiche de renseignement le concernant (Annexe D). Au total 22 échantillons sont réalisés au profit des sources étudiées (Tableau VI).

**Tableau VI :** Nombre de prélèvements et d'échantillons pour chaque source.

| Sources.     | Nombre de prélèvements. | Nombre total des échantillons pour la Physicochimie |            | Nombre total des échantillons pour la Bactériologie |  |
|--------------|-------------------------|---|------------|---|--|
|              |                         | N°  | dates      | N°  | dates  |
| S1           | 4                       | 1   | 03/03/2020 | 4   | 11/02/2020<br>03/03/2020<br>12/07/2020<br>26/07/2020               |
| S2           | 4                       | 1   |            | 4   | 11/02/2020<br>03/03/2020<br>12/07/2020<br>26/07/2020               |
| S 3“R”       | 5                       | 1   | 18/02/2020 | 5   | 11/02/2020<br>18/02/2020<br>04/07/2020<br>12/07/2020<br>26/07/2020 |
| S 4“C”       | 5                       | 1   |            | 5   | 11/02/2020<br>18/02/2020<br>04/07/2020<br>12/07/2020<br>26/07/2020 |
| <b>Total</b> | <b>18</b>               |   |            | <b>22</b>   |  |

#### a- Analyse bactériologique

Il est impératif, qu'avant l'échantillonnage destiné à l'analyse bactériologique, de se désinfecter les mains avec un antiseptique, pour ne pas contaminer le goulot du flacon préalablement flambé avec un pistolet à flamme au moment du prélèvement.

D'après NA 763, ISO 6222 modifié par l'ADE, les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre. Les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de **250ml**. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée et stérilisés par la chaleur à l'autoclave à **120°C** pendant **1h**.

Les échantillons doivent être conservés entre **4°C** et **6°C** et transportés dans une boîte iso-thermique au laboratoire pour être analysés le plus tôt possible.

### **b- Analyse physico-chimique**

Selon **Rodier et al., (2009)**, les bouteilles doivent être rincées 3 fois au moment du prélèvement avec l'eau étudiée. Selon la norme **Afnor T90-012 modifié par l'ADE**, l'échantillonnage d'eau pour les analyses physico-chimiques est effectué dans des bouteilles en polyéthylène de **1L** et conserver entre **4°C** et **6°C** jusqu'à utilisation (Annexe E).

### **I.3.2. Méthodes Bactériologiques**

#### **I.3.2.1. Observation microscopique (Denis et al., 2011)**

##### **Objectif**

Détection de potentielles bactéries vivantes ou d'autres corps étrangers. Les renseignements obtenus par cette observation concernent principalement la mobilité des bactéries.

##### **Principe**

Les méthodes fondées sur la technique de l'état frais correspondent à l'observation d'un échantillon ou d'une suspension bactérienne entre lame et lamelle sans fixation préalable du matériel par la chaleur ou l'alcool.

##### **Mode opératoire**

Entre lame et lamelle, on dépose une goutte de l'échantillon et on observe sous microscope optique au grossissement **X40**.

#### **I.3.2.2. Méthode de filtration (ISO 9308-1: 2000 et ISO 9308 – 1 : 2000 / correctif 1 : 2007)**

##### **Objectif**

C'est la méthode de référence utilisée pour la recherche et le dénombrement de germes dans les eaux car elle est caractérisée par sa rapidité, sa simplicité et la normalisation de ses résultats par le **JORADP**.

##### **Principe**

L'échantillon d'eau est filtré à travers une membrane de porosité de **0,45 µm** (**Sartorius**), destiné au captage des bactéries et placée dans une rampe. Cette dernière permet la poussée des colonies sur les milieux de culture spécifiques aux bactéries recherchées.

### ➤ Dilution

Avant de procéder à la filtration de l'échantillon, le prélèvement doit passer par une étape de dilution de  $\frac{1}{2}$  pour pouvoir dénombrer les colonies cultivées de la façon suivante :

- Dans la zone stérile, on verse **50 ml** de l'échantillon dans un flacon et on ajoute **50 ml** d'eau distillée.

### Mode opératoire

- On désinfecte la paillasse avant la manipulation par un antiseptique.
- On met en marche la pompe à vide et on ferme les fioles à vide.
- Un bec Bunsen est allumé devant l'appareil pour maintenir une zone stérile en permanence.

### ➤ Filtration de l'échantillon

- On flambe la partie supérieure de la rampe (**Sartorius 16824**) y compris la plaque poreuse, l'intérieur de l'entonnoir et le couvercle.
- Après refroidissement de la rampe, on dépose soigneusement une membrane stérile en esters de cellulose de porosité de **0.45µm** avec une pince flambée sur le support de filtration.
- On fixe l'entonnoir sur son support.
- On homogénéise l'échantillon et on flambe le goulot du flacon juste avant de le verser dans l'entonnoir jusqu'au repère indiquant **100ml**.
- On ouvre le robinet pour filtrer l'eau.
- Dès qu'il soit totalement écoulé, on prélève la membrane avec une pince stérile par son bord et on la place sur le milieu sélectif correspondant à la recherche tout en évitant les bulles d'air.

### Colimétrie par filtration (ISO 9308-1: 2000 et ISO 9308 – 1 : 2000 / correctif 1 : 2007)

### Objectif

La recherche et le dénombrement des coliformes dans une eau sont importants du fait qu'une grande partie de ce groupe (coliformes fécaux) représentent des indicateurs de contamination fécale.

### Mode opératoire

#### ➤ Isolement

- On dépose les membranes filtrantes avec une pince flambée sur le milieu sélectif gélose lactosé au Tergitol et T.T.C après avoir filtré l'eau étudiée pour la recherche des coliformes totaux.
- On incube les boîtes pendant **18 à 24 h**, à **36 °C ± 2°C**.

#### ➤ Lecture

On considère comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune (lactose positif).

#### ➤ Test de confirmation des coliformes fécaux

- Tout d'abord on effectue un repiquage d'une colonie sur la gélose TSA à partir de la gélose Tergitol et on incube à **37°C** pendant **24h**.

#### ❖ Test d'indole

- On transfère une colonie caractéristique du premier milieu dans un tube du bouillon Tryptophane à l'aide d'une anse de platine et on incube à **44°C** pendant **24h**.

#### ❖ Test d'oxydase

- Après **24h** d'incubation, un test d'oxydase est réalisé où on prélève une colonie à partir de la gélose TSA avec une pipette Pasteur et on la dépose sur le disque directement.

### Expression des résultats

- Une bactérie coliforme est toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.
- Une bactérie *E.coli* présumée est toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à **44°C**.

#### ➤ Mesures et calcul du résultat

On calcule la valeur **a** du nombre de bactéries coliformes et celle des *E. coli*, le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} c$$

Où :

**b** : Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

**A** : Nombre de colonies repiquées.

**C** : Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

### Streptométrie par filtration (NA 766 en ISO 7899-2)

#### Objectif

La recherche et le dénombrement des entérocoques (streptocoques du groupe D) est essentielle dans l'optique où ils possèdent tous un habitat fécale.

#### Mode opératoire

##### ➤ Isolement

- Les membranes filtrantes sont déposées avec une pince flambée sur le gélose sélectif à l'azoture de sodium (Slanetz et Bartley) additionné au T.T.C après avoir filtré l'eau étudiée pour la recherche des streptocoques totaux.
- Les boîtes à l'envers sont incubées pendant **24 à 48 h** à **36 °C ± 2°C**.

##### ➤ Lecture

On considère comme positives toutes les colonies présentant une coloration rouge, marron ou rose soit à leur centre, soit à leur périphérie comme des entérocoques présumés sur la membrane.

##### ➤ Test de confirmation des entérocoques

- On pré-incube le gélose bile esculine agar (BEA) à **44°C** pendant quelques minutes.
- On transfère la membrane du premier milieu à la gélose BEA et on incube à **44°C** pendant **2h** pour pouvoir observer des colonies noirâtres.

#### Expression des résultats

On considère comme positives toutes les petites colonies noires légèrement bombées et lisses (esculine positive).

##### ➤ Mesures et calcul du résultat

La mesure est exprimée en **UFC** pour **100 ml** d'eau.

- La colimétrie et la streptométrie par la méthode de dénombrement en milieu liquide Nombre le Plus Probable (NPP) est répertorié au niveau de l'annexe F par les figures 35, 36 et 37.

### I.3.2.3. Recherche des *salmonella*

#### Objectif

La recherche des *salmonella* fait partie des paramètres bactériologiques analysés dans le cas des eaux destinées à la consommation humaine.

### Principe

Dans un premier temps on inocule le bouillon d'enrichissement sélénite de sodium cystéine (SFB) avec l'échantillon puis après incubation de **24h**, on isole sur gélose Hektoen et on lit les résultats après une autre incubation de **24h**.

### Mode opératoire

#### ➤ Enrichissement

- On prélève **50 ml** de l'échantillon à l'aide d'une pipette graduée équipée d'une poire et on verse dans le flacon du bouillon SFB double concentré + additif (sélénite de sodium) dans la zone stérile puis on ferme le flacon et on incube à **37°C** pendant **24h**.

#### ➤ Isolement

- On ensemence à partir du flacon avec une pipette Pasteur flambée la gélose Hektoen et on incube à **37°C** pendant **24h**.

### Expression des résultats

On considère comme positives toutes les colonies de couleur verte (couleur du milieu) avec ou sans centre noir.

### I.3.2.4. Recherche de de *vibrio cholerae*

#### Objectif

La détection de *V. cholerae* est rare, mais vu sa réapparition en été 2018 en Algérie, il est préférable d'effectuer ces analyses.

#### Principe

Dans un premier temps on inocule le bouillon d'enrichissement eau peptonée alcaline (EPA) avec l'échantillon puis, après incubation de **24h**, on isole sur la gélose nutritive alcaline et biliée (GNAB) et on lit les résultats après une autre incubation de **24h**.

### Mode opératoire

#### ➤ Enrichissement :

- On prélève **50 ml** de l'échantillon à l'aide d'une pipette graduée équipée d'une poire et on verse dans le flacon de l'EPA 10X dans la zone stérile puis on ferme le flacon et on incube à **37°C** pendant **24h**.

#### ➤ Isolement

- On ensemence à partir du flacon avec une pipette Pasteur flambée la gélose GNAB et on incube à **37°C** pendant **24h**.

### Expression des résultats

- Formation d'un trouble homogène sur le milieu d'enrichissement EPA et apparition d'un voile épais à la surface du bouillon.
- On considère comme positive, toute colonie large, plate ou légèrement bombée, transparente à contour régulier sur la gélose GNAB.

### I.3.2.5. Recherche des ASR (Rodier et al., 2009)

#### Objectif

La recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiants de *clostridium* sulfito-réducteurs, qui peuvent être d'origine fécale comme tellurique.

#### Principe

L'échantillon subit un choc thermique avant d'être mélangé à la gélose Viande-Foie (VF) puis incubé après solidification.

#### Mode opératoire

- On prélève à l'aide d'une seringue, et on verse dans **10 tubes 5 ml** de l'échantillon.
- Les tubes sont chauffés à **80°C** au bain marie (**Precisdio**) pendant **10 min**.
- On les passe sous l'eau de robinet (choc thermique).
- On ajoute **15 ml** du bouillon VF additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium et on laisse solidifier sur la paillasse avant d'incuber à **37°C** pendant **24h à 48h**.

#### Expression des résultats

- On considère comme positive toute poussée de spores noires et ovoïdes.

### I.3.2.6. Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

#### Objectif

Selon l'institut Pasteur, *P. aeruginosa* est une espèce en majorité ubiquiste. C'est l'espèce type de son genre, considérée comme pathogène opportuniste chez les malades aux systèmes immunitaires déficients.

#### Principe

L'isolement se fait sur la gélose cétrimide par ensemencement puis les colonies sont identifiées par un autre ensemencement sur la gélose King A et King B.



### Mode opératoire

#### ➤ Isolement

- On prélève une goutte de l'échantillon avec une pipette Pasteur flambée, on la dépose sur la gélose d'inoculation cétrimide puis on ensemence par épuisement selon la technique des quadrants et on l'incube à **37°C** pendant **24h**.

#### ➤ Identification

Recherche des pigments spécifiques par :

- Repiquage de colonies suspectes sur la gélose King A (la recherche de pyocyanine) et King B (la recherche de pyoverdine) et on incube à **37°C** pendant **24 à 48h**.

### Expression des résultats

- On considère comme positive toute colonie pigmentée en bleu vert (dû à la production des pigments de pyoverdine et de pyocyanine) avec une odeur caractéristique (fleur de seringa).

### I.3.2.7. Coloration de Gram

La coloration différentielle de Gram est détaillée dans la figure 38, annexe G,

### I.3.2.8. Tests biochimiques

#### A-Galerie API® (Manuel d'utilisation de la galerie API, 20 100/20 160)

#### Objectif

La galerie biochimique est indispensable dans le processus d'identification des souches bactériennes via un système standardisé, pour différentes familles tel que les *Enterobacteriaceae* (API 20E) et les *Streptococcaceae* (API 20 Strep).

#### Principe

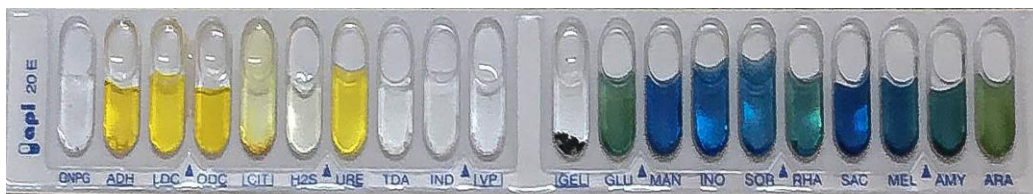
La galerie biochimique API 20 E est utilisée pour l'identification des entérobactéries. Elle se présente sous forme de 20 microtubes de substrats déshydratés qui seront par la suite inoculés par une suspension bactérienne à partir de l'échantillon (Fig.7). Après incubation, les résultats sont interprétés selon le virage des couleurs spontanément ou après ajout de réactifs (Fig.8).

#### Mode opératoire

- On réunit fond et couvercle d'une boîte d'incubation et on répartit environ **5 ml** d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- On inscrit les informations (date, sources...etc.) sur la languette latérale de la boîte.

- On place la galerie dans la boîte d'incubation.
- A l'aide d'une pipette ou d'une anse de platine, on prélève une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé (préférentiellement des cultures jeunes **18-24 h**).
- On prépare une suspension bactérienne en homogénéisant soigneusement la colonie dans **5ml** d'eau physiologique stérile.
- On introduit la suspension bactérienne dans les tubes de la galerie à l'aide d'une seringue :
  - Pour les tests CIT, VP et GEL, on remplit tube et cupule.
  - Pour les autres tests, on remplit uniquement les tubes (et non les cupules).
  - Pour les tests : ADH, LDC, ODC, H<sub>2</sub>S, URE ; on remplit leurs cupules d'huile de paraffine pour créer une anaérobiose.

On referme la boîte d'inoculation, et on incube à **36°C ± 2°C** pendant **18-24 h**.



**Figure 7** : Galerie API20E après inoculation (photo originale).

### Lecture de la galerie

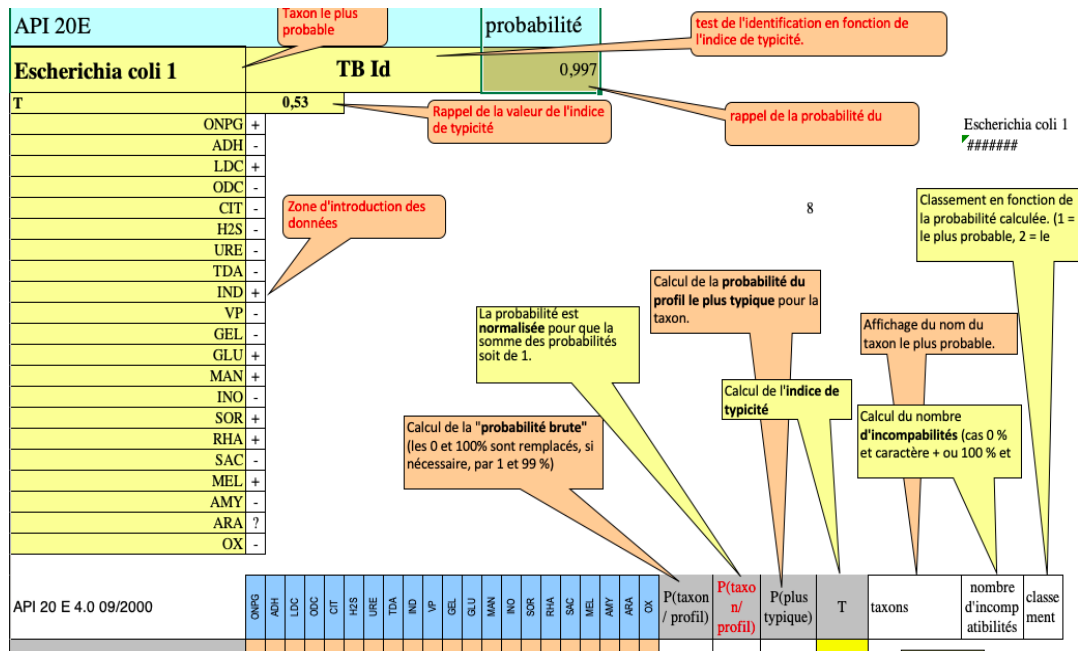
- Après incubation, la lecture de la galerie doit se faire en se référant au tableau de lecture ou le logiciel.
- révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs :
  - Test TDA : On ajoute 1 goutte de réactif TDA.
  - Test IND : On ajoute 1 goutte de réactif JAMES.
  - Test VP : On ajoute 1 goutte des réactifs VP 1 et VP 2, et on attend **10 min** pour la révélation de la couleur.



**Figure 8** : Galerie API20E après **24h** d'incubation (photo originale).

**Interprétation :**

L'identification est obtenue à partir d'un programme d'identification des bactéries sur Excel (Fig.9) ; on remplit à l'aide des touches + et - tous les caractères testés, et le logiciel affiche la souche correspondante.



**Figure 9 :** Logiciel d'identification des bactéries utilisé pendant l'étude.

**B- Autres tests biochimiques complémentaires pour l'identification**

**des Entérocoques**

Un algorithme d'identification (Fig.10) et d'autres tests complémentaires qui déterminent le profil biochimique typique du genre *Enterococcus* sont proposés par Maza et al. , (2020), en se basant sur ces derniers, quelques tests sont réalisés :

**1. Esculine**

- La révélation de l'esculine par la culture sur la gélose BEA après la filtration réalisée précédemment.

**2. Croissance dans un bouillon BHIB+ 6,5% NaCl :**

**Mode opératoire**

- Ensemencement du bouillon Cœur-cerveau additionné de **6,5%** de chlorure de sodium par **1 ml** de l'échantillon avec une seringue.
- Incubation pendant **24 à 48h** à **37°C**.

**Expression des résultats**

- Le test est positif si un trouble du bouillon est noté.

**3. Mobilité**

**Mode opératoire**

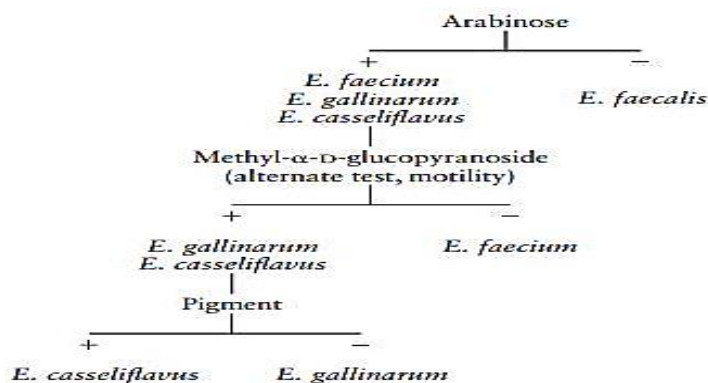
- Ensemencement sur la gélose Mannitol-Mobilité par piqûre centrale avec une pipette Pasteur.
- Incubation pendant **24h** à **37°C**.

**Expression des résultats**

- Le test est positif si la croissance de l'espèce est détectée dans et en dehors de la piqûre centrale.

**4. Autres**

- La révélation de l'Arginine DiHydrolase (ADH), du Voges-Proskauer (VP), du mannitol, du sorbitol, de l'arabinose et du lactose sont réalisées par la galerie API 20 E qui partage ces tests avec la galerie API 20 Strep.



**Figure 10:** Algorithme simplifié pour l'identification des isolats les plus courants des entérocoques. (Maza et al., 2020).

**I.3.2.9. Antibiogramme par diffusion en milieu solide (Kirby-Bauer)**

**Objectif**

L'antibiogramme est un examen de laboratoire courant, qui consiste en la détermination de la sensibilité d'une bactérie aux antibiotiques.

**Principe**

L'antibiogramme par diffusion en milieu gélosé repose sur le principe de la compétition entre la croissance d'une bactérie et la diffusion d'un antibiotique dans un milieu. Des disques d'antibiotiques sont déposés à la surface d'une gélose ensemencée avec la bactérie à étudier.

L'antibiotique diffuse de façon radiale à partir du disque de papier selon un gradient de concentration décroissant (Denis et al., 2016).

### Mode opératoire (Denis et al.,2011)

- La gélose la plus communément utilisée est la gélose de Mueller-Hinton (MH). L'utilisation de cette gélose est recommandée par le Comité de l'antibiogramme de la Société française de Microbiologie et l'OMS (Courseau et al., 2016).
- La suspension est préparée par inoculation de quelques colonies à l'aide d'une anse dans **5 ml** d'eau physiologique.
- La méthode consiste à déposer la suspension à l'aide d'un écouvillon trempé dans la suspension et « essoré » sur le bord du tube avant étalement sur la gélose.
- La gélose estensemencée sur sa totalité en faisant tourner la boîte de **120°** environ.
- Un temps de séchage de la surface de la géloseensemencée est nécessaire (**5-10min**).
- Dépôt des disques d'antibiotiques à l'aide d'une pince préalablement flambée, en appuyant légèrement (5 disques au maximum séparés de **30 mm** chacun).
- Incuber à **37 °C** Pendant **24h**.

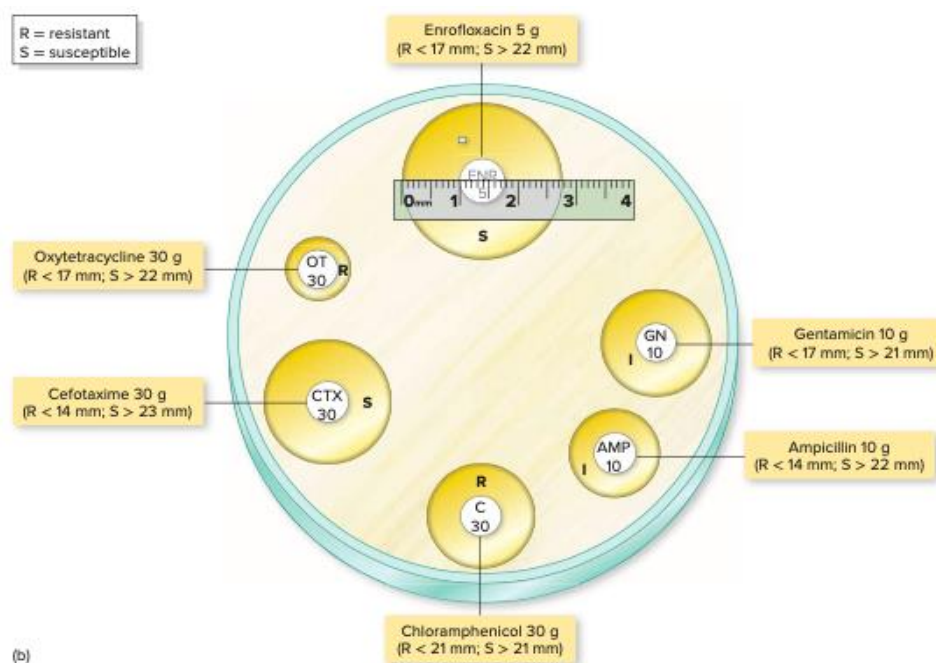
### Lecture

Pour chaque antibiotique, on mesure le diamètre de la zone d'inhibition à l'aide d'un pied à coulisse, au revers de la gélose, et reporter cette mesure sur l'échelle de concordance correspondante.

Les bactéries sont classées dans l'une des catégories R, I, S par la comparaison de la zone d'inhibitions aux valeurs critiques citées dans la standardisation de l'antibiogramme à l'échelle national.

Les trois catégories de sensibilité aux antimicrobiens (Fig. 11) sont définies comme suit :

- **(S)** : La souche testée est sensible à cet antibiotique.
- **(R)** : La souche testée est résistante à cet antibiotique.
- **(I)** : La souche testée est classée dans la catégorie intermédiaire de cet antibiotique



**Figure 11 :** La méthode d'interprétation d'un antibiogramme sur milieu solide  
(Cowan et Smith, 2018).

### - Souches de références

Afin de valider nos résultats, nous les avons comparés avec le résultat de l'antibiogramme des souches de références (Tableau VII) de provenance du CHU Hassiba Ben Bouali Blida

**Tableau VII :** Les souches de références maniées durant l'étude.

| Souches                       | Référence  |
|-------------------------------|------------|
| <i>Escherichia coli</i>       | ATCC 25922 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | ATCC 27853 |

Un schéma récapitulatif de l'identification des coliformes et des entérocoques est représenté dans la figure 39 de l'annexe H.

### - Indice MAR (Multiple Antibiotic Resistance)

L'indice MAR est un outil d'analyse des risques pour la santé et est utile pour vérifier la propagation de la résistance bactérienne dans une population donnée où il existe une résistance à plus de trois antibiotiques (Ajay et Sandhya, 2013).

D'après **Osundiya et al., (2013)**, l'indice MAR de **Krumperman ,(1983)** est calculé selon la méthode suivante :

Si l'indexation est appliquée à un échantillon à partir duquel plusieurs isolats ont été prélevés, l'indice de l'échantillon serait :

$$\text{Indice MAR} = \frac{a}{b}$$

- **a** : le nombre total des antibiotiques auxquels les isolats de l'échantillon sont résistants.
- **b** : Le nombre d'antibiotiques testé.

### I.3.3. Méthodes physico-chimiques

#### I.3.3.1. Les paramètres physiques

##### **Température sur terrain**

La mesure de la température de l'eau est prise au moment du prélèvement par un thermomètre.

##### **Expression des résultats**

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

##### **Potentiel d'hydrogène (pH) (NA 751)**

##### **Principe**

La mesure du pH d'une solution est effectuée par la mesure d'un potentiel d'une électrode à hydrogène du pH mètre (**Starter 3100**) plongée dans la solution.

##### **Mode opératoire**

- On prend **100 ml** de l'échantillon dans un bécher.
- On trempe l'électrode, on laisse stabiliser et on note le pH.

##### **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur du pH.

##### **Mesure de la conductivité électrique (NA 749, ISO 7888 )**

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration et la nature des ions ainsi que de la température et de la viscosité de la solution.

### Principe

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de **1 cm<sup>2</sup>** de surface et séparées l'une de l'autre de **1 cm**, elle est l'inverse de la résistivité électrique.

### Mode opératoire

- L'électrode du conductimètre (**HACH senSion 7**), est trempée directement dans la bouteille d'eau à analyser ;
- On appuie sur la touche READ et la valeur s'affiche sur l'écran.

### Expression des résultats

L'unité de la conductivité électrique est exprimée en micro-Siemens par centimètre (**μS/cm**).

### Salinité et le Taux des sels dissous (TDS)

#### Principe

Avec le même conductimètre (**HACH senSion 7**) on mesure la salinité et le TDS.

#### Mode opératoire

- On appuie sur la touche TDS et SAL et leurs valeurs s'afficheront sur l'écran.

#### Expression des résultats

La salinité est donnée en ‰ et le TDS en **mg/l**.

### Turbidité (ISO 7027)

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute, elle est causée par ces dernières comme le limon, l'argile et les algues ...etc.

#### Principe

La longueur d'onde de la radiation incidente est de **860 nm** comme recommandé dans la méthode **ISO 7027** et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière avec le turbidimètre (**HACH TL2300**).

#### Mode opératoire

- La cuve de la mesure doit être sèche et propre avant chaque utilisation, et préalablement rincée avec l'échantillon à analyser avant la mesure,
- L'échantillon est conservé à température ambiante et homogénéisé,
- On remplit la cuve tout en évitant les bulles d'air, et on insère la cuve dans le puits de mesure du turbidimètre (**HACH TL2300**),



- On ferme le capot de l'appareil, on appuie sur la touche MESURE puis on lit la valeur.

### Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en **NTU** (Nephelometric Turbidity Units).

### I.3.3.2. Paramètres chimiques de pollution



#### Dosage de l'ammonium (ISO 7150/1)

##### Principe

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

##### Mode opératoire

- On prélève **40 ml** d'échantillon à analyser, et on ajoute dans l'ordre :
- **4 ml** du réactif coloré homogénéisé ;
- **4 ml** du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et on homogénéise. Après au moins **1h** (pour permettre le développement de la couleur) ; on effectue les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de **655 nm**.

##### Expression des résultats

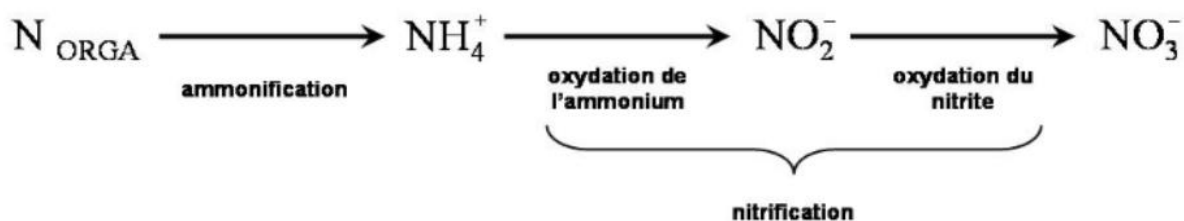
Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.



#### Dosage du nitrite (ISO 6777 NA 1657, ISO 5667)

##### Principe

C'est la réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH **1,9** avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide).



##### Mode opératoire

- On introduit **50 ml** d'échantillon dans une fiole de **100ml**.

- On ajoute **1 ml** du réactif mixte (a) et on attend **20 mn**, après l'apparition de la coloration rose on mesure à la longueur d'onde **540 nm**.

### Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.

### Dosage du nitrate (Rodier, 2009 ; Afnor T90-012)

#### Principe

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

#### Mode opératoire

- On introduit **10 ml** d'eau à analyser.
- On ajoute 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à **30%** et **1 ml** de solution de Salicylate de sodium à **0.5 %**.
- On évapore à sec à l'étuve à **75 - 88°C**.
- On prend le résidu avec **2 ml** d'acide sulfurique concentré et on laisse reposer **10 min**.
- On ajoute **15 ml** d'eau distillée et **15 ml** de tartrate double de sodium et de potassium.
- On fait la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de **415 nm**.

#### Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.

### Détermination du Phosphore ( NA 2364 , ISO 6878/1)

#### - Dosage de l'orthophosphate

#### Principe

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

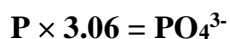
#### Mode opératoire

- On introduit **40 ml** d'échantillon dans une fiole jaugé de **50 ml**.
- On ajoute **1 ml** d'acide ascorbique et **2 ml** de réactif mélange et on attend **10 min** pour le développement de la couleur bleu puis on complète le volume avec de l'eau distillée.
- Après l'apparition de la coloration bleue de l'échantillon, on l'introduit dans le spectrophotomètre (**DR6000**) entre la longueur d'onde **700 nm** et **880nm**.

#### Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.

Le phosphore est mesuré à l'aide de la formule suivante :



### Dosage du sulfate (ISO 5667, Rodier et al, 1996).

#### Principe

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



#### Mode opératoire

- On introduit **50 ml** d'échantillon dans une fiole jaugée de **100 ml**.
- On dépose la fiole sur l'agitateur magnétique (**MS15**), on ajoute **5ml** de solution stabilisante et **1 ml** de HCl et on attend **15 min**.
- Après l'apparition d'un trouble on introduit les échantillons dans le spectrophotomètre (**DR6000**) à la longueur d'ondes **420nm**.

#### Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.

### Dosage du fer (ISO 6332)

#### Principe

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a l'échantillon et mesure photométrique du complexe rouge- orange. Le complexe fer II- phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de **2.5** à **9** et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

#### Mode opératoire

- On prend **50 ml** de l'échantillon dans une fiole de **100 ml**, on ajoute **1 ml** de la solution chlorhydrate hydroxylamine, on mélange soigneusement et on ajoute **2 ml** du tampon acétate pour obtenir un pH entre **3.5** et **5.5** (de préférence **4.5**).
- On ajoute **2 ml** de la solution phénantroline-1.10 et on conserve pendant **15 min** à l'obscurité.
- On mesure l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre à **510 nm**.

#### Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre (**DR6000**) en **mg/l**.

### Dosage du chlorure (Méthode de MOHR) (ISO 9297 – NA 6917)

#### Principe

C'est la réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement par l'addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

### Mode opératoire

- On introduit **100 ml** de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bécher conique, placé sur un fond blanc.
- On ajoute **1 ml** d'indicateur de chromate de potassium et on titre la solution par l'addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre.
- Après addition d'une goutte de solution de chlorure de sodium cette coloration doit disparaître.

### Expression des résultats

La concentration en chlorure  $P_{Cl}$  exprimée en **mg/l** est donnée par la formule suivante :

$$P_{Cl} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} \quad C f$$

Où

**$P_{Cl}$**  : La concentration de chlorure en **mg/l**.

**$V_a$**  : Le volume, en ml de l'échantillon pour essai (maximum **100 ml** ; les dilutions doivent être prises en compte).

**$V_b$**  : Le volume, en ml de la solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

**$V_s$**  : Le volume, en ml de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

**$C$**  : La concentration réelle exprimée en moles d' $AgNO_3$  par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

**$f$**  : Le facteur de conversion  **$f=35453$  mg/mol**

### **Titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) (NF T90-036)**

#### Principe

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH **8.3** et **4.3**, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

#### Mode opératoire

- On trempe l'électrode d'un pH mètre dans **100 ml** de solution.
- On amène l'eau à analyser au pH **4.3** ; soit  $V_2$  le volume total d'acide employé.

- Si le pH est supérieur à **8.3** on verse lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur, et on note le volume  $V_1$  lu à la burette graduée.

### Expression des résultats

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) exprimés en **mg/l** sont donnés respectivement par les expressions suivantes :

$$\text{TA} = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$\text{TAC} = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

$$\text{Masse molaire des bicarbonates} = \mathbf{61\text{mg}}$$

$$\text{Masse molaire des carbonates} = \mathbf{60\text{mg}}$$

Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$\text{TA} = \mathbf{0} \text{ et } \text{TAC} = (\text{HCO}^-) \text{ mg/l} = V_1 \times \mathbf{61}.$$

Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$$\text{TA} = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2.$$

$$\text{TAC} = (\text{HCO}^-) \text{ mg/l} + 2\text{TA}.$$

Où :

**V** : Le volume en millilitres, de la prise d'essai **100 ml**.

**V<sub>1</sub>** : Le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à **0,01 N** versé de la burette.

**V<sub>2</sub>** : Le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

**N** : La normalité de la solution d'acide chlorhydrique = **0.01 N**.

### Dosage du calcium (ISO 6058)

#### Principe

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

#### Mode opératoire

##### ➤ Dosage

- On prélève **50 ml** de l'échantillon, on ajoute **2 ml** de la solution d'hydroxyde **2 N** et une pincée d'indicateur (Murexide).
- On homogénéise et on titre avec la solution d'EDTA, en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

### Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en **mg/l**, est donnée par l'équation :

$$C_a = \frac{C_1 \times V_1 \times A}{V_0} * F_c * 1000 * F$$

**C<sub>1</sub>** : Concentration, exprimée en **mol/l**, de la solution EDTA (**0,01**).

**V<sub>0</sub>** : Le volume, en ml, de la prise d'essai, soit **50 ml**.

**V<sub>1</sub>** : Le volume, en ml, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

**A** : La masse atomique du calcium (**40,08 g**)

**F<sub>c</sub>** : Facteur de correction du titre.

**F** : Facteur de dilution.

### Dosage du calcium et magnésium (ISO 6059)

#### Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de **10**, l'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium, lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

#### Mode opératoire

##### ➤ Dosage

- On prélève **50 ml** de l'échantillon, on ajoute **4 ml** de la solution tampon et une pincée de l'indicateur NET et on homogénéise, la solution doit se colorer en rose.
- On titre immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu.

#### Expression des résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium ( $Ca^{3+} Mg^{2+}$ ), exprimée en °F, est donnée par la formule :

$$TH = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Où:

**TH** : Dureté exprimée en °F.

**V<sub>2</sub>** : Le volume en **ml** de l'échantillon dosé.

**F** : Facteur de dilution.

### + Détermination des résidus secs (NA 6945 –ISO 5667)

#### Principe

Évaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

#### Mode opératoire

- On nettoie la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) dilués au dixième environ, puis à l'eau distillée, on la sèche par passage à l'étuve, puis on place dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et on pèse à l'aide d'une balance de précision (**SHIMADZU AUW320**), soit **M0** la masse de la capsule vide.
- On évapore **100 ml** d'eau homogénéisée dans une capsule placée à **100-105 °C** dans l'étuve (**BINDER**).
- On la place ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ.
- On pèse le résidu desséché, soit **M1** la masse de la capsule avec le résidu sec.

#### Expression des résultats

Soient :

$$(M1-M0)*1000/V$$

**V** : Le volume en **ml** de l'échantillon, **M0** la masse en **mg** de la capsule vide.

**M1** : La masse en **mg** de la capsule et de son contenu après étuvage à **100-105°C**.

Le résidu sec à **100-105°C** est exprimé en **mg/l**.

## I.4. Analyse des faciès chimique des eaux de source

Il existe plusieurs représentations graphiques de la teneur en ions dans les eaux, les deux les plus classiques étant celle de Piper (1944) et celle de Schoeller - Berkloff (1955) (Atteia, 2015).

### I.4.1. Diagramme de Piper

Il représente les proportions des ions majeurs dans une eau. La composition de l'eau est représentée dans des diagrammes ternaires, un pour les anions et un pour les cations, les pôles sont Ca, Mg, Na<sup>+</sup>K pour les cations et Cl<sup>-</sup>NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> pour les anions (Fig.12). Les 2 diagrammes sont projetés dans un losange, dans lequel on a défini des airs qui correspondent à chaque type d'eau. Ce diagramme est pratique car il permet de déterminer la typologie d'une eau et de représenter de nombreux points sur un même diagramme (Atteia, 2015).

### I.4.2. Diagramme de Schoeller- Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet de représenter la concentration de chaque ion par un point sur un axe logarithmique verticale, les ions étant reliés par une ligne qui représente l'échantillon. L'ordre des ions sur l'axe des abscisses étant défini (Ca, Mg, Na<sup>+</sup>K, Cl+NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>), la forme de la ligne permet de reconnaître le type d'eau (Fig. 13). Il permet de visualiser la minéralisation de l'échantillon et la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Si les concentrations sont identiques, on trouve une superposition des droites obtenues et dans le cas contraire, on remarque un décalage relatif de ces dernières (Atteia, 2015 ; Khechana et Derradji, 2014).

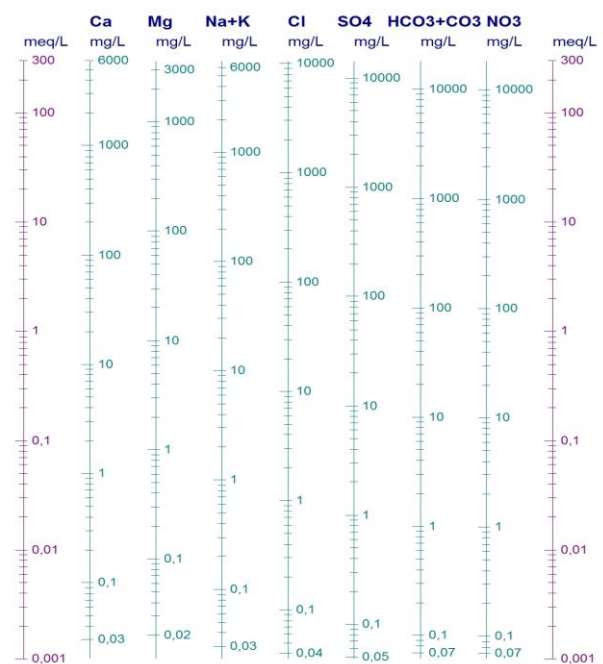
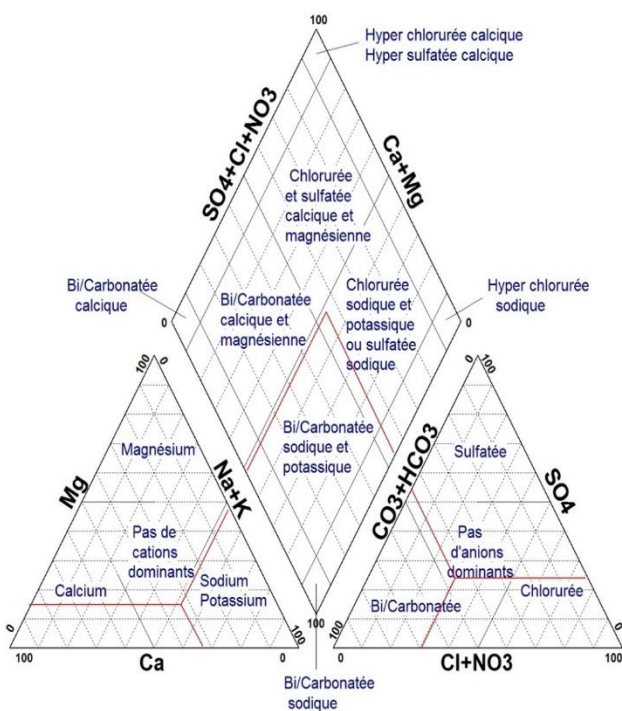


Figure 12: Diagramme de Piper (Stimler, 2007).

Figure 13 : Diagramme de Scholler-Berkaloff (Stimler, 2007).

### I.5. Analyses statistiques

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de graphes, tableaux et de statistiques réalisés par le logiciel EXCEL 2020 version 16.39.



## II. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses bactériologiques et physicochimiques sont mentionnés dans les tableaux XV, XVI et XVII dans l'annexe B. Ces derniers sont comparés aux exigences de la réglementation Algérienne (JORADP, 2017) pour les paramètres bactériologiques, (JORADP, 2006) pour les paramètres physico-chimiques ainsi qu'aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2007) et de l'Union Européenne (Directive 98/83/CE) (Tableau XVIII, Annexe B)

### II.1. Paramètres bactériologiques

#### Coliformes totaux (CT)

Les résultats de la recherche des coliformes totaux dans les échantillons d'eau de sources étudiées sont représentés dans la figure n°14.

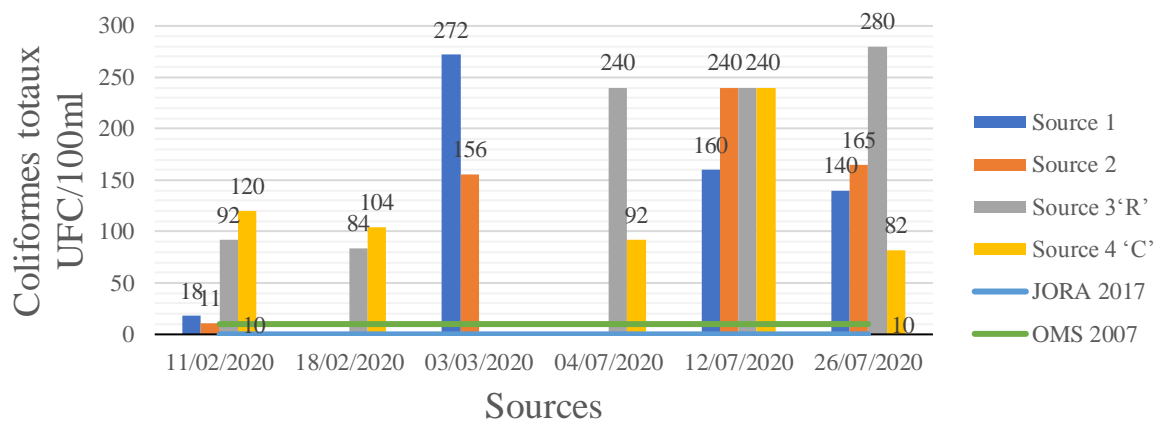


Figure 14 : Résultats des coliformes totaux enregistrés durant l'étude.

Les résultats révèlent la présence d'une charge importante des CT dans les eaux des quatre sources. Cette charge, diffère d'une source à une autre. La source 1 est la plus contaminée, suivit par la source 2 puis la source 3 et enfin la source 4 avec des moyennes de **187,2 UFC/ 100 ml**, **147,5 UFC/100ml**, **143 UFC/100ml** et **127,6 UFC/100ml** respectivement.

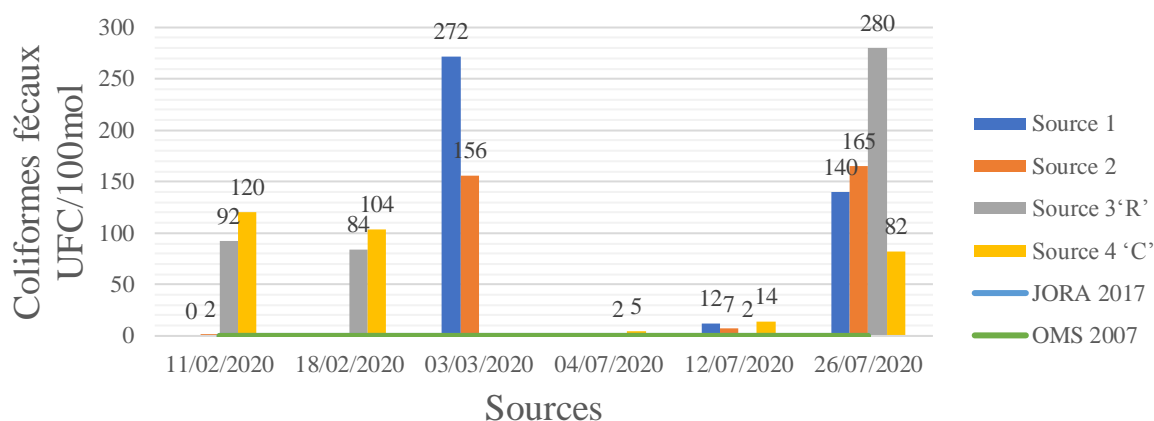
La charge des CT au niveau des sources étudiées atteint une valeur maximale de **280 UFC/100ml** au niveau de la source 3 et ceci à la fin du mois de juillet alors que la valeur minimale de **11 UFC/100ml** est enregistrée au niveau la source 2 tout au début de notre étude, au mois de Février. Les valeurs enregistrées sont non conformes à la réglementation **Algérienne 2017 (0 UFC/250ml)** et aux recommandations de **l'OMS 2007 (10 UFC/100ml)** ce qui signifie que ces eaux de sources sont de mauvaise qualité bactériologique.

Les résultats obtenus peuvent être expliqués par les rejets issus des travaux toujours en cours et la fréquentation régulière des touristes. D'après **Odell, (2011)** et **Legube, (2015)**, ces

micro-organismes indiquent des problèmes de la qualité bactérienne et peuvent induire des problèmes de qualité organoleptique.

### Coliformes fécaux (CF)

Les résultats de la recherche des coliformes fécaux dans les échantillons d'eau de sources étudiées sont représentés dans la figure n°15.



**Figure 15 :** Résultats des coliformes fécaux enregistrés durant l'étude.

Les résultats révèlent la présence des CF au niveau des eaux des quatre sources où la source 1 est la plus contaminée suivie par la source 3 puis la source 2 et en dernier la source 4 avec les moyennes de **106 UFC/100ml**, **92 UFC/100ml**, **82,5 UFC/100ml** et **65 UFC/100 ml** respectivement. Durant la période du début et mi-juillet la charge des CF a fortement diminué et c'est probablement grâce au confinement exigé par le gouvernement en raison de la pandémie de covid19.

La valeur maximale est de **280 UFC/100 ml** dans la source 3. Ceci est peut-être dû aux pratiques anthropiques liées aux rejets des bases de vie, les aires de loisirs ainsi que l'activité agricole avoisinante. A l'addition des hautes températures enregistrées durant les deux périodes (**Accuweather, 2020**) car une température élevée favorise la prolifération de ce groupe de bactéries thermo-tolérant (**Boyd, 2015**).

Pour la période estivale, on note une élévation de la charge dans l'ensemble des sources entre le début et la fin du mois de Juillet. Cette hausse est un indice d'une contamination fécale récente juste avant le prélèvement du **26/07/2020**.

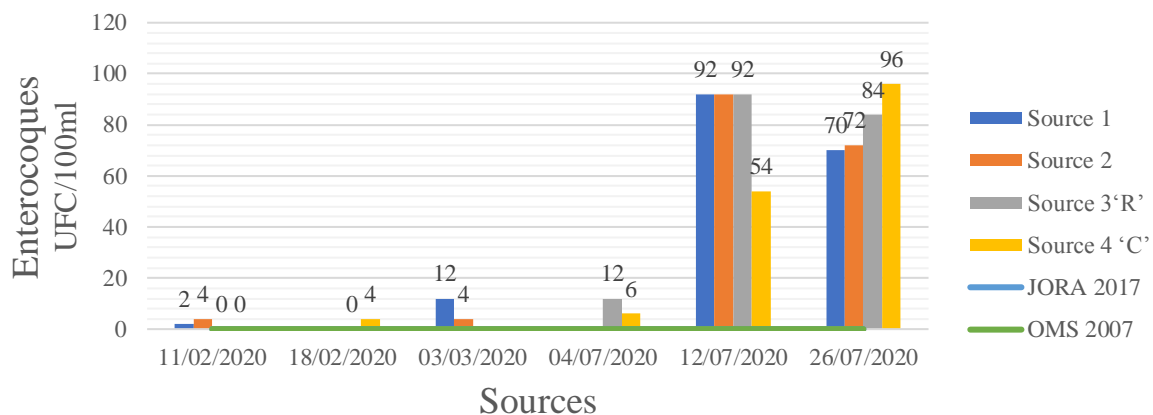
Un nombre de 17 analyses (**94,4%** des analyses) parmi les 18 analyses effectuées sont non conformes aux exigences de la réglementation **Algérienne 2017 (0 UFC/250ml)** et aux recommandations de l'**OMS 2007 (0 UFC/100ml)** ce qui signifie que cette eau n'est pas de bonne qualité bactériologique, et qu'une contamination fécale non lointaine est soupçonnée.

Nos résultats sont semblables à ceux de **Aouissi, (2010)** dont les sources étudiées sont dans la région de Guelma (Nord-Est Algérien) alors que les résultats obtenus par **Sari, (2014)** concernant la source Attar à Tlemcen (Nord-Ouest Algérien) montrent qu'elle est propre à la consommation.

Certaines espèces sont pathogènes, notamment *E. coli* (exclusivement d'origine fécale) dont certaines souches peuvent provoquer des troubles intestinaux (gastroentérites), voire des épidémies graves (dysenterie) (**Legube, 2015**).

### ✚ Entérocoques

Les résultats de la recherche des entérocoques dans les échantillons d'eau de sources étudiées sont représentés dans la figure n° 16.



**Figure 16 :** Résultats de dénombrement des entérocoques durant la période d'étude.

Nous constatons que la présence des entérocoques durant le mois de Février, Mars et début Juillet est faible, alors que pour les deux derniers prélèvements (mi et fin Juillet) le taux de ce groupe a connu une montée remarquable.

Les résultats indiquent que la source 1 est la plus contaminée puis vient la source 2 après la source 3 et enfin la source 4 avec une moyenne de **44 UFC/100ml, 43 UFC/100 ml, 37,6 UFC/100ml et 32 UFC/100 ml** respectivement. La valeur maximale enregistrée pour les entérocoques est de **96 UFC/100ml** dans les eaux de la source 4.

**88,9%** des échantillons analysés dépassent les valeurs guide fixées par la réglementation **Algérienne 2017 (0 UFC/250 ml)** et les recommandations de l'**OMS 2007 (0 UFC/100ml)**, ce qui indique que cette eau est de mauvaise qualité et témoigne d'une contamination fécale récente qui serait probablement dû aux rejets des différents secteurs de la région (élevage des animaux, activités agricoles, fréquentation touristique des sources...etc.).

Nos résultats concordent avec ceux de **Aouissi, (2010)** dans la région de Guelma (Nord-Est Algérien).

Les entérocoques sont responsables d'infections urinaires hautes ou basses et d'endocardites infectieuses subaiguës touchant préférentiellement le sujet âgé avec une porte d'entrée digestive ou urinaire (**Reissier, 2016**).

### **Salmonella**

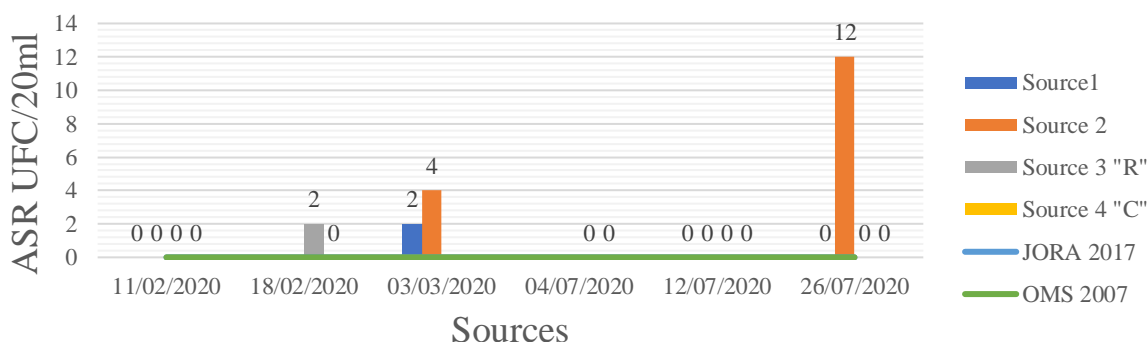
Il en ressort dans cette étude une absence totale en *S. typhi* et *S. paratyphi* au sein des quatre sources pour les mois de Février, Mars et Juillet (Tableau XI, Annexe B) mais également l'identification de l'espèce *S. pullorum* le **04/07/2020** au niveau de la source 4 et qui selon **Moutaouakkil et al., (2017)**, c'est une espèce qui possède un tropisme restreint au volaille. Il s'agit essentiellement d'un pathogène opportuniste chez les patients immunodéprimés mais les cas d'infection à cette espèce sont très rares. De ce fait, nous pouvons qualifier cette eau d'impropre à la consommation humaine ni animal car la réglementation **Algérienne 2017** et les recommandations de l'**OMS 2007** ne tolèrent aucune espèce de ce genre.

### **Vibrio Cholerae**

Les résultats des analyses des 4 sources étudiées témoignent de l'absence totale de l'espèce *V. Cholerae* pendant toute la période d'analyse (Tableau XVI, Annexe B). On rappelle que les recommandations de l'**OMS 2007** concernant *V. Cholerae* exigent l'absence totale de cette espèce dans l'eau potable.

### **Spores Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR)**

Les résultats de l'analyse des ASR dans les échantillons d'eau de sources étudiées sont représentés dans la figure n° 17.



**Figure 17** : Résultats des ASR enregistrés durant l'étude.

Les résultats obtenus indiquent la détection des ASR dans les trois sources 1, 2 et 3. La valeur maximale atteint **12 spores/20 ml** en fin Juillet au niveau de la source 2, cela peut être dû à un lessivage de la terre en amont du point de prélèvement car un trouble notable est signalé dans l'échantillon du **26/07/2020**. On note l'absence des ASR dans plusieurs échantillons et durant l'étude et ce pour les quatre sources. Suivant la réglementation **Algérienne 2017** et les recommandations de **l'OMS 2007** qui exigent l'absence totale de ces spores dans les eaux de source et l'eau potable, nous concluons que les sources sont non conformes aux valeurs guide mentionnées précédemment.

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale, la forme spore permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (**Rodier et al., 2009**).

### ***Pseudomonas aeruginosa* ou bacille pyocyanique**

La présence de *Pseudomonas aeruginosa* est signalée dans les eaux de la source 2 détecté le **12/07/2020**, alors qu'elle est absente pendant toute la durée de l'étude dans les échantillons des autres sources (Tableau XVI, Annexe B). De ce fait, nous pouvons conclure que, pour ce critère, la source **2** ne respecte pas les limites fixées par la réglementation **Algérienne 2017** et à ceux de l'**Union Européenne (Directive 98/83/CE) (0 UFC/250ml)**.

Selon **Courseau et al., (2016)**, *Pseudomonas aeruginosa* est un pathogène redoutable chez les immunodéprimés car il peut causer des infections pulmonaires, urinaires, bactériémies ...etc, et qui peut pénétrer par voie cutanéomuqueuse, oro-digestive et rarement par voie respiratoire.

## **II.2. Identification des espèces**

### **Résultats de l'identification par galerie biochimique**

Les résultats des galeries biochimiques API 20E nous ont permis d'identifier **15** souches bactériennes (Tableau VIII), (Tableau XIX, Annexe B).

- Les espèces appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* : *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Cronobacter sakazakii*, *Serratia odorifera*, *S. liquefaciens*, *Raoultella ornithinolytica* et *Salmonella pullorum*,

- Les espèces appartenant à la famille des *Aeromonaceae* : *Aeromonas hydrophila*,

- Les espèces appartenant à la famille des *Viobriaceae* : *Vibrio alginolyticus* et

*V. fluvialis*,

## RESULTATS ET DISCUSSION

- Les espèces appartenant à la famille des *Pseudomonadaceae* : *Pseudomonas aeruginosa*.

Les espèces *Serratia odorifera*, *Citrobacter freundii* et *Aeromonas hydrophila* ont été également identifiées par **Aouissi, (2010)** à Guelma (Nord-Est Algérien).

**Tableau VIII:** Résultats de l'identification biochimique par la galerie API20E.

| Sources   | Espèces identifiées               | Dates de prélèvement |
|-----------|-----------------------------------|----------------------|
| Source 1  | <i>E. coli</i>                    | 03/03/2020           |
|           | <i>Citrobacter freundii</i>       | 03/03/2020           |
|           | <i>Raoultella ornithinolytica</i> | 12/07/2020           |
|           | <i>Vibrio fluvialis</i>           | 26/07/2020           |
|           | <i>Serratia odorifera</i>         | 26/07/2020           |
| Source 2  | <i>Serratia liquefaciens</i>      | 03/03/2020           |
|           | <i>P. aeruginosa</i>              | 12/07/2020           |
|           | <i>V. alginolyticus</i>           | 26/07/2020           |
| Source 3  | <i>Raoultella ornithinolytica</i> | 18/02/2020           |
|           | <i>E.coli 1</i>                   | 04/07/2020           |
|           | <i>E.coli 2</i>                   | 12/07/2020           |
|           | <i>Aeromonas hydrophila</i>       | 26/07/2020           |
| Sources 4 | <i>Cronobacter sakazakii</i>      | 18/02/2020           |
|           | <i>S. pullorum</i>                | 04/07/2020           |
|           | <i>Aeromonas hydrophila</i>       | 26/07/2020           |

L'ordre des *Enterobacteriales* est composé **11** genres responsables de la majorité des infections cliniques. Il s'agit notamment de *Citrobacter*, *Cronobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Raoultella*, *Salmonella* et *Serratia*. Ces organismes sont connus pour causer les septicémies, les

infections des voies respiratoires et urinaires, les infections de plaies, et la méningite. *P. aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila* et les *Vibrio* non cholériques sont des agents pathogènes humains transmis par diverses voies mais l'eau est souvent la source des infections intestinales et extra intestinales (Maza et al., 2020).

L'ensemble des souches identifiées sont considérées comme des pathogènes avec un degré de virulence allant de très faible (*S. pullorum*, *V. alginolyticus* et *Raoultella ornithinolytica*), faible (*Serratia odorifera* et *Serratia liquefaciens*) à important (*V. fluvialis*, *Citrobacter freundii*, *Aeromonas hydrophila*, *E. coli*, *P. aeruginosa* et *Cronobacter sakazakii*).

### + Résultats de l'identification des entérocoques par des tests complémentaires

Les résultats de l'identification des *Enterococcus* par les tests biochimiques proposés par Maza et al., (2020), montrent la présence de 4 espèces présumées à 32% et à 27% vu la disponibilité de 9 tests sur les 22 tests d'identification (Tableau IX) ( Fig. 33, Annexe B).

**Tableau IX :** Résultats de l'identification biochimique des entérocoques présumés.

| Espèces présumées                    | Provenance | ADH | VP | MAN | SOR | ARA | Mobilité | LAC | ESC | BHIB +6,5 % NaCl |
|--------------------------------------|------------|-----|----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|------------------|
| <i>E.faecium</i><br>(7/22=32%)       | Source 1   | +   | -  | +   | -   | +   | -        | -   | +   | +                |
| <i>E.casseliflavus</i><br>(7/22=32%) | Source 2   | -   | -  | +   | +   | +   | +        | -   | +   | +                |
| <i>E.gallinarum</i><br>(6/22=27%)    | Source 3   | +   | -  | -   | -   | +   | +        | -   | +   | +                |
| <i>E.gallinarum</i><br>(7/22=32%)    | Source 4   | +   | -  | +   | -   | +   | +        | -   | +   | +                |

Selon le même auteur, les membres du genre *Enterococcus* peuvent survivre à des conditions difficiles et sont omniprésents dans le sol, l'eau et les plantes. Ils colonisent principalement le tractus gastro-intestinal et les voies génitales des humains. Il existe actuellement 57 espèces dans ce genre, parmi celles-ci, *E. faecalis* et *E. faecium* sont les espèces les plus communes ainsi que *E. gallinarum* et *E. casseliflavus*.

### II.3. Résultats de l'antibiogramme

Le centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC) en collaboration avec des centres de prévention et de contrôle des maladies (CDC), ont créé une terminologie internationale normalisée pour les bactéries multi-résistantes (MDR), très résistantes aux médicaments (XDR) et pan-résistantes (PDR) et ils ont décrit les profils de résistance acquis chez la famille des *Enterobacteriaceae*.

- **MDR** : Résistant à un agent antibactérien ou plus appartenant à 3 familles d'antibiotiques différentes.
- **XDR** : Résistant à un agent antibactérien ou plus appartenant à toutes les familles d'antibiotiques mentionnés dans **Magiorakos et al., (2011)** (Tableau XXII, Annexe H) sauf deux d'entre elles.
- **PDR** : Résistant à tous les agents antibactériens mentionnés dans **Magiorakos et al., (2011)** également.

Quelques résultats de l'antibiogramme, figure n° 34, sont répertoriés dans l'annexe B.

Les souches testées sont classifiées selon leurs profils d'antibiorésistance en se basant sur les définitions ci-dessus dans le tableau n° X.

**Tableau X:** Classification des souches selon leurs profils d'antibiorésistance.

| Profil d'antibiorésistance | Souches   |
|----------------------------|---|
| <b>MDR</b>                 | <i>Raoultella ornithinolytica</i> (S1), <i>Cronobacter sakazakii</i> (S4), <i>Raoultella ornithinolytica</i> (S3), <i>Escherichia coli</i> (S1), <i>Serratia liquefaciens</i> (S2), <i>E.coli 2</i> (S3), <i>Serratia odorifera</i> . (S1). |
| <b>XDR</b>                 | /   |
| <b>PDR</b>                 | /   |

La détection des MDR dans les eaux de source analysées est éventuellement synonyme d'une grande diffusion des antibactériens ou de leurs métabolites ainsi que les gènes de résistance aux antibiotiques entre les bactéries environnementales.

La standardisation de l'antibiogramme à l'échelon national selon les recommandations de l'OMS (normes NCCLS) a pris effet dès 1997 pour la médecine humaine et 1999 pour la médecine vétérinaire (**Standardisation de l'antibiogramme en médecine vétérinaire à l'échelle nationale, 2005**). Tous les antibiotiques utilisés dans cette étude, sont mentionnés dans la première édition du guide de standardisation de l'antibiogramme en Algérie en 1999 (Tableau XXIV, Annexe H) et donc sont utilisés dans les laboratoires médicaux depuis maintenant 21 ans, sauf le Céfépime. Ces antibactériens sont inefficaces contre les souches



appartenant à la classe des MDR : Ticarcilline-acide clavulanique, Céfazoline et Ampicilline. Cette résistance est le résultat de l'accessibilité relativement aisée aux antibiotiques pour la population et de l'usage fréquent en médecine humaine et vétérinaire.

### **Indice MAR**

Un indice MAR supérieur à **0,2** implique que la souche provient d'un environnement où plusieurs antibiotiques sont utilisés (Ajay et Sandhya, 2013). Les résultats du calcul de l'indice MAR des souches testées sont présentés dans le tableau XI.

**Tableau XI** : Indices MAR des souches testées.

| Souches                                | N° des ATB auxquelles les isolats sont résistants | N° des ATB total testés | Indice MAR |
|--|---|-------------------------|------------|
| <i>Raoultella ornithinolytica</i> (S1) | 6   | 10                      | 0,6        |
| <i>Cronobacter sakazakii</i> (S4)      | 5   | 12                      | 0,4        |
| <i>R. ornithinolytica</i> (S3)         | 6   | 12                      | 0,5        |
| <i>E.coli</i> (S1)                     | 4   | 15                      | 0,2        |
| <i>Serratia liquefaciens</i> (S2)      | 5   | 13                      | 0,3        |
| <i>Citrobacter freundii</i> (S1)       | 2   | 13                      | 0,1        |
| <i>E.coli</i> 1 (S3)                   | 3   | 10                      | 0,3        |
| <i>E.coli</i> 2(S3)                    | 2   | 6                       | 0,3        |
| <i>Serratia odorifera</i> (S1)         | 4   | 9                       | 0,4        |

Nous remarquons que les souches de la classe MDR possèdent des indices MAR qui dépassent le seuil de **0,2** ainsi que la souche *E.coli* 1, indiquant qu'elles proviennent d'une origine de contamination à haut risque où les antibiotiques se sont propagés massivement dans les eaux analysées (Paul et al., 1997), sauf l'indice MAR de la souche *E.coli* (S1) qui est égale

à **0,2** présentant ainsi un risque de contamination faible de même que la souche *Citrobacter freundii*.

Les antibiotiques ont soulevé des préoccupations importantes en tant que polluants émergents en raison de leur consommation croissante, de leur apport persistant et de leurs menaces potentielles pour l'environnement écologique.

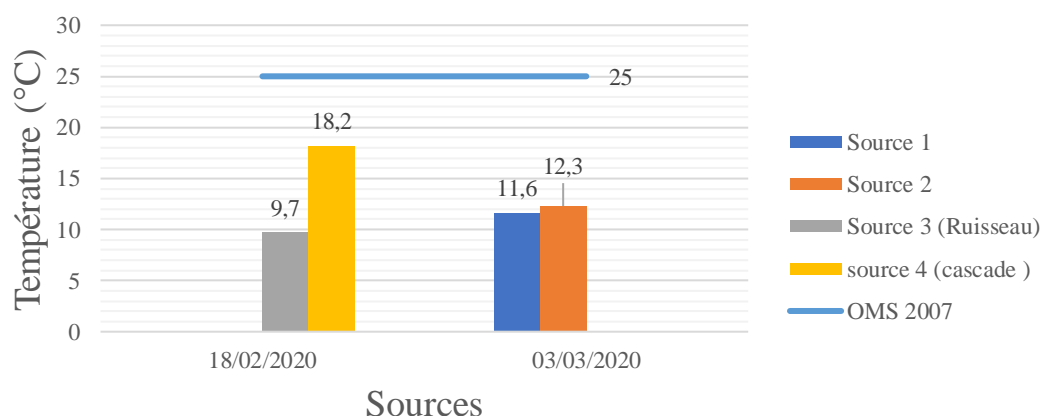
Les bactéries multi-résistantes sont apparues dans les milieux naturels, ce qui suggère que des réservoirs de bactéries résistantes aux antibiotiques sont présents à l'extérieur des établissements dont l'usage d'antibiotiques est fréquent. La réponse bactérienne à l'attaque antibiotique est le meilleur exemple de l'adaptation bactérienne et le summum de l'évolution.

La survie du « plus apte » est une conséquence d'une plasticité génétique immense des pathogènes bactériens qui déclenchent des réponses spécifiques qui aboutissent à des adaptations mutationnelles, à l'acquisition de matériel génétique, ou altération de l'expression des gènes produisant une résistance à pratiquement tous les antibiotiques actuellement disponibles en pratique clinique. La recherche a montré que ces contaminants sont persistants et suffisamment mobiles pour être transportés à partir des eaux usées, de la ferme et effluents agricoles vers les eaux naturelles (Li et al., 2020 ; Munita et Arias, 2015 ; Szekeres et al., 2018). La résistance acquise aux antibiotiques est une source d'échecs thérapeutiques en médecine humaine et vétérinaire. Il est important de surveiller les résistances bactériennes ainsi que les modalités d'utilisation des antibiotiques (Sanders, 2005).

### II.4. Paramètres physico-chimiques

#### Température

Les températures des échantillons d'eau de sources mesurées sur terrain sont représentées dans la figure n° 18.



**Figure 18** : Températures des eaux de source sur terrain enregistrées durant l'étude.

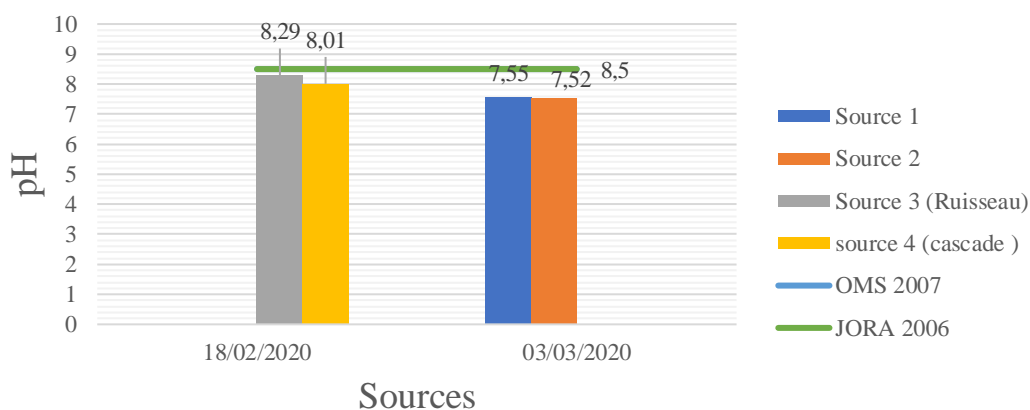
L'ensemble des valeurs obtenues sont conformes aux recommandations de l'**OMS 2007** qui indique une valeur maximale de **25°C**. Selon **Legube, (2015)**, la température des eaux souterraines est comprise entre 12 et **15 °C**, alors que celle des eaux superficielles varie de **2 à 30 °C**.

Les résultats obtenus par **Aouissi, (2010)** montrent que les températures des sources de la région de Guelma (Nord-Est Algérien) oscillent entre **11 et 22°C**. Ces températures sont proches de **25°C** et indiquent une origine peu profonde de l'eau étudiée, alors que ceux de **Sari, (2014)** à Tlemcen (Nord-Ouest Algérien) sont presque constantes (**14 et 16°C**). Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde.

Vue les valeurs de température obtenues, il est plausible que les sources 1, 2 et 3 du présent travail soient, à l'instar de ceux à Tlemcen, issues d'un aquifère relativement profond.

### ✚ Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs de pH des échantillons d'eau de sources mesurées sont représentées dans la figure n°19.



**Figure 19** : pH des eaux de source enregistré durant l'étude.

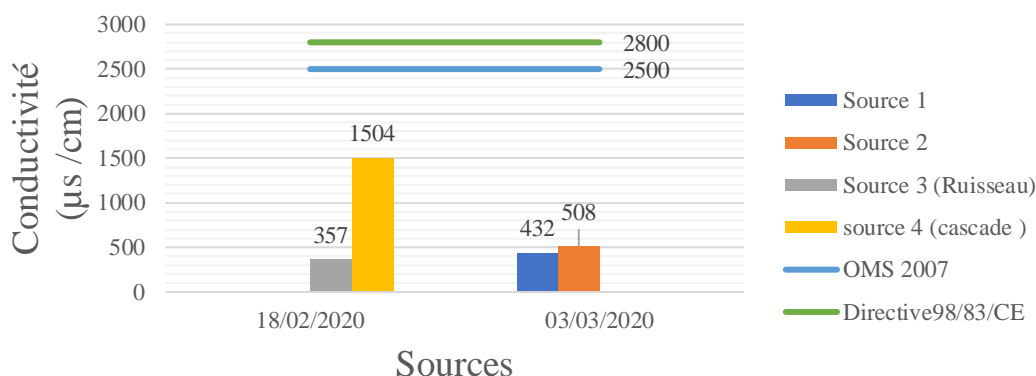
Les valeurs du pH mesurées pour les sources étudiées oscillent entre **7,52** enregistrée au niveau de la source 2 et **8,29** enregistrée au niveau de la source 4, ce qui est considéré comme des résultats conformes aux valeurs guide de la réglementation **Algérienne** et de l'**OMS [6,5 à 8,5]**. Nous déduisons que les eaux analysées peuvent être qualifiées de neutres à peu alcalines.

D'après **Boyd, (2015)**, le pH d'une eau est un facteur déterminant de la qualité de l'eau et plusieurs interactions biochimiques sont liées à ce dernier. Une eau alcaline est riche en carbone inorganique et donc le milieu est favorable pour les organismes aquatiques.

Nos résultats sont semblables à ceux retrouvés par **Douaoui et Khedim, (2018)** dans la région de Zeralda (Nord-Est Algérien) et également ceux d'**Aouissi, (2010)** dans la région de Guelma (Nord-Est Algérien).

### Conductivité électrique

Les résultats de la conductivité électrique des échantillons d'eau de sources mesurée sont représentés dans la figure n° 20.



**Figure 20** : Conductivité électrique des eaux de sources enregistrée durant l'étude.

Les valeurs de la conductivité électrique mesurée pour les sources étudiées oscillent entre **357 µS/cm** enregistrée au niveau de la source 3 et **1504 µS/cm** enregistrée au niveau de la source 4, ce qui est considéré comme des résultats conformes aux valeurs guide de la réglementation **Algérienne 2006 (2800 µS/cm)** et de l'**Union Européenne (Directive 98/83/CE) (2500 µS/cm)**. D'après **Legube, (2015)**, Les sources 1,2 et 3 analysées sont d'une minéralisation moyenne accentuée (**333µS/cm < X < 666µS/cm**) alors que la source 4 est d'une minéralisation très importante (**> 1000µS/cm**) (Tableau XII) ce qui est probablement dû à la richesse des terrains traversés en sels minéraux.

**Tableau XII** : Relations entre la conductivité électrique de l'eau et la minéralisation.

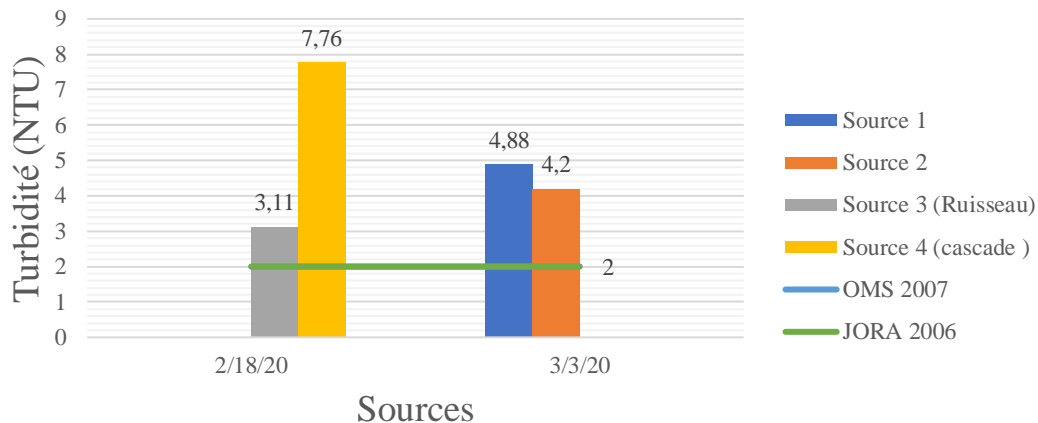
| Conductivité (µS/cm) | Minéralisation    |
|----------------------|-------------------|
| <b>&lt; 100</b>      | Très faible       |
| <b>100 à 180</b>     | Faible            |
| <b>180 à 333</b>     | Moyenne           |
| <b>333 à 666</b>     | Moyenne accentuée |
| <b>666 à 1 000</b>   | Importante        |
| <b>&gt; 1 000</b>    | Très importante   |

(Legube ,2015).

Selon le même auteur, la teneur importante en ions dissous dans les eaux naturelles favorise sa conductance ou chaque minéral à une solubilité donnée en fonction de la température, du pH, de la concentration du CO<sub>2</sub> et de la concentration d'oxygène dissous de l'eau avec laquelle elle est en contact.

### Turbidité

Les résultats de la turbidité des échantillons d'eau de sources mesurée sont représentés dans la figure n° 21.



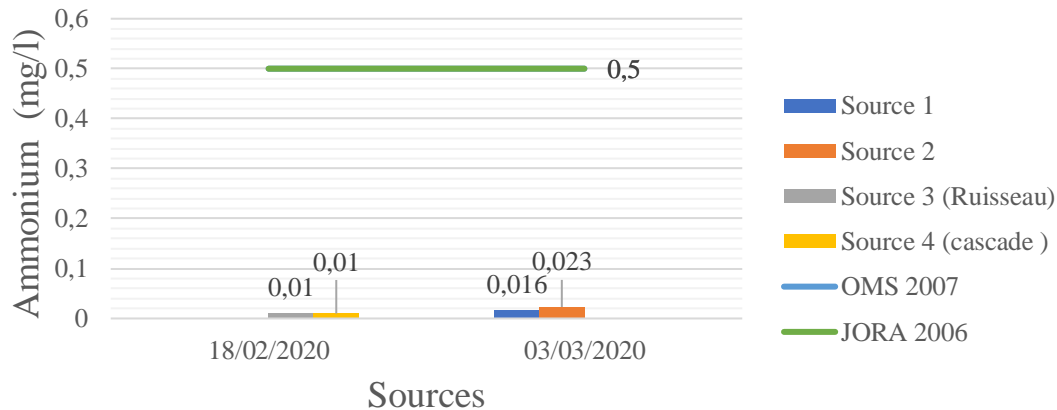
**Figure 21** : Turbidité des eaux de sources enregistrée durant l'étude.

Nous remarquons que les résultats de la turbidité mesurée des sources étudiées varient entre **3,11 NTU** enregistré au niveau de la source 3 et **7,76 NTU** enregistré au niveau de la source 4, ce qui est considéré comme des valeurs non conformes aux exigences de la réglementation **Algérienne 2006** ainsi que ceux de **l'OMS 2007 (2 NTU/JTU)**. La turbidité élevée détectée est probablement d'origine anthropique tel que les industries, le lessivage des zones urbaines, les rejets de stations d'épuration, ou bien naturelle.

Selon **Roberts Alley et al., (2007)**, la turbidité dans l'eau peut être causée par des matières en suspension comme l'argile, la matière organique ou les matières inorganiques dissoutes. Les particules en suspension peuvent être éliminées par décantation ou par filtration.

## Ammonium

Les résultats du dosage de l'ammonium au niveau des échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 22.



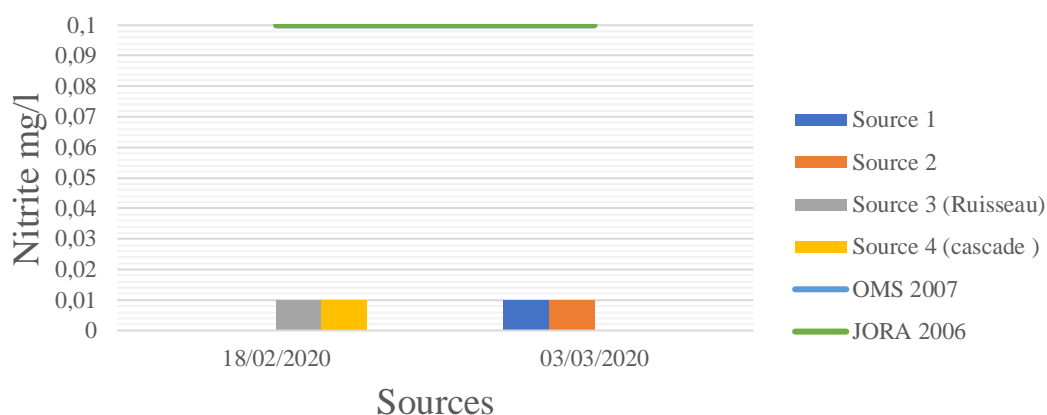
**Figure 22** : Résultats du dosage d'ammonium enregistrés durant l'étude.

En se basant sur la réglementation **Algérienne 2006** et sur les recommandations de l'**OMS 2007** qui indiquent que l'ammonium ne doit pas dépasser le seuil de **0,5 mg/l**, les sources étudiées respectent ces indications car tous les échantillons analysés ne dépassent pas la valeur **0,023 mg/l** enregistrée au sein de la source 2. Ces teneurs sont semblables à ceux trouvées par **Sari, (2014)** à Tlemcen (Nord-Ouest Algérien) et également à ceux de **Douaoui et Khedim, (2018)** dans la région de Zeralda (Nord-Est Algérien).

Selon **Legube, (2015)** et **Roberts Alley et al., (2007)**, l'azote ammoniacal dans les eaux naturelles est issu de la dégradation incomplète des matières organiques naturelles ou anthropiques (lisiers, matières organiques protéinées diverses), des usages agricoles (engrais) ou encore des rejets d'eaux usées épurées ou non et il est signalé généralement à un pH supérieur à **7,0**.

## Nitrite

Les résultats du dosage du nitrite dans les échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 23.



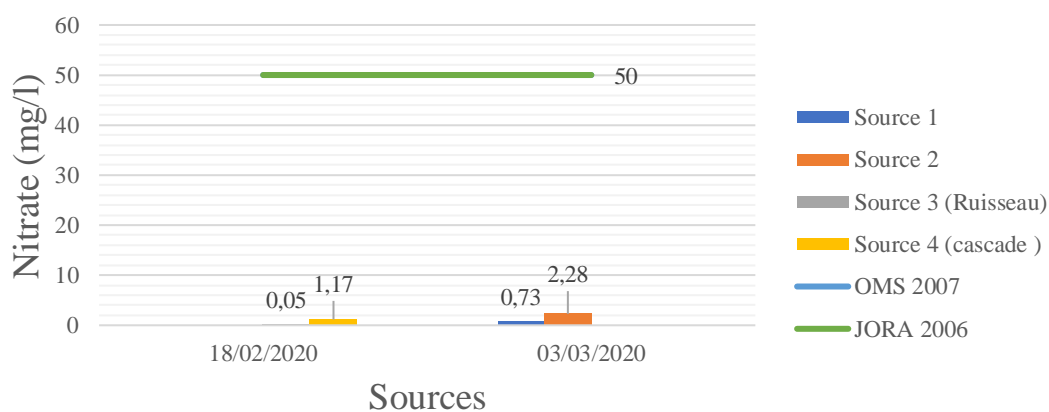
**Figure 23** : Résultats du dosage du nitrite enregistrés durant l'étude.

Les résultats d'analyse des sources montrent une absence quasi totale du nitrite avec une teneur de **0,01 mg/l** dans les quatre sources ce qui est au-dessous du seuil indiqué par la réglementation **Algérienne 2006** et celui de l'**OMS 2007 (0,1 mg/l)**.

D'après **Legube, (2015)**, la présence des concentrations élevées en nitrite dans les eaux en milieu acide aide à former les nitrosamines connus pour leur pouvoir cancérigène.

## Nitrate

Les résultats du dosage du nitrate dans les échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 24.



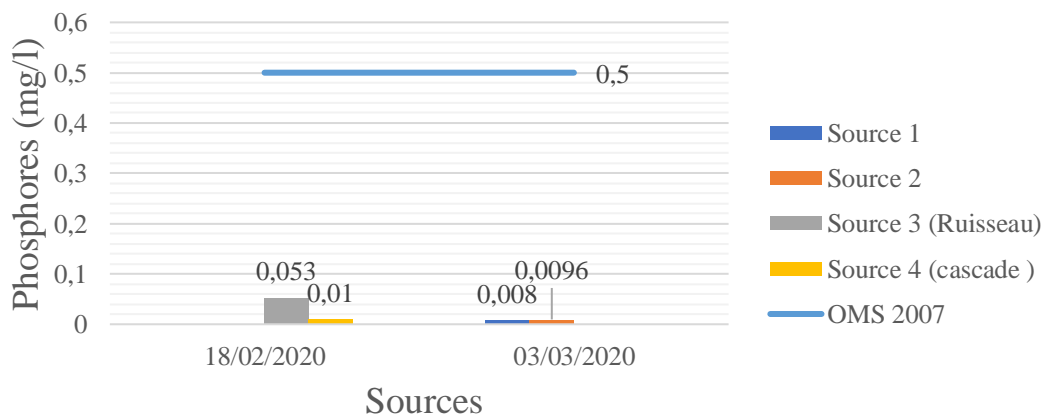
**Figure 24** : Résultats du dosage du nitrate enregistrés durant l'étude.

Les résultats expriment des teneurs très faibles en nitrate, par conséquent, les sources étudiées ne dépassent pas le seuil de **50mg/l** fixé par la réglementation **Algérienne 2006** et les recommandations de l'**OMS 2007**.

Le nitrate est l'un des principaux anions dans les eaux naturelles, et les concentrations peuvent être considérablement élevées en raison de la lixiviation de l'azote provenant des engrais agricoles, des parcs d'engraissement et des fosses septiques (**Edzwald, 2011**).

### Phosphore

Les résultats du dosage du phosphore au niveau des échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 25.



**Figure 25** : Résultats du dosage du phosphore enregistrés durant l'étude.

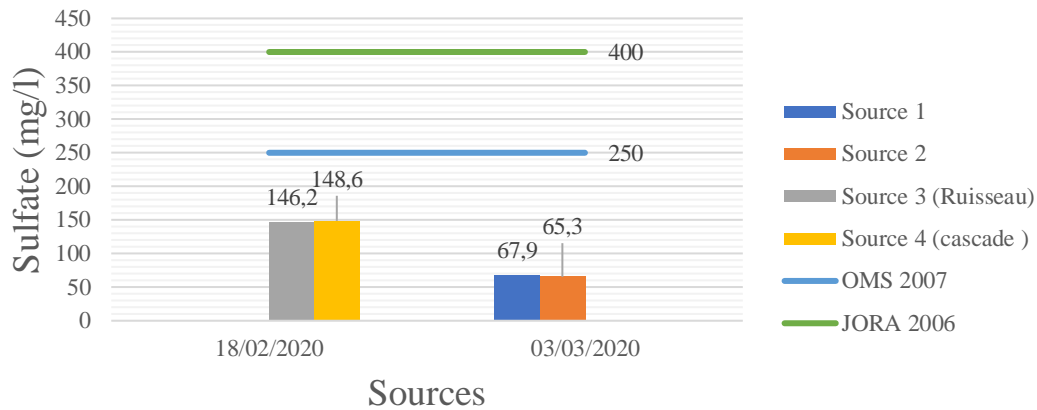
Suivant les recommandations de l'**OMS 2007** qui déterminent le seuil de **0,5 mg/l**, l'ensemble des sources sont conformes à ces derniers.

Nos résultats sont similaires à ceux de **Sari, (2014)** à Tlemcen (Nord-Ouest Algérien), et également à ceux de **Douaoui et Khedim, (2018)** dans la région de Zeralda (Nord-Est Algérien).



**Sulfate**

Les résultats du dosage du sulfate au niveau des échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 26.



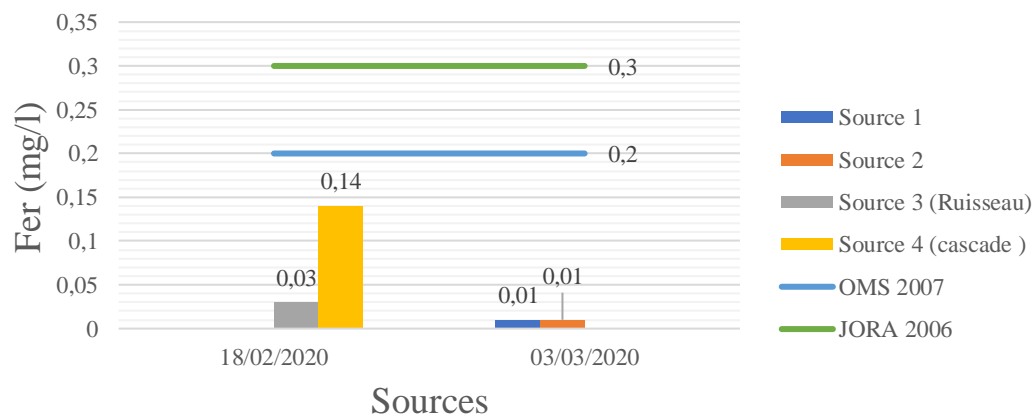
**Figure 26** : Résultats du dosage du sulfate enregistrés durant l'étude.

Les teneurs en sulfate au niveau de l'ensemble des sources oscillent entre **65,3 mg/l** au sein de la source 2 et **148,6 mg/l** au sein de la source 4. Ces résultats sont au-dessous du seuil indiqué par la réglementation **Algérienne 2006 (400 mg/l)** et celui de l'**OMS 2007 (250 mg/l)**.

La principale source de sulfate dans les eaux de source est la dissolution du gypse et de l'anhydrite (**kresic et Stevanovic, 2010**).

**Fer**

Les résultats du dosage du fer dans les échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 27.



**Figure 27** : Résultats du dosage du fer enregistrés durant l'étude.

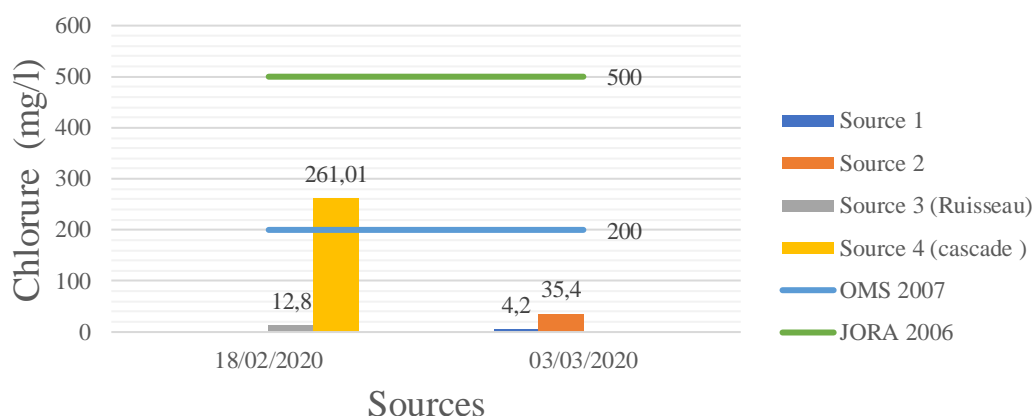
Il en ressort d'après les résultats obtenus de l'analyse des quatre sources qui varient entre **0,01 mg/l** dans les sources 1 et 2 et **0,14 mg/l** dans la source 4, qu'ils sont conformes à la

réglementation **Algérienne 2006 (0,3 mg/l)** et aux recommandations de l'**OMS 2007 (0,2 mg/l)**.

D'après **Rodier et al., (2009)**, dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH variant entre **4,5** et **9**, le fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées. En effet, sous l'action de l'air, le fer est oxydé à l'état ferrique et peut être hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble. C'est généralement sous cette forme qu'on le trouve dans les échantillons.

### Chlorure

Les résultats du dosage du chlorure dans les échantillons d'eau de sources sont représentés par la figure n° 28.

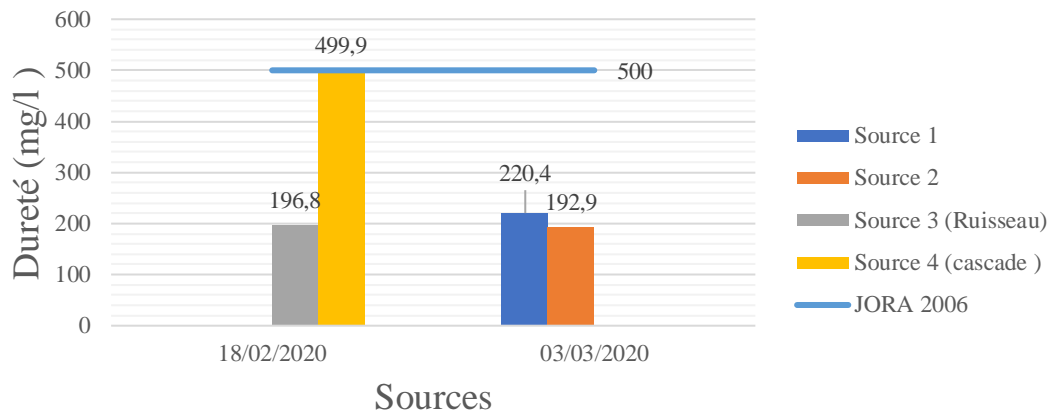


**Figure 28 :** Résultats du dosage du chlorure enregistrés durant l'étude

Les résultats du dosage du chlorure nous montrent que la source 4 dépasse le seuil indiqué par l'**OMS 2007 (200 mg/l)** car elle atteint les **261 mg/l**, alors que le reste des sources sont conformes aux recommandations de cette dernière et à la réglementation **Algérienne 2006 (500 mg/l)**. Cela peut être dû à l'impact d'une pollution industrielle ou les concentrations sont plus importantes car les teneurs en chlorure dans les eaux douces sont généralement bien inférieures à la référence de qualité selon (**Legube, 2015**). Nos résultats ressemblent à ceux de **Aouissi, (2010)**, dans la région de Guelma (Nord-Est Algérien).

### Dureté

Les résultats de la dureté mesurée dans les échantillons d'eau de sources sont représentés dans la figure n° 29.



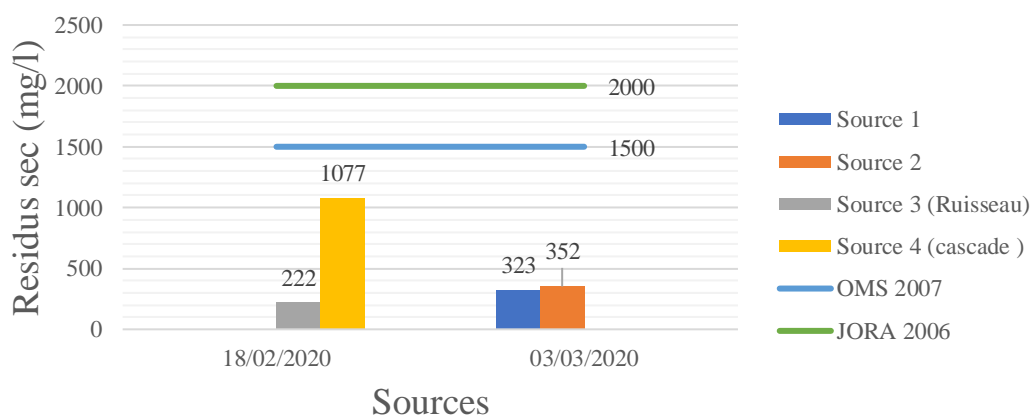
**Figure 29 :** Résultats du dosage de la dureté enregistrés durant l'étude.

La figure ci-dessus montre que la totalité des résultats de la dureté des sources analysées n'atteignent pas le seuil de **500 mg/l** fixé par la réglementation **Algérienne 2006**. Cependant nous remarquons que la source 4 frôle cette norme avec un taux de **499,9 mg/l** de magnésium et de calcium.

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Les eaux sont qualifiées de dures lorsqu'elles contiennent une concentration élevée de calcium, de magnésium ou des deux (**Rodier et al., 2009 ; Boyd, 2015**).

### Résidus secs

Les résultats des résidus secs mesurés dans les échantillons d'eau de sources sont représentés par la figure n° 30.



**Figure 30 :** Résultats du dosage des résidus secs enregistrés durant l'étude.

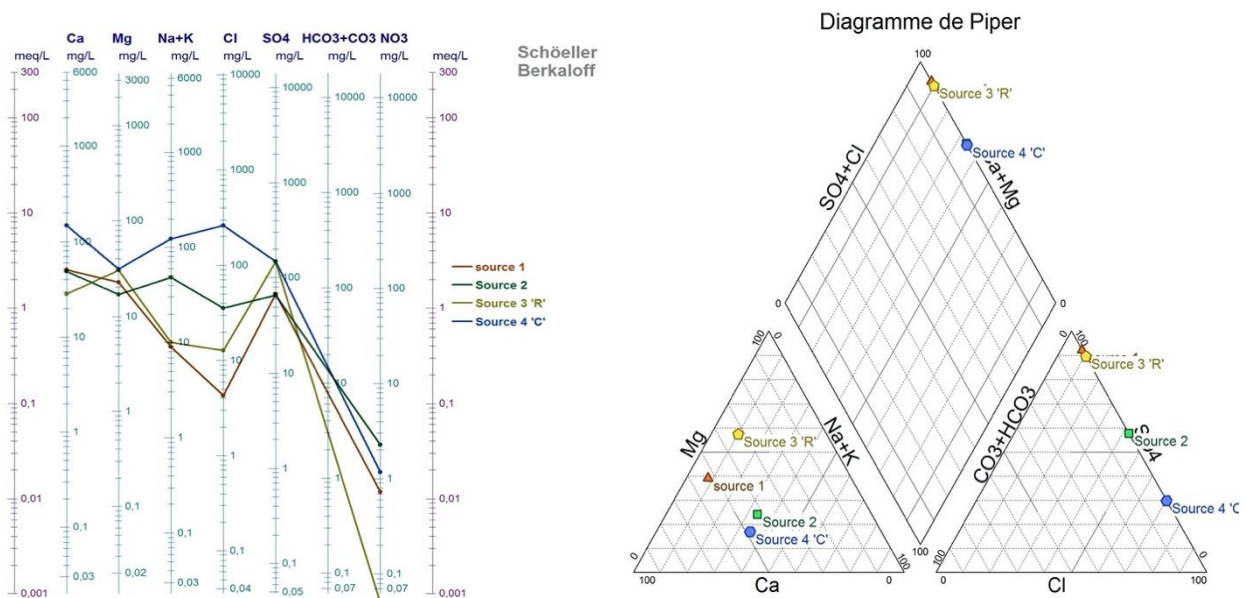
Les recommandations de l'**OMS 2007** fixe la valeur de **1500 mg/l** et la réglementation **Algérienne** la valeur de **2000 mg/l** comme valeurs guide pour les résidus secs. De ce fait, les

eaux sources analysées sont conformes aux indications précédentes, car les valeurs oscillent entre **222 mg/l** et **1077 mg/l**.

Les résultats analytiques sont influencés par la température et la durée de la dessiccation. Les valeurs obtenues permettent d'apprécier la minéralisation de l'eau : pour des valeurs inférieures à **600 mg/l**, l'acceptabilité par le consommateur est bonne, au-dessus de **1200 mg/l**, l'eau devient désagréable (Rodier et al., 2009).

## II.5. Faciès chimiques des eaux de sources analysées

Les cations et les anions les plus répandus dans les eaux sont représentés par les diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff qui permettent d'évaluer l'hydrogéochimie d'une eau et ainsi sa classification selon le faciès chimique.



**Figure 31** : Classification hydrogéochimique des eaux de sources étudiées à partir des diagrammes de Piper et de Schoeller-Berkaloff.

En se référant sur les représentations de la figure 31 nous déduisons que :

- Les sources 1 et 3 sont classées dans la catégorie des eaux hyper sulfaté calcique, les fortes concentrations du  $\text{SO}_4^-$  et  $\text{Ca}^{++}$  ont donné ce faciès dominant.
- Les sources 2 et 4 révèlent un taux significatif des  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  ce qui indique un faciès chimique dominant : chloruré et sulfaté calcique et magnésien.

## **CONCLUSION**

## CONCLUSION

L'étude menée au cours de ce travail a pour but d'examiner la qualité bactériologique et physico-chimique de quatre (04) sources au niveau de la région de Chiffa, Wilaya de Blida .

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que :

L'analyse bactériologique montre que les sources El Kaff Errachi (1), (2), ruisseau des singes (3) et la cascade (4), sont d'une mauvaise qualité bactériologique vue la détection d'un taux important des coliformes totaux et fécaux dont les souches les plus importantes sont : *Escherichia coli*, *Cronobacter sakazakii* et *Raoutella ornithinolytica*.

Les entérocoques, les spores anaérobies sulfite-réductrices, *Pseudomonas aeruginosa* et *Sallmonella pollurum* sont pareillement révélées au sein des eaux de sources et les normes ne tolèrent pas leur existence dans les eaux de sources et les eaux destinées à la consommation humaine.

D'autres espèces identifiées comme *Vibrio fluvialis*, *Aeromonas hydrophila* et *Citrobacter freundii* ont également un pouvoir pathogène redoutable menaçant ainsi la santé publique.

L'origine de la charge importante des microorganismes cités précédemment peut être d'origine naturelle, toutefois elle a de forte chance qu'elle soit anthropique tel que les rejets domestiques (notamment ceux des bases de vie) et industrielles (travaux) issus du projet de dédoublement de la RN1, qui est toujours en cours, depuis quelques années (2012). En outre les agglomérations rurales anarchiques, le lessivage des terres agricoles avoisinantes et l'élevage d'animaux représentent aussi de potentielles sources de contamination.

Le profil d'antibiorésistance de certaines espèces identifiées, les définit de bactéries multi résistantes (MDR) dont **85,7 %** possèdent un indice MAR supérieur à **0,2** ce qui est synonyme d'un environnement saturé de bactéries et de gènes de résistance aux antibiotiques (ARB et ARG). La présence de cette classe dans les eaux de source est considérée comme un facteur limitant l'efficacité de l'antibiothérapie à cause de l'usage intensive et non contrôlé des antibactériens.

Au sujet de la qualité physicochimique, les eaux sont neutres à peu alcalines, d'une minéralisation moyenne à importante, et la plupart des ions sont à des teneurs acceptables. Cependant les analyses témoignent d'une turbidité élevée au niveau des eaux de sources étudiées.

L'ensemble des bactéries trouvées sont des vecteurs de plusieurs maladies à transmission hydrique et donc ces eaux de source sont inadéquates à la consommation et à l'usage domestique car elles peuvent constituer un danger sur la santé du consommateur.

Le diagramme de Piper et de Schoeller-Berkalof, nous informe sur l'hydro-faciès des sources qui sont de deux catégories : hyper sulfaté calcique pour les sources 1 et 3 et chloruré, sulfaté, calcique et magnésien pour les sources 2 et 4.

Quelques perspectives de recherche sont suggérées à la lumière des résultats obtenus :

- ✓ Une décantation ou une filtration est conseillée pour la séparation des matières en suspension en raison de l'interdiction formelle d'appliquer d'autres traitements aux eaux de source pour éviter la détérioration du milieu aquatique.
- ✓ La surveillance régulière de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de source.
- ✓ Mettre en place un périmètre de protection concentrique pour réduire toutes sortes d'activités autour des sources et ainsi limiter son exposition à la pollution.
- ✓ Le contrôle continu de la fréquence d'emploi des antibiotiques en médecine humaine et vétérinaire pour freiner leurs propagations dans l'écosystème.
- ✓ Des campagnes de sensibilisation sont recommandées dans la région de Chiffa pour avertir les habitants et les touristes sur les dangers potentiels pouvant surgir suite à la consommation de ces eaux de source.
- ✓ Une identification génétique par les méthodes moléculaires est souhaitable pour un travail plus développé.
- ✓ Compléter l'étude par la recherche des virus, des parasites, des métaux lourds et des pesticides ainsi que par une étude géologique de la région.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**



## A

- **Abdelbaki C. et Boukli Hacène F., (2007).** Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. *Énergies Renouvelables* , Vol. 10, N°2 , P. 257 – 263, 257 p.
- **Abel P.D. (2002).**Water Pollution Biology. Ed. N°2, P. 296, 29 p.
- **Achour S., (2015).** Eaux algériennes: Préservation de la Qualité et Possibilités de Traitement, Éd. universitaires européennes, P. 144, 09 p.
- **Aguilar-Galvez A., Dubois-Dauphin R., Destain J., Campos D. et Thonart P., (2012).** Le Point sur : Les entérocoques : avantages et inconvénients en biotechnologie.*Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, P. 67-76, 67 p.
- **Ajay FC. et Sandhya H. (2013).** Plasma profile study, antibiotic susceptibility scheme Calculation of multiple antibiotic resistance indices of Escherichia coli isolates obtained from different human clinical samples at the tertiary care hospital in Bareilly-India. *Annals of tropical medicine and public health*, Vol. 6 , N° 3 , P.285-289, 285p.
- **Amharref M., Aassine S., Bernoussil AS. et Haddouchi B.Y., (2007).** Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb, Maroc. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, Vol. 20, Ed. N° 2, P. 185-199, 186 p.
- **Aouissi A., (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie), mémoire de magister, Université du 08 Mai 1945 de Guelma, Faculté des sciences et de l'ingénierie, P. 164 , 89-141 p.
- **Atteia O., (2015).** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Ed. Lavoisier, P.429,105p.
- **Avril J.L., Dabernat H., Denis F. et Monteil H., (1992).** Bactériologie Clinique. Ed. N°2, P.511, 354p.

## B

- **Barzegari Banadkooki F. , Ehteram M., Panahi F-Sh., Sammen S., Binti Othmane., F. et El-Shafie A., (2020).** Estimation of Total Dissolved Solids (TDS) using New Hybrid Machine Learning Models. *Journal of Hydrology* Vol. 587 , P. 20, 2 p.

- **Batool A., Samad N., Sabahat Kazmi S., Ghufran MA., Imad S., Shafqat M. et Mahmood T.,(2018).** Spring water quality and human health: an assessment of natural springs of margalla hills Islamabad zone. *International Journal of Hydrology* ,Vol. 2 N° 1, P41–46 ,41p.
- **Bertholom C., (2014).** Taxonomie et identification des streptocoques. *Option-Bio*. Vol. 25 , N° 512 , P. 13-15, 13 p.
- **Bird, K. , Boopathy, R., Nathaniel, R., et LaFleur, G. (2019).** Water pollution and observation of acquired antibiotic resistance in Bayou Lafourche, a major drinking water source in Southeast Louisiana, USA. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26 , P. 34220 – 34232, 34220 p.
- **Bonnet R., Bru J-p, Caron F., Cattoen C., Cattoir V., Courvalin P., Dubreuil L., Jarlier V., Lefort A., Merens A., Plesiat p., Ploy M-C., Ssoussy C-J., Varon E. et Weber F.,(2018).** Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie, Recommandations. Vol.2 , P.134, 37-43p.
- **Bougarne L., Ben Abbou M., El Haji M. et Bouka H., (2019).** Consequences of surface water eutrophication: remedy and environmental interest. *Materials Today: Proceedings*, Vol.13, P. 654–662, 654p.
- **Boyd CE., (2015).** Water Quality An Introduction,Ed. Springer International Publishing Switzerland ,N°2., P.357 , 14-357p.
- **Braiek O. et Smaoui S., (2019).** Enterococci: Between Emerging Pathogens and Potential Probiotics. *BioMed Research International*. P.13, 2 p.
- **Brière F.G., (2012).** Distribution et collecte des eaux. Ed. Presses inter Polytechnique, P. 571, 5 p.
- **Byaruhanga Ngbape O., (2017).** Processus décisionnel basé sur la surveillance épidémiologique au niveau: intermédiaire de la santé du nord-Kivu. Ed. Publibook, P.90, 42p.

**C**

- **Champoux F., James J., Neidhart C., Lawrence Drew W. et Plorde JJ., (2004).** Sherris Medical microbiology an introduction to infectious diseases. Ed. Kenneth J. Ryan, C. George R., N° 4, P. 997 , 294-541 p.
- **Clairmont LK., Stevens KJ. et Slawson RM., (2020).** Differential response of rhizoplane, rhizosphere and water wetland bacterial communities to short term phosphorus loading in lab scale mesocosms. *Applied Soil Ecology*, vol. 154, P. 11, 1p.

- **Collongues M. (2005)**, Risques sanitaires et contaminations des eaux par *pseudomonas aeruginosa*. P.158, 1p.
- **Courseau R., Ourghanlian C., Sismeiro D et Louis M., (2016)**. Infectiologie. Ed. interpharma, N°2, P 386, 55- 367 p.
- **Cowan M.K. et Smith H., (2018)**. Microbiology : a systems approach. Ed. McGraw-Hill Education, N°5, P.860 , 331-667 p.

## D

- **De Vos P., Garrity GM., Jones D., Krieg NR., Ludwig W., Rainey FA., Schleifer KH., et Whitman WB., (2009)**. Bergey's manual of Systematic Bacteriology. Vol. 3, Ed. N°2, P. 1422, 799 p.
- **Delarras C., (2014)**. Pratique en microbiologie de laboratoire de recherche de bactéries et de levures-moisissures. Éd. Céline Poiteaux, P. 772, 10-234 p.
- **Denis F., Ploy M-C., Martin C., Bingen E., Quentin, R., et col., (2011)**. Bactériologie médicale Techniques usuelles, Ed. Elsevier Masson SAS, N°2, P. 615, 19-442 p.
- **Denis F., Ploy MC. Martin CM. et Cattoir V., (2016)**. Bactériologie médicale Techniques usuelles. Ed Elsevier Masson SAS. N°3, P. 570, 533p.
- **Desjardins R., (1997)**. Le traitement des eaux. Ed. Presses internationalepolytechnique N°2, P. 304, 6 p.
- **Douaoui D. et Khedim W., (2018)**. Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des huit sources au niveau de la réserve de chasse Zeralda. mémoire de master Université Saad Dahleb de Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, P.143, 83p.

## E

- **Edzwald Jk., (2011)**. Water Quality and treatment, handbook on Drinking Water. by American Water Works Association. Ed. N°6, P.1696, 68-101 p.
- **Enmilia A., Monettea F., Yahiaata C., Amora M., Hedhlib A. et Azzouz A., (2020)**. Aluminosilicate-catalyzed electrochemical removal of ammonium cation from water kinetics and selectivity. *Environmental Research*, Vol.185, P.10, 1p.
- **Estefan G., Sommer R. et Ryan J., (2013)**. Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas ICARDA*, N° 3. P. 244, 168-137 p.

## F

- **Fernández-Martínez M., Corbera J., Domene X., Sayo F., Sabater F. et Preece C., (2019).** Nitrate pollution reduces bryophyte diversity in Mediterranean springs. *Science of The Total Environment*, Vol. 705, P. 1-33, 2 p.
- **Flandrois J. P., (2016).** Bactériologie médicale. Ed. Presse universitaire de Lyon, P. 311, 201 p.
- **Ford T-E. et Hamner S., (2015).** A Perspective on the Global Pandemic of Waterborne Disease. Ed. Microbial Ecology, *Springer Science Business Media New York*, Vol. 76, P. 2-8, 2 p.
- **Foulon V., (2015).** Eau minérale naturelle, Quelle spécificité?. *cahier de nutrition et diététique*. P. 50, 30-37 p.

## G

- **Gątarska A., Ciborska J. et Tońska E., (2016).** Natural Mineral Bottled Waters Available on the Polish Market as a Source of Minerals for the Consumers Part 2: The Intake of Sodium and Potassium. *Rocz Panstw Zakl Hig*, Vol.67 , P.1.
- **Genin B., Chauvin C. et Ménard F., (2003).** Cours d'eau et indices biologiques: pollution, méthodes, IBGN. *Educagri*, P. 221, 41p.
- **Georges B., Gailliez S., Rollin X. et Michez A., (2019).** Suivi de la température des cours d'eau wallons, potentiels et contraintes du réseau Aqualim. *Forêt. Nature*, N° 153, P. 42-53, 43p.
- **Gillespie S.H. et Hawkey P.M., (2006).** Principles and Practice of Clinical Bacteriology . Ed.john Wiley & Sons Ltd , N° 2, P. 611, 407 p.
- **Goel P.K., (2006).** Water Pollution : Causes, Effects and Control. *New Age International*. P. 418, 2 p.
- **Goering R.V., Zuckerman M., Dockrell H.M. et Chiodini P.L., (2019).** MIMS' Medical Microbiology and Immunology. Ed. Elsevier, N°6, P. 587, 553 p.
- **Gualerzi CO., Brandi L., Fabbretti A. et Pon, LC., (2014).** Antibiotics :Targets, Mechanisms and Resistance. Ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, P. 575, 73 p.

## H

- **Hadef R. et Hadef A., (2001).** Le déficit d'eau en Algérie : une situation alarmante. *Desalination*, Vol.137, P. 215-218, 215 p.
- **Hamzaoui H. et Kermouch F-Z., (2015).** Etude comparative entre l'eau de trois sources (El Anzor, El Boukri et Ami Saleh) de la wilaya de Blida sur les plans physicochimiques et bactériologiques. Mémoire de master, université Saad Dahleb de Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, P. 46, 19-41 p.
- **Hart T. et Shears P., (1997).** Atlas de poche de microbiologie. Ed. Médecine-Sciences Flammarion, P. 314, 31-112p.
- **Holst U., (2004).** Purifier et dynamiser votre eau, énergies naturelles et techniques de pointe destinées à la purification de l'eau du robinet et de l'eau de table, l'assainissement des grandes étendues d'eau Fondements théoriques. Éd. Médicis, P. 112, 29-32 p.
- **Hutchins W.A., Ellis H.H. et DeBraal J.P., (2004).** Water Rights Laws in the Nineteen Western States. *The Lawbook Exchange*. P. 2300, 74p.

## I

- **Idrissi., (2006).** Nitrates et nitrites Polluants qui menacent la santé et l'environnement, *Les technologies de laboratoire*, N°1, P. 5, 1 p.
- **Insha S., Asghar A., Gogry FA. Rather IA., Sabir JSM.et Haq QMR., (2020).** Bacterial isolates harboring antibiotics and heavy-metal resistance genes co-existing with mobile genetic elements in natural aquatic water bodies. *Saudi Journal of Biological Sciences*. P. 33, 1p.

## J

- **Jardine J., Mavumengwana V., et Ubomba-Jaswa E., (2019).** Antibiotic resistance and heavy metal tolerance in cultured bacteria from hot springs as indicators of environmental intrinsic resistance and tolerance levels. *Environmental Pollution*. P. 696-702, 696 p.
- **Jindal AK., Pandya K., et Khan ID., (2015).** Antimicrobial resistance: A public health challenge. *Medical Journal Armed Forces, India*, Vol. 71, N°2, P. 178–181, 178p.

## K

- **Kasenow M., (2001).** Applied Ground-water Hydrology and Well Hydraulics. Ed. N°2, P. 835, 256 p.
- **Kettab A., (2020).** Les ressources en Algérie : Réalité, enjeux ; stratégies ; et perspectives Séminaire international « Eau et changement climatique au Maghreb » P.1
- **Khechana S. et Derradji E-F., (2014).** Qualité des eaux destinées à la consommation humaine et à l'utilisation agricole (Cas des eaux souterraines d'Oued-Souf, SE algérien) *Revue Scientifique Technologique*, Vol.28, P. 58-68, 62p.
- **Kon K., Rai M., (2016).** Antibiotic Resistance Mechanisms and New Antimicrobial Approaches, Ed. Elsevier, P.413 , 66-149 p.
- **Kozisek, F., (2020).** Regulations for calcium, magnesium or hardness in drinking water in the European Union member states. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, Vol. 112, P. 8.
- **Kresic N. et Stevanovic Z., (2010).** Groundwater hydrology of springs. Ed. Butterworth Heinemann , P. 565, 57-231 p.

## L

- **Lazzarotto J., (2010).** Validation d'une méthode automatisée de titration de l'alcalimétrie complète dans l'eau douce, Validation des méthodes d'analyse quantitative par le profil d'exactitude. P. 4, 1 p.
- **Lee, C-M., Hamm S-Y., Cheong J-Y., Kim K., Yoon H., Kim M., et Kim J. (2020).** Contribution of nitrate-nitrogen concentration in groundwater to stream water in an agricultural head watershed. *Environmental Research*, vol. 184, P.15, 3p.
- **Legube B., (2015).** Production d'eau potable filière de procédé de traitement .Ed Dunod. P. 432, 303-390 p.
- **Lesne M., Besse J.F., De Monpezat A. et Dupuis C., (2004).** Evaluation et gestion des risques liés à *Pseudomonas aeruginosa* dans les établissements de thermalisme. P. 40, 18 p.
- **Levinson W., (2014).** Review of medical microbiology, Ed. N°13, P. 1950, 272- 347 p.
- **Li F., Chen L., Bao Y., Zheng Y., Huang B., Mu Q., Feng C. et Wen, D., (2020).** Identification des antibiotiques prioritaires en fonction de leur fréquence de détection,

de leur concentration et du risque écologique dans les eaux côtières urbanisées. *Science de l'environnement total*, Vol. 747, P.36, 1 p.

- **Li Z., Li M., Wang C., Zhou X., Li J., et Li D., (2019).** Highly sensitive and selective method for detection of trace amounts of nitrite in aquaculture water by SERRS coupled with diazo reaction. *Sensors and Actuators B: Chemical*, Vol. 297, P.10, 1 p.
- **Liu B., Liu L., et Li W., (2020).** Effective removal of phosphorus from eutrophic water by using cement. *Environmental Research*, Vol.184, P.6 ,1 p.

## M

- **Madigan M.T., Martinko J. M., Stahl D. A. et Clark D. P., (2010).** Brock Biology of microorganisms. N°13, P. 1155, 1005-1035 p.
- **Magiorakos AP., Srinivasan A., Carey RB. , Carmeli Y., Falagas .ME, Giske CG., Harbarth S., Hindler JF., Kahlmeter G., Olsson-Liljequist B., Paterson DL., Rice LB.,Stelling J., Struelens MJ., Vatopoulos A., Weber JT. et Monnet DL., (2011).** Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, Vol. 18, N° 3, P. 268–281, 273-274 p.
- **Manaia CM., Graham D., Martinez JL., Collignon P., Gaze WH., (2020).** Antibiotic Resistance in the Environment: Expert Perspectives. *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol.91, P.18,1 p.
- **Maréchal V., (2014).** Avant-propos : Évaluation du risque microbien dans l'eau : vers une meilleure gestion des ressources hydriques. *Revue Francophone Des Laboratoires*, Vol. 459, P. 27–28, 1 p.
- **Maza L., Pezzlo M., Bittencourt C., et Peterson E., (2020).** Atlas des couleurs de la bactériologie médicale. Ed. American Society for Microbiology, P. 453, 25-145p.
- **Michel-Guillou É., (2011).** La construction sociale de la ressource en eau. *Pratiques Psychologiques*, Vol.17, P. 219–236, 3 p.
- **Monjour L., (1997).** Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau ,*Les Cahiers du MURS* , Vol. 33 , P. 26, 6 p.
- **Moutaouakkil Y., Frikh M., Maleb A., Lemnouer A. et Moutaouakkil ME., (2017).** Infection from emerging bacteria: *Salmonella gallinarum*, *Saudi Journal for Health Sciences* , Vol. 6, N° 1, P. 68-70, 1p.

- **Munita JM., et Arias CA., (2015).** Mechanisms of Antibiotic Resistance. *Virulence Mechanisms of Bacterial Pathogens*, N°5, Vol. 481-511, P. 24, 1-2 p.
- **Musy A. et Higy C., (2004).** Hydrologie: Une science de la nature. Ed. Presse polytechnique et universitaire Romande, P. 314, 185 p.

## O

- **Osundiya OO., Oladele RO. et Oduyebo OO., (2013 ).** Multiple Antibiotic Resistance (MAR) indices of *Pseudomonas* and *Klebsiella* species isolates in Lagos University Teaching Hospital, Journal africain de microbiologie clinique et expérimentale ISBN. Vol. 14, N°3 , P.164-168, 165 p.
- **Odell LH., (2011).** Treatment Technologies for Groundwater American Water Works Association, P.231, 4p.

## P

- **Patnaik P., (2018).** Handbook of Environmental Analysis Chemical Pollutants in Air, Water, Soil, and Solid Wastes. Ed. CRC Press Taylor & Francis Group N°3, P.617 , 229- 273p.
- **Paul S., Bezbaruah RL., Roy MK. et Ghosh AC., (1997).** Multiple antibiotic resistance (MAR) index and its reversion in *Pseudomonas aeruginosa*. *Letters in Applied Microbiology*, Vol. 24, P. 169–171, 169 p.

## R

- **Reissier S., (2016).** Daptomycine et infections sévères à entérocoques. *Journal des Anti-infectieux*, Vol.18, N°4, P.177-181, 178 p.
- **Remini B., (2005).** La problématique de l'eau en Algérie. Ed. hydraulique et transport solide, P. 182, 13 p.
- **Roberts Alley E., (2007).** Water quality control handbook. Ed. Water Environment Federation Alexandria, Virginia, *WEF PRESS*, N°2, P. 793, 28-365 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., Brunet R., Mialocq J.C., Leroy P., Houssin M., Lavison G., Rebouillon P., Moulin L., Chomodé P., Dujardin P., Gosselin S., Seux R., Al Mardini F., Bechemin C., Vincent, M. et coll., (2009).** L'analyse de l'eau. Ed. Dunod, Paris.N°9. P. 1579, 719-1397 p.
- **Roulet C-A., (2004).** Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments. *PPUR presses polytechniques*. P. 358, 72 p.



- **Ruch Y., Hansmann Y., Riegel P., Lefebvre N., Mazzucotelli J., Douiri N. et Argemi X., (2019).** Pathogénicité des streptocoques impliqués dans les endocardites infectieuses. *Médecine et Maladies Infectieuses*. Ed. Elsevier, P. 49, 4 p.

## S

- **Sanders P., (2005).** L'antibiorésistance en médecine vétérinaire : enjeux de santé publique et de santé animale. *Académie vétérinaire de France*.
- **Sanganyado E. et Gwenzi W., (2019).** Antibiotic resistance in drinking water systems: Occurrence, removal, and human health risks. *Science of The Total Environment*, Vol. 669, P. 785–797, 785 p.
- **Sari H., (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar. Mémoire de master, université Abou-bekr Belkaid ,Tlemcen , faculté des sciences de la nature et de la vie de la terre et de la nature et de l'univers. P. 56, 49-53 p.
- **Senthil Kumar P. et Yaashikaa PR., (2019).** Introduction : L'eau. L'eau dans les textiles et la mode, P. 20, 12p.
- **Sharma B-K., (1994).** Water pollution. Ed. Krishna Prakashan Media, P. 359, 38 p.
- **Stange C. et Tiehm A., (2020).** Occurrence of antibiotic resistance genes and microbial source tracking markers in the water of a karst spring in Germany. *Science of The Total Environment*. P. 40, 3 p.
- **Stellman J. M., McCann M., Warshaw L. et Brabant C., (2000).** Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. *International Labour Organization*, Vol. 2. P. 4838, 20-36 p.
- **Szekeres E., Chiriac CM., BariczA., Szóke-Nagy T., Lung I., Soran M.-L., Rudi K., Dragos N., et Coman, C., (2018).** Investigating antibiotics, antibiotic resistance genes, and microbial contaminants in groundwater in relation to the proximity of urban areas. *Environmental Pollution*, Vol. 236, P.734–744, 734 p.

## T

- **Taloor AK., Pir RA., Adimalla N., Ali S., Manhas DS., Roy S. et Singh Ak., (2020).** Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 10, P. 12, 2 p.

- **Tortora G.J., Funke B.R. et Case C.L., (2016).** Microbiology : an introduction. Ed. Pearson Education, N°12, P. 969, 782 p.

**V**

- **Vidal J., Frenich A. et Arrebola FJ., (2019).** Pollution de L'eau. Manuel pour le Suivi du Changement Global - Une proposition pour les zones arides et semi-arides, Fundación Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global. P.43-47, 43 p.

**W**

- **Wang H. et Zhang Q., (2019).** Research Advances in Identifying Sulfate Contamination Sources of Water Environment by Using Stable Isotopes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. P.13, 1 p.

**X**

- **Xiong W., Ni P., Chen Y., Gao Y., Li S. et Zhan A., (2019).** Biological consequences of environmental pollution in running water ecosystems: A case study in zooplankton. *Environmental Pollution*, Vol. 252, P.1490, 1483 p.

**Y**

- **Yusof AA., Bakri S. et Misha S., (2019).** TDS and pH Analysis for Water Quality Monitoring in Water Hydraulics Food Processor. *International journal of integrated engineering*. Vol. 11, P. 218- 220 ,220p.

**Z**

- **Zella. L., (2015).** Irrigation eau sol et plante. Ed. OPU, P. 388, 95 p.
- **Zhang Z., Wang J. J., Ali A. et DeLaune R. D., (2016).** Heavy metal distribution and water quality characterization of water bodies in Louisiana's Lake Pontchartrain Basin, USA. *Environmental Monitoring and assessment*, Vol. 188, P. 14, 2 p.
- **Zimmer D., (2013).** L'Empreinte eau : Les faces cachées d'une ressource vitale. Ed. Charles Léopold Mayer. P. 211, 25 p.

### **Autres Références :**

- **Agence de la santé publique du Canada, (2010).**

- **Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI), (2013).**
- **Conseil de l'Europe, (2000).** Assemblée parlementaire Documents de séance Session ordinaire, Vol.1. P.3.
- **Directive 98/83/CE, (1998).** Relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- **Indicators for waterborne pathogens, (2004).** National research council of the national academies. *The national academies press*, P. 315, 1- 33 p.
- **ISO 19250, (2010).**Qualité de l'eau : Recherche de *Salmonella spp.*
- **ISO 6461-1, (1986).** Part 1: Method by enrichment in a liquid medium Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes (*Clostridia*).
- **ISO 16266, (2006).** Water quality .Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* . Method by membrane filtration .
- **Journal Officiel de la République Algérienne (2006).** N° 27, 11 p.
- **Journal Officiel de la République Algérienne (2013).** N° 31, 5 p.
- **Journal Officiel de la République Algérienne (2017).** N° 39, 12-25 p.
- **OMS, (2018).** De nouvelles données révèlent l'existence de niveaux élevés de résistance aux antibiotiques dans le monde.
- **OMS, (2018).** Le choléra Normes de surveillance des maladies évitables par la vaccination.
- **Agence de Protection de l'Environnement, Division de la qualité de l'eau et du contrôle des sources diffuses, (1973).** Pollution des eaux souterraines due aux excavations souterraines États-Unis. P. 217 , 25 p.
- **Standardisation de l'antibiogramme à l'échelle nationale (2011).** Réseau Algérien de la Surveillance de la Résistance des Bactéries aux Antibiotiques (Médecine humaine et vétérinaire) en collaboration avec l'OMS, Ed. N°6, P. 195.
- **Standardisation de l'Antibiogramme en Médecine Vétérinaire, (2005)** Selon les recommandations de l'OMS. Ed. N° 3, P. 67, 4 p.
- **Systèmes de qualité et de sécurité sanitaire des aliments : manuel de formation sur l'hygiène alimentaire et le Système d'analyse des risques - points critiques pour leur maîtrise (HACCP), (2001).** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, P. 232, 81 p.

### **Sites internet :**

- DSP Blida: <http://www.sante.dz/dsp-blida/sitedsp09/wilayablida.htm>

- Historique météo Chiffa : <https://www.accuweather.com/fr/dz/chiffa/2771/march-weather/2771?year=2020&view=list>
- Informations sur le projet de dédoublement de la RN1 :  
<http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites/26125>
- Manuel d'utilisation de la galerie API20E ® ,( 20 100/20 160):  
[http://mas.stephanie.free.fr/microbiologie\\_bio1/fiches%20pdf/galerieAPI20E.pdf](http://mas.stephanie.free.fr/microbiologie_bio1/fiches%20pdf/galerieAPI20E.pdf)

# **ANNEXES**

## Annexe A : Informations générales

**Tableau XIV : Affections en relation avec l'eau causé par les éléments chimiques, métaux lourds et les pesticides**

| Élément chimique  | Affections en relation avec l'eau   |
|---|---|
| <b>Ammonium</b>   | Formation de chlore, de trichloramine et N-nitrosodiméthylamine NDMA et formation de nitrites.  |
| <b>Nitrites</b>   | Possibilité de formation de dérivés N -nitrosés leur confère un caractère mutagène indirect important .   |
| <b>Nitrates</b>   | Cyanoses chez le nourrisson.  |
| Métaux lourds   |   |
| <b>Bore (borates)</b>   | Des intoxications aiguës (troubles digestifs et neurologiques) et à long terme des atrophies testiculaires.   |
| <b>Cadmium</b>  | Troubles rénaux, altérations osseuses, hypertension artérielle.   |
| <b>Chrome hexavalent</b>  | Cancérogène.  |
| Pesticides  |   |
| <b>Les insecticides organochloré (DDT,Dichlorodiphényltrichloroéthane), lindane</b> | Suspectés d'être carcinogènes chez l'homme sur le foie et la prostate.  |
| <b>Les insecticides organophosphorés</b>  | Action anticholinestérasique avec blocage de l'influx nerveux).   |
| <b>Les herbicides</b>   | Cancérogènes (alachlore, mélange glyphosate et additif, isoproton, métolachlore).<br>Reprotoxiques (aminotriazole, diuron par son métabolite 3,4 DCA) |

(Legube ,2015).

## Annexe A : Informations générales



**Figure 32** : La base de vie PK 5 (Photo originale).

- Coordonnées GPS du laboratoire de l'ADE : X=36°46 '44 , Y=2°,46'81 .
- Coordonnées GPS du laboratoire d'hygiène : X=36°47'74 ,Y=2°,81'02

Tableau XV: Résultats de l'étape de la présélection des sources.

| <b>Sources</b><br><b>Bactéries</b> | <b>Coliformes<br/>totaux</b> | <b>Coliformes<br/>fécaux</b> | <b>Streptocoques<br/>totaux</b> | <b>Streptocoques<br/>fécaux</b> | <i>Salmonella</i> | <i>Pseudomonas<br/>aeruginosa</i> | <b>ASR</b> | <i>Vibrio<br/>cholerae</i> |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------|----------------------------|
| <b>Source 1</b>                    | <b>NPP= 18</b>               | <b>NPP= 0</b>                | <b>NPP = 2</b>                  | <b>NPP= 2</b>                   | <b>0</b>          | <b>0</b>                          | <b>0</b>   | <b>0</b>                   |
| <b>Sources 2</b>                   | <b>NPP= 11</b>               | <b>NPP= 2</b>                | <b>NPP = 14</b>                 | <b>NPP= 4</b>                   | <b>0</b>          | <b>0</b>                          | <b>0</b>   | <b>0</b>                   |
| <b>Source 3<br/>'ruisseau'</b>     | <b>92</b>                    | <b>92</b>                    | <b>1</b>                        | <b>0</b>                        | <b>0</b>          | <b>0</b>                          | <b>0</b>   | <b>0</b>                   |
| <b>Source 4<br/>'cascade'</b>      | <b>120</b>                   | <b>120</b>                   | <b>0</b>                        | <b>0</b>                        | <b>0</b>          | <b>0</b>                          | <b>0</b>   | <b>0</b>                   |
| <b>Source 5</b>                    | <b>NPP = 8</b>               | <b>NPP= 5</b>                | <b>NPP = 3</b>                  | <b>NPP= 0</b>                   | <b>0</b>          | <b>0</b>                          | <b>0</b>   | <b>0</b>                   |



## Annexe B : Résultats

**Tableau XVI : Résultats des analyses bactériologiques.**

| <b>Sources</b>     | <b>CT<br/>UFC/100ml</b> | <b>CF<br/>UFC/100ml</b> | <b>ST<br/>UFC/100ml</b> | <b>SF<br/>UFC/100ml</b> | <b><i>Salmonella</i><br/>UFC/100ml</b> | <b><i>Pseudomonas<br/>aeruginosa</i><br/>UFC/250ml</b> | <b>ASR<br/>Spores/20ml</b> | <b><i>Vibrio<br/>cholerae</i><br/>UFC/100ml</b> |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|----------------------------|---|
| <b>Bactéries</b>   |                         |                         |                         |                         |  |  |                            |   |
| <b>Source 1</b>    | 272                     | 272                     | 34                      | 12                      | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 18                      | 0                       | 2                       | 2                       | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 160                     | 12                      | 92                      | 92                      | 0                                      | 0  | 2                          | 0   |
|                    | 140                     | 140                     | 110                     | 70                      | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
| <b>Moyenne</b>     | 147,5                   | 106                     | 59,5                    | 44                      | 0                                      | 0  | 0,5                        | 0   |
| <b>Max</b>         | 272                     | 272                     | 110                     | 92                      | 0                                      | 0  | 2                          | 0   |
| <b>Min</b>         | 18                      | 0                       | 2                       | 2                       | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
| <b>Source 2</b>    | 156                     | 156                     | 4                       | 4                       | 0                                      | 0  | 4                          | 0   |
|                    | 11                      | 2                       | 14                      | 4                       | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 240                     | 7                       | 160                     | 92                      | 0                                      | Présence   | 0                          | 0   |
|                    | 165                     | 165                     | 256                     | 72                      | 0                                      | 0  | 12                         | 0   |
| <b>Moyenne</b>     | 143                     | 82,5                    | 108,5                   | 43                      | 0                                      | /  | 4                          | 0   |
| <b>Max</b>         | 240                     | 165                     | 256                     | 92                      | 0                                      | /  | 12                         | 0   |
| <b>Min</b>         | 11                      | 2                       | 4                       | 4                       | 0                                      | /  | 0                          | 0   |
| <b>Source 3'R'</b> | 92                      | 92                      | 7                       | 0                       | 0                                      | 0  | 2                          | 0   |
|                    | 84                      | 84                      | 1                       | 0                       | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 240                     | 2                       | 240                     | 12                      | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 240                     | 2                       | 160                     | 92                      | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
|                    | 280                     | 280                     | 316                     | 84                      | 0                                      | 0  | 0                          | 0   |
| <b>Moyenne</b>     | 187,2                   | 92                      | 144,8                   | 37,6                    | 0                                      | 0  | 0,4                        | 0   |
| <b>Max</b>         | 280                     | 280                     | 316                     | 92                      | 0                                      | 0  | 2                          | 0   |

Tableau XVI : Résultats des analyses bactériologiques (Suite)

| Sources<br>Bactéries    | CT<br>UFC/100ml | CF<br>UFC/100ml | ST<br>UFC/100ml | SF<br>UFC/100ml | <i>Salmonella</i><br>UFC/100ml | <i>Pseudomonas<br/>aeruginosa</i><br>UFC/250ml | ASR<br>Spores/20ml | <i>Vibrio<br/>cholerae</i><br>UFC/100ml |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--|--------------------|---|
| Source 4 'C'            | 104             | 104             | 14              | 4               | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
|                         | 120             | 120             | 0               | 0               | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
|                         | 92              | 5               | 12              | 6               | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
|                         | 240             | 14              | 54              | 54              | Présence                       | 0  | 0                  | 0                                       |
|                         | 82              | 82              | 109             | 96              | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
| Moyenne                 | 127,6           | 65              | 37,8            | 32              | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
| Max                     | 240             | 120             | 109             | 96              | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
| Min                     | 82              | 5               | 0               | 0               | 0                              | 0  | 0                  | 0                                       |
| JORA 2017               | 0<br>UFC/250ml  | 0<br>UFC/250ml  |                 | 0<br>UFC/250ml  |                                | 0 UFC/250ml                                    | 0<br>Spores/50ml   |   |
| OMS 2007                | 10<br>UFC/100ml | 0<br>UFC/100ml  |                 | 0<br>UFC/100ml  | 0<br>UFC/100ml                 |  | 0<br>Spores/20ml   | 0<br>UFC/100ml                          |
| EU<br>Directive98/83/CE |                 |                 |                 |                 |                                | 0 UFC/250ml                                    |                    |   |

## Annexe B : Résultats

**Tableau XVII : Résultats de l'analyse physico-chimique.**

| Sources<br>Paramètres  | Source 1 | Source 2 | Source 3<br>(R) | Source 4<br>(C) | JORA<br>2006   | OMS 2007<br>(Hamzaouiet<br>Kermouch ,2015) |
|------------------------|----------|----------|-----------------|-----------------|----------------|--|
| Turbidité<br>NTU/JTU   | 4,88     | 4,2      | 3,11            | 7,76            | 2              | 2  |
| Température<br>°C      | 11,6     | 12,3     | 9,7             | 18,2            | 11,6           | < 25                                       |
| Conductivité<br>µs /cm | 432      | 508      | 357             | 1504            | 2800           | <b>Directive98/83/CE</b><br>2500           |
| Dureté mg/l            | 220,41   | 192,864  | 196,8           | 499,88          | 100-<br>500    |  |
| PH                     | 7,55     | 7,52     | 8,29            | 8,01            | 6,5 à<br>8,5   | 6,5 à 8,5                                  |
| Chlorure mg/l          | 4,254    | 35,453   | 12,763          | 261,007         | 200 à<br>500   | ≤ 200                                      |
| Sulfate mg/l           | 67,88    | 65,32    | 146,2           | 148,6           | 200 à<br>400   | ≤ 250                                      |
| Magnésium<br>mg/l      | 22,61    | 16,94    | 30,19           | 31              | 150            | ≤50  |
| Calcium mg/l           | 50,48    | 48,90    | 28,4            | 148,29          | /              | /  |
| Sodium mg/l            | 9        | 41       | 10              | 120             | 200            | ≤ 150                                      |
| Potassium<br>mg/l      | 0        | 7        | 0               | 2,5             | 20             | ≤12  |
| Résidus secs<br>mg/l   | 323      | 352      | 222             | 1077            | 1500 à2<br>000 | ≤1500                                      |
| Nitrate mg/l           | 0,73     | 2,28     | 0,05            | 1,17            | ≤50            | ≤50  |
| Nitrite mg/l           | 0,01     | 0,01     | 0,01            | 0,01            | ≤0,1           | ≤0,1                                       |
| Ammonium<br>mg/l       | 0,016    | 0,023    | 0,01            | 0,01            | ≤0,5           | ≤0,5                                       |
| Fer mg/l               | 0,01     | 0,01     | 0,03            | 0,14            | ≤0,3           | ≤0,2                                       |
| Phosphore<br>mg/l      | 0,008    | 0,0096   | 0,053           | 0,01            | 0,008          | ≤05  |
| TDS mg/l               | 209      | 245      | 173,1           | 744             | /              | /  |
| Salinité ‰             | 0.2      | 0,2      | 0,2             | 0,7             | /              | /  |
| TAC mg/l               | 5,65     | 7,1      | 6,8             | 11,5            | /              | /  |

## Annexe B : Résultats

**Tableau XVIII** : L'ensemble des valeurs guide suivis pendant l'étude.

| Paramètres organoleptiques                      | Symbole                 | Unité           | JORA 2006      | OMS 2007 (Hamzaouiet Kermouch ,2015)    |
|---|-------------------------|-----------------|----------------|---|
| Coloration                                      |                         | mg/l de platine | < 25           | 15                                      |
| Turbidité                                       |                         | JTU/NTU         | au minimum 2   | 2                                       |
| Odeur   |                         | à 12°C          | au maximum 4   | 2                                       |
| saveur  |                         | à 25°C          | au maximum 4   | 3                                       |
| Paramètres Physico-chimiques                    |                         |                 |                |   |
| Température                                     | T                       | °C              |                | < 25                                    |
| Conductivité                                    |                         | µs /cm          |                | <b>Directive98/83/CE</b>                |
|   |                         |                 | 2800           | 2500                                    |
| Dureté  | TH (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/l            | 100-500        |   |
| PH  |                         |                 | 6,5 à 8,5      | 6,5 à 8,5                               |
| Chlorures                                       | Cl                      | mg/l            | 200 à 500      | ≤ 200                                   |
| Sulfates  | SO <sub>4</sub>         | mg/l            | 200à400        | ≤ 250                                   |
| Magnésium                                       | Mg                      | mg/l            | 150            | ≤50                                     |
| Sodium  | Na                      | mg/l            | 200            | ≤ 150                                   |
| Potassium                                       | K                       | mg/l            | 20             | ≤12                                     |
| Résidus sec                                     |                         | mg/l            | 1500 à 2000    | ≤1500                                   |
| Nitrates  | NO <sub>3</sub>         | mg/l            | au maximum 50  | ≤50                                     |
| Nitrites  | NO3                     | mg/l            | au maximum 0,1 | ≤0,1                                    |
| Ammonium  | NH4                     | mg/l            | au maximum 0,5 | ≤0,5                                    |
| Fer   | Fe                      | mg/l            | au maximum 0,3 | ≤0,2                                    |
| Phosphore                                       | P                       | mg/l            |                | ≤05                                     |
| Paramètres microbiologiques                     | Unité JORA 2017         | JORA 2017       | Unité OMS 2007 | OMS 2007 (Hamzaouiet Kermouch ,2015).   |
| Coliformes totaux                               | UFC/250ml               | 0               | UFC/100ml      | 10                                      |
| Coliformes fécaux                               | UFC /250ml              | 0               | UFC/100ml      | 0                                       |
| Entérocoques                                    | UFC /250ml              | 0               | UFC/100ml      | 0                                       |
| Salmonelles                                     | Pas d'unité             |                 | UFC/100ml      | 0                                       |
| Clostridium sulfito-réducteurs y compris spores | Spores/50ml             | 0               | Spores/20ml    | 0                                       |
| Vibrions cholériques                            | Pas d'unité             |                 | UFC/100ml      | 0                                       |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                   | UFC /250ml              | 0               |                | <b>Directive98/83/CE</b><br>0 UFC/250ml |

Tableau XIX : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E.




| Sources  | Espèces identifiées               | Galerie API 20 E correspondante.   |
|----------|-----------------------------------|--|
| Source 1 | <i>Escherichia coli</i>           |    |
|          | <i>Citrobacter freundii</i>       |    |
|          | <i>Raoultella ornithinolytica</i> |  |



Tableau XIX : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E (Suite).



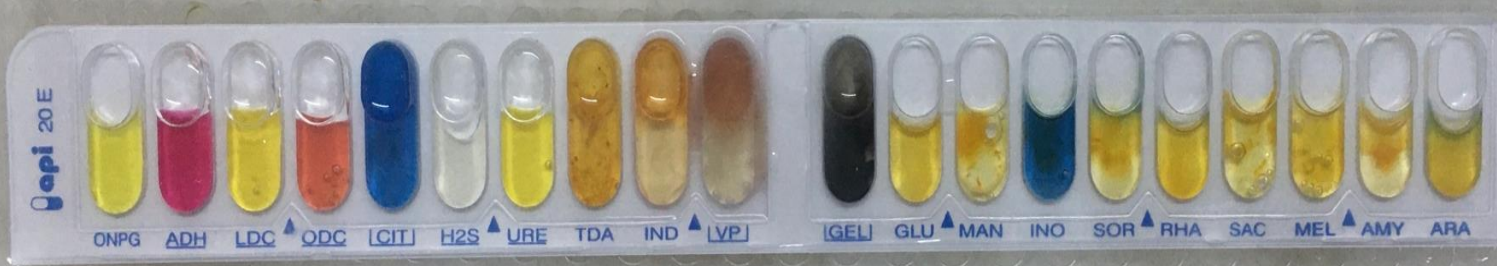
| Sources  | Espèces identifiées          | Galerie API 20 E correspondante.  |
|----------|------------------------------|---|
| Source 1 | <i>Vibrio fluvialis</i>      |  <p>ONPG ADH LDC ODC [CIT] H2S URE TDA IND [VP] [GEL] GLU MAN INO SOR RHA SAC MEL AMY ARA</p>   |
| Source 1 | <i>Serratia odorifera</i>    |  <p>ONPG ADH LDC ODC [CIT] H2S URE TDA IND [VP] [GEL] GLU MAN INO SOR RHA SAC MEL AMY ARA</p>  |
| Source 2 | <i>Serratia liquefaciens</i> |  <p>ONPG ADH LDC ODC [CIT] H2S URE TDA IND [VP] [GEL] GLU MAN INO SOR RHA SAC MEL AMY ARA</p> |

Tableau XIX : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E (Suite).

| Sources  | Espèces identifiées               | Galerie API 20 E correspondante.   |
|----------|-----------------------------------|--|
| Source 2 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>     |    |
|          | <i>Vibrio alginolyticus</i>       |    |
| Source 3 | <i>Raoultella ornithinolytica</i> |  |



Tableau XIX : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E (Suite).

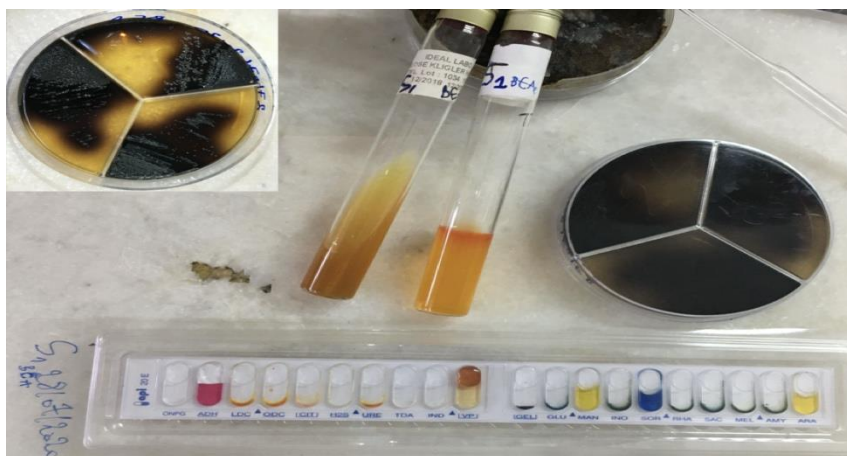
| Sources  | Espèces identifiées         | Galerie API 20 E correspondante.   |
|----------|-----------------------------|--|
| Source 3 | <i>Escherichia coli 1</i>   |    |
|          | <i>Escherichia coli 2</i>   |    |
|          | <i>Aeromonas hydrophila</i> |  |



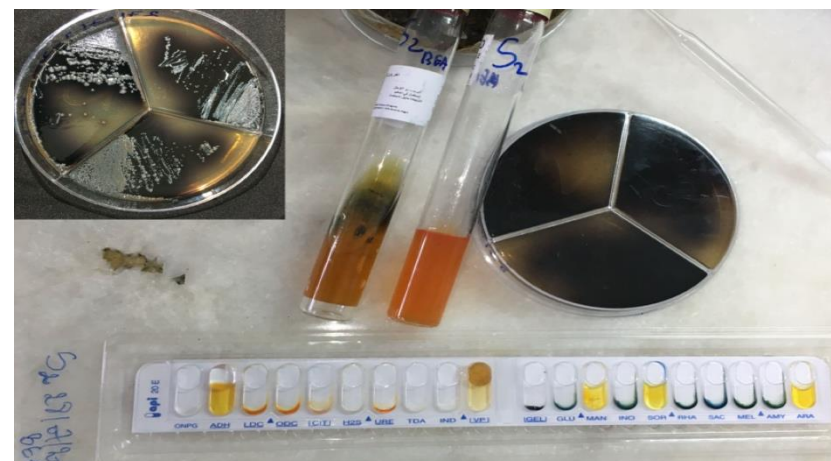
Tableau XIX : Résultats de l'indentification biochimique par la galerie API20E (Suite).

| Sources  | Espèces identifiées          | Galerie API 20 E correspondante.  |
|----------|------------------------------|---|
| Source 4 | <i>Cronobacter sakazakii</i> |   |
|          | <i>Salmonella pullorum</i>   |   |
|          | <i>Aeromonas hydrophila</i>  |  |

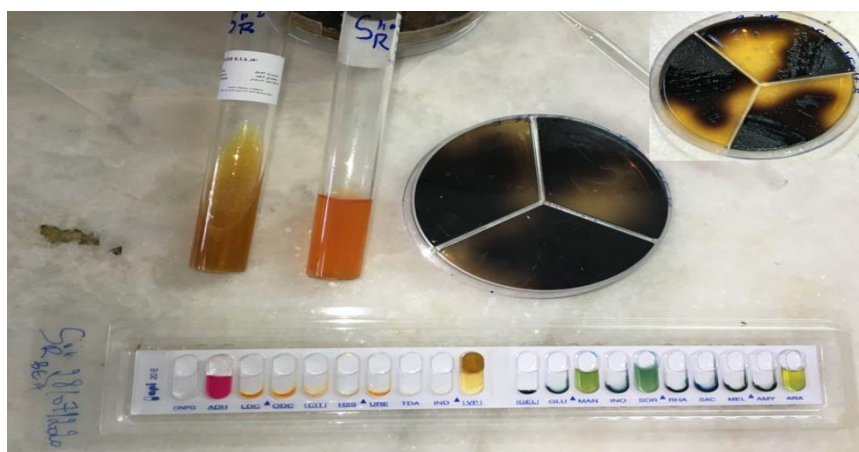
## Annexe B : Résultats



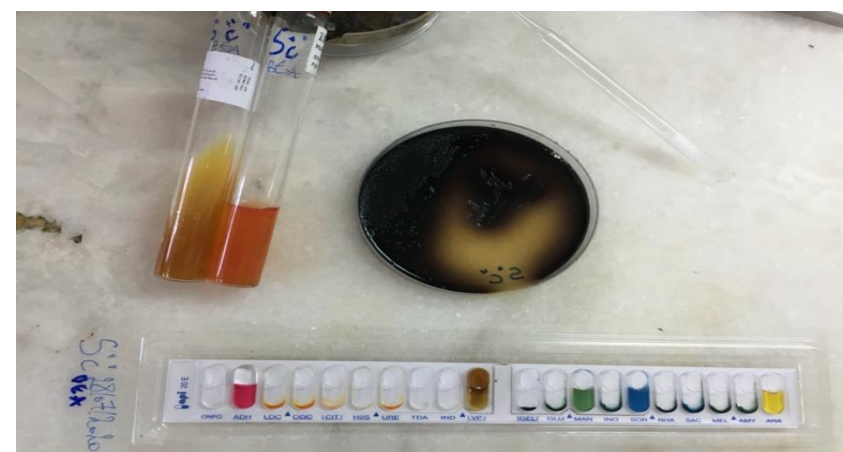
Source 1 : *E. faecium* (32%)



Source 2 : *E. casseliflavus* (32%)



Source 3 : *E. gallinarum* (27%)



Source 4 : *E. gallinarum* (32%)

**Figure 33** : Résultats de l'identification des entérocoques présumés.

Tableau XX : Résultats de l'antibiogramme.

| <b>Antibiotiques</b>                   | <i>Raoultella ornithinolytica</i><br>S1 | <i>Cronobacter sakazakii</i><br>S 4 | <i>Raoultella ornithinolytica</i><br>S 3 | <i>E.coli1</i><br>S1 | <i>Serratia liquefaciens</i><br>S2 | <i>Citrobacter freundii</i><br>S1 | <i>E.coli2</i><br>S 3 | <i>E.coli1</i><br>S 3 | <i>Serratia odorifera</i><br>S1 |
|--|---|-------------------------------------|--|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <b>Espèces</b>                         |   |                                     |  |                      |                                    |                                   |                       |                       |                                 |
| <b>Gentamicine</b>                     | /                                       | S                                   | S  | S                    | S                                  | S                                 | /                     | /                     | /                               |
| <b>Tobramycine</b>                     | /                                       | S                                   | S  | S                    | S                                  | S                                 | /                     | /                     | /                               |
| <b>Amikacine</b>                       | /                                       | /                                   | /  | S                    | /                                  | /                                 | /                     | /                     | /                               |
| <b>Ticarcilline-acide clavulanique</b> | R                                       | R                                   | R  | R                    | R                                  | R                                 | R                     | /                     | /                               |
| <b>Céfazoline</b>                      | R                                       | R                                   | R  | S                    | R                                  | S                                 | I                     | /                     | R                               |
| <b>Céfotaxime</b>                      | R                                       | S                                   | S  | R                    | S                                  | S                                 | S                     | S                     | S                               |
| <b>Céfépime</b>                        | R                                       | R                                   | R  | R                    | R                                  | R                                 | R                     | /                     | R                               |
| <b>Céfoxitine</b>                      | S                                       | R                                   | R  | S                    | R                                  | S                                 | S                     | R                     | S                               |
| <b>Ciprofloxacine</b>                  | /                                       | /                                   | /  | S                    | /                                  | /                                 | /                     | /                     | /                               |

Tableau XX : Résultats de l'antibiogramme (Suite).

| Antibiotiques<br>Espèces                   | <i>Raoultella<br/>ornithinolytica</i><br>S1 | <i>Cronobacter<br/>sakazakii</i><br>S4 | <i>Raoultella<br/>ornithinolytica</i><br>S3 | <i>E.coli1</i><br>S1 | <i>Serratia<br/>liquefaciens</i><br>S2 | <i>Citrobacter<br/>freundii</i><br>S1 | <i>E.coli2</i><br>S3 | <i>E.coli1</i><br>S3 | <i>Serratia<br/>odorifera</i><br>S1 |
|--|---|--|---|----------------------|--|---------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Trimethoprim-<br/>sulphaméthoxazole</b> | <b>S</b>                                    | <b>S</b>                               | <b>S</b>                                    | <b>S</b>             | <b>S</b>                               | <b>S</b>                              | <b>S</b>             | <b>S</b>             | <b>S</b>                            |
| <b>Aztréoname</b>                          | <b>R</b>                                    | <b>S</b>                               | <b>S</b>                                    | <b>S</b>             | <b>S</b>                               | <b>S</b>                              | <b>S</b>             | <b>S</b>             | <b>S</b>                            |
| <b>Ampicilline</b>                         | <b>R</b>                                    | <b>R</b>                               | <b>R</b>                                    | <b>R</b>             | <b>R</b>                               | <b>S</b>                              | <b>R</b>             | <b>R</b>             | <b>R</b>                            |
| <b>Amoxicillin-acide<br/>clavulanique</b>  | <b>S</b>                                    | <b>S</b>                               | <b>S</b>                                    | <b>S</b>             | <b>S</b>                               | <b>S</b>                              | <b>S</b>             | <b>S</b>             | <b>R</b>                            |
| <b>Chloramphénicole</b>                    | <b>/</b>                                    | <b>S</b>                               | <b>R</b>                                    | <b>I</b>             | <b>S</b>                               | <b>S</b>                              | <b>/</b>             | <b>/</b>             | <b>/</b>                            |
| <b>Acide nalidixique</b>                   | <b>I</b>                                    | <b>/</b>                               | <b>/</b>                                    | <b>S</b>             | <b>S</b>                               | <b>S</b>                              | <b>S</b>             | <b>/</b>             | <b>S</b>                            |

Tableau XXI : Liste des antibiotiques, leurs familles et leurs diamètres critiques.

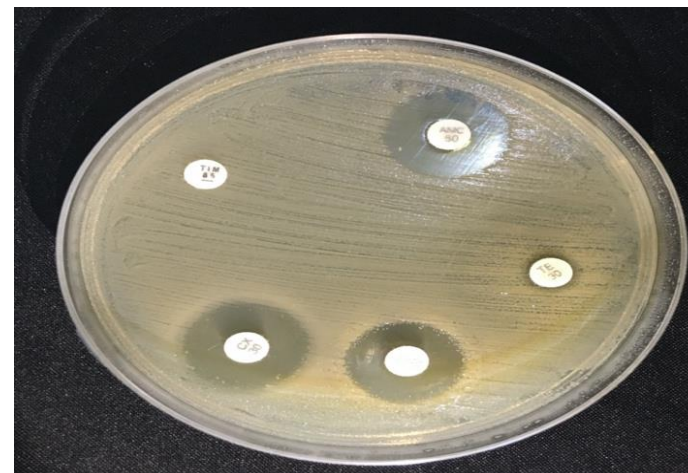
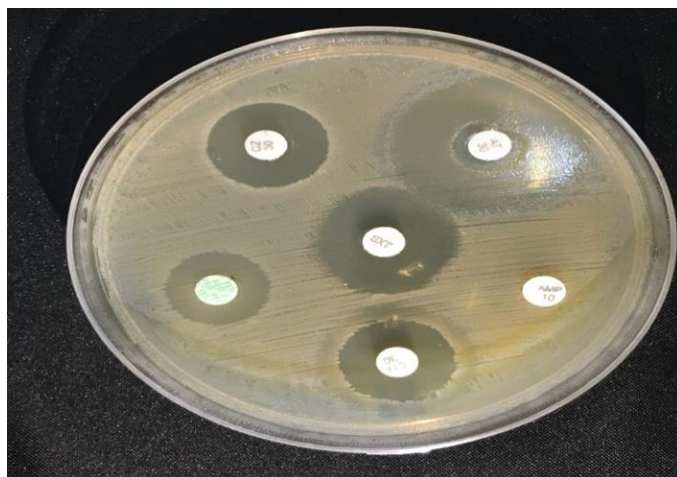
| Classes d'antibiotiques   | Antibiotiques                   | Abréviations | Charge du disque | Diamètre critique (mm) |     |
|---|---------------------------------|--------------|------------------|------------------------|-----|
|   |                                 |              |                  | S ≥                    | R < |
| Aminoglycosides   | Gentamicine                     | GEN          | 10 µg            | 17                     | 14  |
|   | Tobramycine                     | TMN          | 10 µg            | 17                     | 14  |
|   | Amikacine                       | AN           | 30 µg            | 16                     | 13  |
| Pénicillines antipseudomonales + inhibiteur de b-lactamase                    | Ticarcilline-acide clavulanique | TIM          | 85 µg            | 23                     | 20  |
| Céphalosporines à spectre non étendu ; 1e et céphalosporines de 2e génération | Céfazoline                      | CZ           | 30 µg            | 23                     | 19  |
| Céphalosporines à spectre étendu; céphalosporines de 3e et 4e générations     | Céfotaxime                      | CTX          | 30 µg            | 20                     | 17  |
|   | Céfépime                        | FEP          | 30 µg            | 27                     | 21  |
| Cèphamycines  | Céfoxitine                      | CX           | 30 µg            | 19                     | 15  |
| Fluoroquinolones  | Ciprofloxacine                  | CIP          | 5 µg             | 26                     | 24  |

Tableau XXI : Liste des antibiotiques, leurs familles et leurs diamètres critiques (Suite).

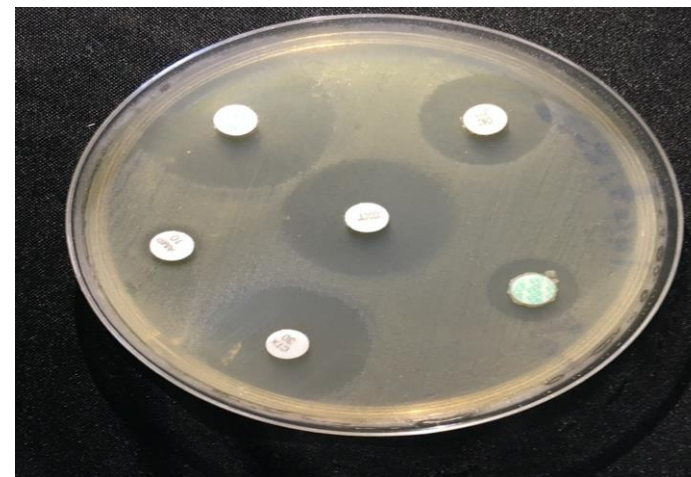
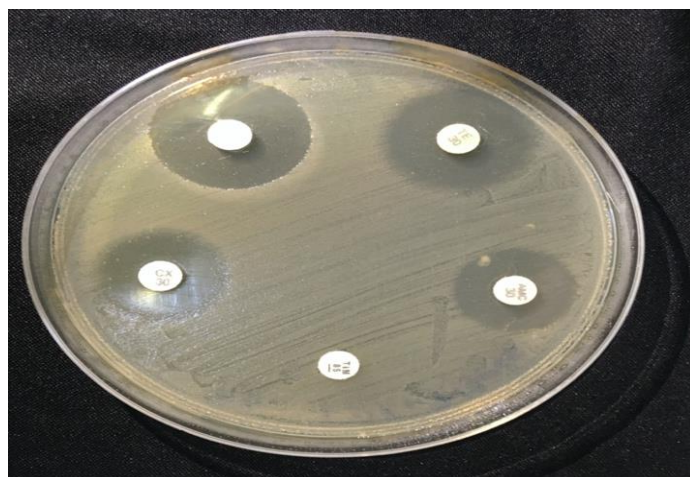
| Classes d'antibiotiques                   | Antibiotiques                   | Abréviations | Charge du disque | Diamètre critique (mm) |     |
|---|---------------------------------|--------------|------------------|------------------------|-----|
|   |                                 |              |                  | S ≥                    | R < |
| Inhibiteurs de la voie folate             | Triméthoprime-sulphaméthoxazole | SXT          | 25 µg            | 14                     | 11  |
| Monobactames                              | Aztréonam                       | AT           | 30 µg            | 26                     | 21  |
| Pénicillines                              | Ampicilline                     | AMP          | 10 µg            | 14                     | 14  |
| Pénicillines + inhibiteurs de b-lactamase | Amoxicillin-acide clavulanique  | AMC          | 10 µg            | 19                     | 19  |
| Phénicoles                                | Chloramphénicole                | CHL          | 30 µg            | 17                     | 17  |
| Quinolones                                | Acide nalidixique               | NA           | 30               | 19                     | 14  |

(Standardisation de l'antibiogramme à l'échelle nationale , 2011 ; Bonnet *et al.*, 2018 ; Magiorakos *et al.*, 2011)





Profil de résistance aux antibiotiques de *Raoultella ornithinolytica*.



Profil de résistance aux antibiotiques d'*E.coli*  
**Figure 34** : Quelques résultats de l'antibiogramme.

### Matériels de l'analyse bactériologique :

#### 1- Milieux de culture :

##### 1.1- Milieux liquides

- Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL) double concentration (D/C) et simple concentration(S/C).
- Milieu de Schubert .
- Milieu de Rothe Double Concentration (D/C) et Simple Concentration(S /C).
- Milieu d'Eva Litsky.
- Bouillon cœur-cervelle (BHIB).
- Bouillon tryptophane.
- Eau peptonnée alcaline (EPA).
- Bouillon au Sélénite de Sodium Cystéine (SFB).

##### 1.2- Milieux solides :

- Gélose lactose au Tergitol et au TTC
- Gélose Treptonnée au soja (TSA).
- Gélose de Slanetz et Bertley avec TTC .
- Gélose Bile Esculine Agar (BEA).
- Gélose Viande-Foie (VF) avec Sulfite de sodium et Alun de fer.
- Gélose Hektoen.
- Gélose Nutritive Alcaline et Biliée (GNAB).
- Gélose au cétrimide.
- Gélose King A.
- Gélose King B.
- Gélose Muller-Hinton.
- Mannitol mobilité.

#### 2- Réactifs et colorants :

- Kowacs ou James.
- Tryptophane désaminase (TDA).
- Voges-Proskauer (VP1 et VP2).
- Violet de gentiane
- Fuschine.
- Lugol.

#### 3- Verreries et autres ustensiles :

- Tube a essaie stérile.
- Portoir
- Glacière et poches de glace
- Boîtes Pétri grandes et petite
- Bec Bunzen.
- Pistolet a flamme.
- Pipette Pasteur.
- Anse de platine.
- Pince stérile.
- Lame et lamelle.
- Flacons stériles de 250 ml.
- Poire.
- Pipette graduée.
- Seringue.



- Membranes filtrantes en ester de cellulose.
- Galerie API20E.
- Disques d'antibiotiques.
- Disques d'oxydase

#### 4- Solutions :

- Alcool 96°.
- Eau physiologique stérile.
- L'huile d'immersion.
- L'huile de paraffine.
- L'eau de javel.

#### 5- Appareillages :

- Rampe de filtration sur membrane
- Étuve
- Bain marie
- Four pasteur
- Autoclave.

### Matériels de l'analyse physico-chimique :

#### 1-Réactifs :

- Réactif coloré.
- Réactif mixte .
- Réactif mélange (solution molybdate acide).
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l.
- Murexide(indicateur).
- Calcium, solution étalon de référence à 0,01 mol/l.
- EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l .
- Mordant noir 11, indicateur.

#### 2- Verreries et autres ustensiles :

- Pipettes (graduées et jaugées).
- Fioles.
- Béchers.
- Capsule en porcelaine.
- Burette de 25 à 50 ml.
- Cuve photométrique.
- Poire.
- Picette.
- Bouteilles de 1l.
- Barreaux magnétiques.

#### 3- Solutions :

- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium.
- Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l.
- Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l.
- Solution de lavage.
- Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l.

## Annexe C : Matériel

- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l.
- Acide sulfurique à 9 mol/L (dilution de 1/2).
- Acide ascorbique, solution,  $\rho = 100$  g/l.
- Orthophosphates, solution mère,  $\rho = 50$  mg/l.
- Orthophosphates, solution étalon,  $\rho = 2$  mg/l.
- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ) à 0.01N.
- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).
- Solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0,02 mol/l.
- Solution d'indicateur de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 100 g/l.
- Solution étalon de chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ ) à 0.02 mol/l.
- Solution d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 0.1 mol/l.
- Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) à 0.1 mol/l.
- Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou mono hydrogénocarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) en poudre.
- Acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) concentré à 37 %.
- Solution d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) à 0.01 N.
- Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%.
- Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré.
- Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.
- Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l.
- Hydroxyde de sodium, solution 2 N.
- Calcium, solution de référence à 100 mg/l.
- Solution tampon pH 10.
- Solution d'acide chlorhydrique à 10%.
- Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/l.
- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l.
- Solution de phénantroline-1,10.
- Solution tampon acétate.
- Solution mère de fer correspondant à 1 g/l.
- Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/l.
- Thiosulfate de sodium 0.028 N.
- Acide sulfurique, C ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) = 0.04 N.
- Acide ascorbique à 1%.
- Solution tampon pH 6.2.
- Eriochrome cyanine à 10 gr/litre.
- Solution fille d'ériochrome cyanine.
- Acide nitrique,  $\rho\text{HNO}_3 = 1.40$  g/l.
- Solution mère d'aluminium de 1000 mg/litre.
- Solution fille d'aluminium à 10 mg/l.

### 4- Appareillages :

- Etuve 105 ° C.
- Balance de précision.

## **Annexe C : Matériel**

- Dessicateur
- Conductimetre
- Turbidimètre
- Spectrophotomètre
- pH-mètre
- Thermomètre
- Agitateur

## Annexe D : Fiche de renseignement

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>FICHE DE PRELEVEMENT</b> | Identification :<br>Version :<br>Date de la version : |
|-----------------------------|---|

Laboratoire : .....

Nom du préleveur : .....


Heure de sortie : .....

Heure de retour : .....

| Lieu de<br>prélèvement | Date et heure<br>de prélèvement | Paramètres effectués sur site |       |    |       |       | Conditions de<br>prélèvement |              | Paramètres | Observations |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------|----|-------|-------|------------------------------|--------------|------------|--------------|
|                        |                                 | Cl <sub>2</sub>               | Temp. | pH | Cond. | Turb. | T°                           | Conservation |            |              |
|                        |                                 | mg/l                          | °C    | -  | µS/cm | NTU   |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |
|                        |                                 |                               |       |    |       |       |                              |              |            |              |

Emergement : .....

## Annexe E: Délais de conservation

|   |                            |                        |
|---|----------------------------|------------------------|
|  | <b>FICHE D'INFORMATION</b> | INQ-LAB 05             |
|   | LABORATOIRES DE L'ADE      | Version 2              |
|   | <b>DELAIS D'ANALYSE</b>    | 07/03/2012<br>Page 1/1 |

### Physico-chimie

| Identification | Nom de la méthode  | Délai et température de conservation  |
|----------------|--|---|
| MEAC-LAB 01    | Détermination du pH  | Entre 1 et 5 °C, 6 h <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB 02    | Détermination de la conductivité   | Entre 1 et 5 °C, 24 h <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB 03    | Détermination de la Turbidité  | Entre 1° et 5° C, 24 h <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB04     | Dosage de l'ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.     | Entre 1° et 5° C, 21 jours <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB05     | Dosage de nitrite NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.        | Entre 1° et 5°C, 24 h <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB06     | Dosage de phosphate PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.     | Entre 1° et 5° C, 1 mois <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB07     | Dosage de Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.      | Entre 1° et 5° C, 1 mois <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB08     | Détermination des Chlorures (Cl <sup>-</sup> ) par volumétrie  | Entre 1° et 5° C, 1 mois  |
| MEAC-LAB09     | Détermination de l'acidité et l'alcalinité (TA+TAC) par volumétrie                                     | Entre 1° et 5° C, 24 h <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB10     | Dosage des nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.      | Entre 1° et 5° C,<br>-Echantillons acidifié : 7 jours <sup>1</sup><br>-Non acidifié : 24 h <sup>1</sup> |
| MEAC-LAB11     | Dosage du Sodium (Na <sup>+</sup> ) et du Potassium (K <sup>+</sup> ) par spectrophotométrie de flamme | Entre 1° et 5° C, 1 mois <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB12     | Détermination de Calcium Ca <sup>++</sup> par volumétrie   | Entre 1° et 5° C, 01 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB13     | Détermination de la dureté totale (TH) par volumétrie  | Entre 1° et 5° C, 01 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB14     | Dosage du fer Fe par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.                                      | Entre 1° et 5° C, 01 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB15     | Dosage de manganèse Mn par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.                                | Entre 1° et 5° C, 01 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB16     | Dosage d'aluminium Al par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.                                 | Entre 1° et 5° C, 01 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB17     | Dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite.                     | Entre 1 et 5 °C, 1 mois <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB18     | Détermination de l'indice de permanganate (oxydabilité) par volumétrie                                 | Entre 1° et 5° C à l'abri de la lumière, 02 jours <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB19     | Détermination des résidus secs à 105°C   | Entre 1° et 5° C, 2 jours <sup>1</sup>  |
| MEAC-LAB20     | Détermination des matières en suspension   |   |
| MEAC-LAB21     | Détermination de la couleur  | Entre 1° et 5° C, 05 jours <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB22     | Détermination de l'odeur   | Entre 1° et 5° C, 06 h <sup>1</sup>   |
| MEAC-LAB23     | Dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique en mode flamme.                       | Entre 1 et 5 °C, 1 mois <sup>1</sup>  |

<sup>1</sup> ISO 5667/3-2003

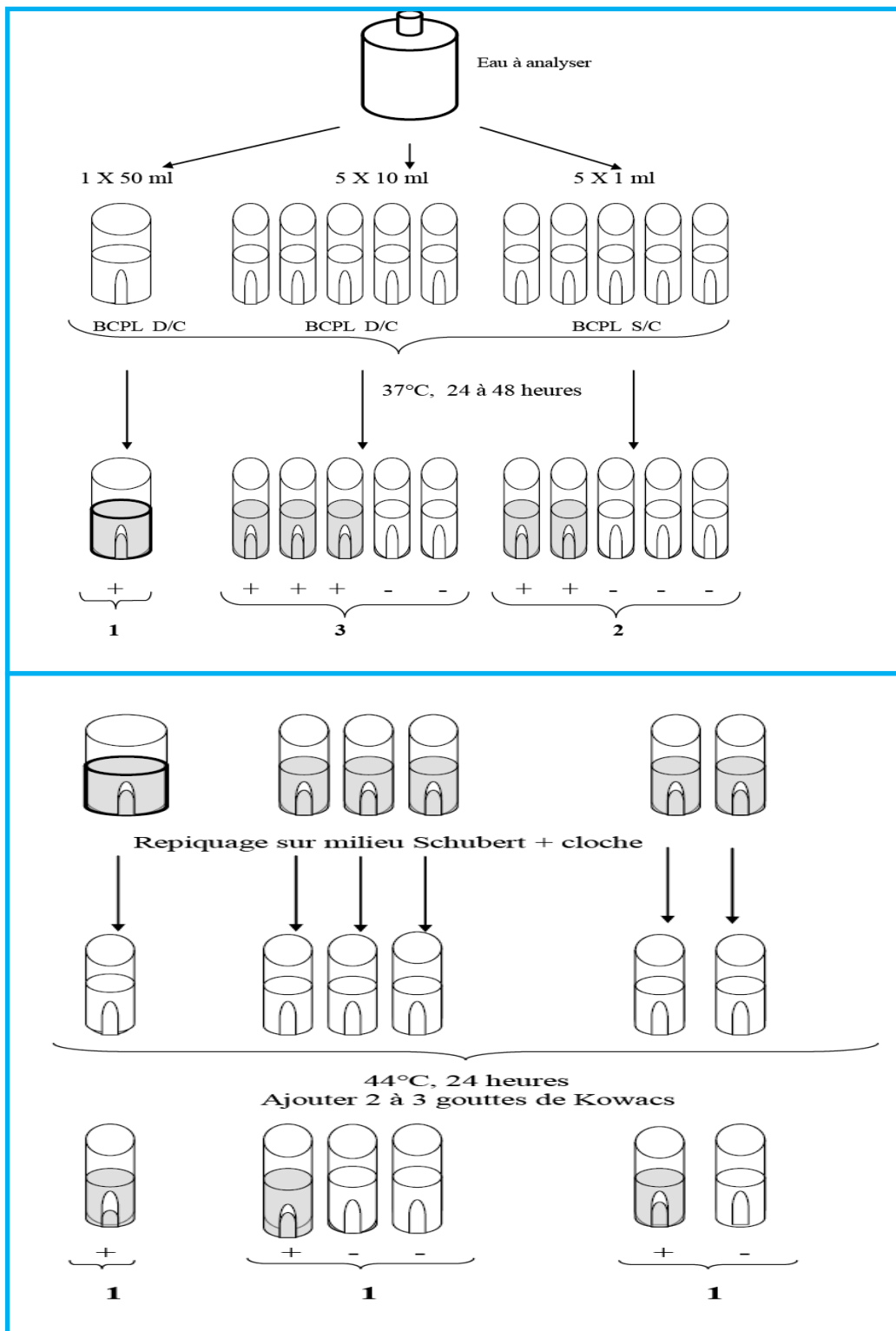


Figure 35 : Colimétrie par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP).

## Annexe F : Méthode NPP

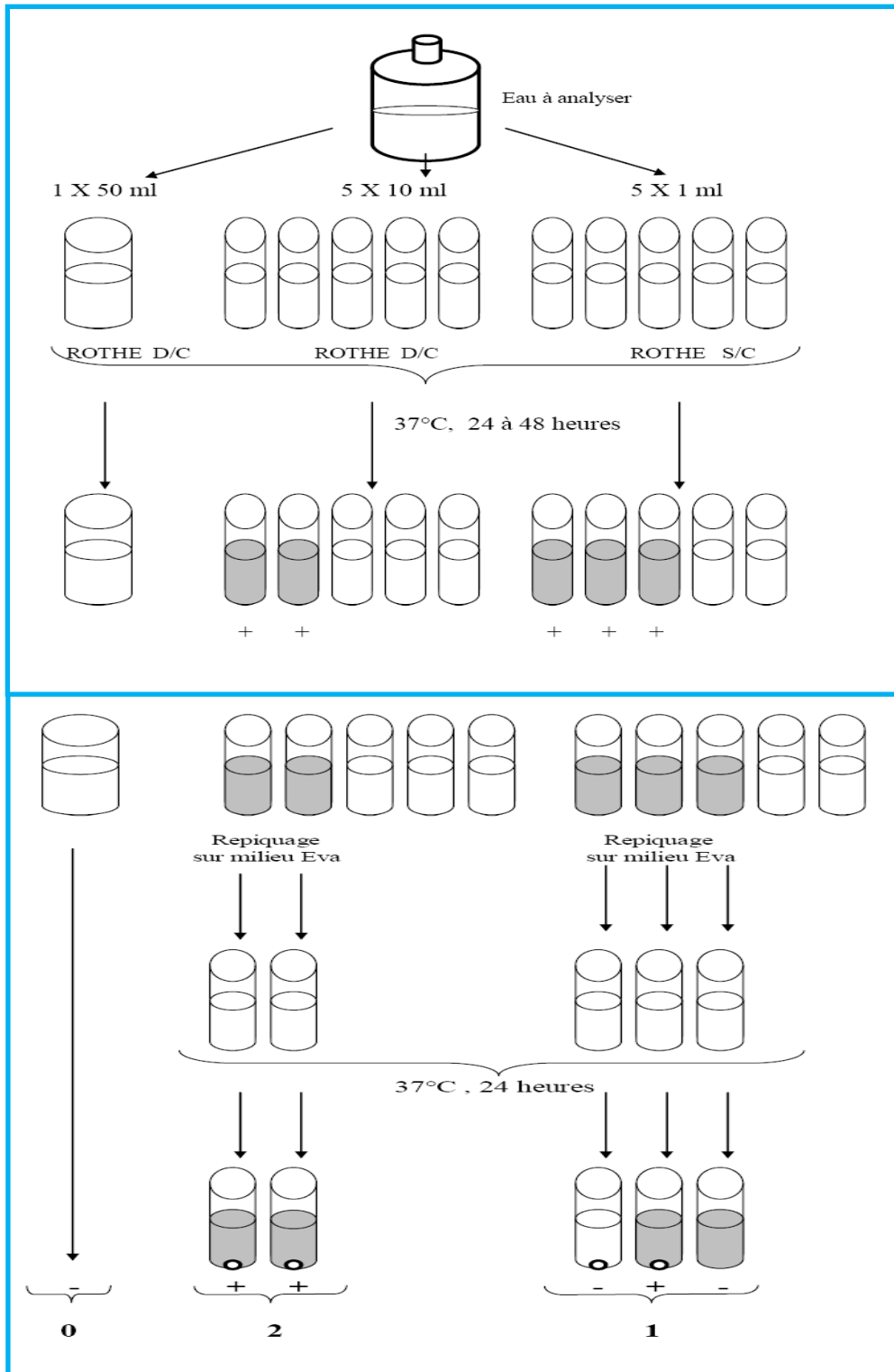


Figure 36 : Streptométrie par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP).

## Annexe F : Méthode NPP

Table NPP (Nombre Plus Probable)

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

**Figure 37** : Table de MacGrady.



### Coloration de Gram :

#### Objectif : (Denis ,2011)

Après chaque confirmation du Genre recherché, on réalise la coloration de Gram pour détecter les espèces avec une épaisse couche de peptidoglycane (Gram +), ou avec une couche de peptidoglycane plus fine (Gram -).

#### Principe

La coloration de Gram est une coloration différentielle distinguant les bactéries en fonction de la structure de leur paroi. La préparation est fixée sur une lame puis colorée et observé au microscope optique

#### Mode opératoire

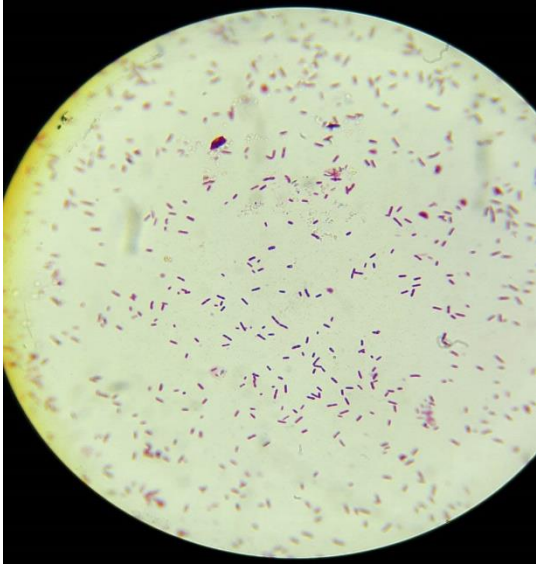
- Sur frottis fixé à la chaleur :

- Recouvrir la lame de violet de gentiane pendant 1 min, rejeter le violet de gentiane
- Recouvrir de lugol : 1 minute ; rejeter le lugol ;
- Décolorer à l'alcool, puis rincer à l'eau;
- Recouvrir la lame de fuchsine diluée, 30 secondes à 1 minute ; laver à l'eau
- Sécher entre deux feuilles de papier filtre,
- Examiner à l'immersion au grossissement ( $\times 100$ ).

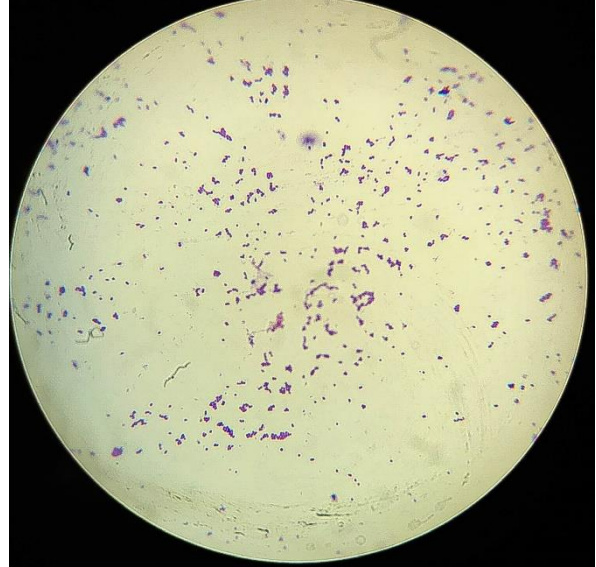
#### Expression des résultats :

Seules les bactéries à Gram positif restent colorées en violet après l'étape de décoloration, alors que les bactéries décolorées à l'étape précédente sont recolorées en rose par la fuchsine.

## Annexe G : Coloration de Gram



Bacille G- (Enterobacteriaceae)



Cocci G+(Enterococcaceae)

**Figure 38** : Coloration de Gram.

## Annexe H : Informations supplémentaires

**TableauXXII** : Les familles d'antibiotiques et leurs mécanismes d'action.






| Mécanisme d'action  | Famille d'antibiotiques   |
|---|---|
| <b>Inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire</b>         | Pénicilline céphalosporine carbapénème glycopeptide daptomycine monobactame.                |
| <b>Inhibition de la synthèse des protéines</b>                  | Tétracycline aminoglycoside, oxalidones, streptogramine, ketolide , macrolide, lincosamide. |
| <b>Inhibition de la synthèse de l'ADN</b>                       | Fluoroquinolone.  |
| <b>Inhibition compétitive de la synthèse de l'acide folique</b> | Sulfonamide, Triméthoprim.  |
| <b>Inhibition de la synthèse de l'ARN</b>                       | Rimfampine, autres mitronizadols.   |

(Kon et Rai, 2016)






## Annexe H : Informations supplémentaires

### Classification des souches identifiées (Delarras, 2014)






#### *Pseudomonas aeruginosa*

-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Proteobacteria*
-  Classe : *Gamma-proteobacteria*
-  Ordre : *Pseudomonadales*
-  Famille : *Pseudomonadaceae*






#### *Clostridium perfringens*

-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Firmicutes*
-  Classe : *Clostridia*
-  Ordre : *Clostridiales*
-  Famille : *Clostridiaceae*






#### *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Serratia lequifaciens*, *Serratia odorifera*, *Cornobacter sakazakii*, *Raoultella ornithinolytica* et *Salmonella pollorum*

-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Proteobacteria*
-  Classe : *Gamma-proteobacteria*
-  Ordre : *Enterobacteriales*
-  Famille : *Enterobacteriaceae*






#### *Enterococcus*

-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Firmicutes*
-  Classe : *Bacilli*
-  Ordre : *Lactobacillales*
-  Famille : *Enterococcaceae*

#### *Vibrio alginolyticus* et *Vibrio fluvialis*

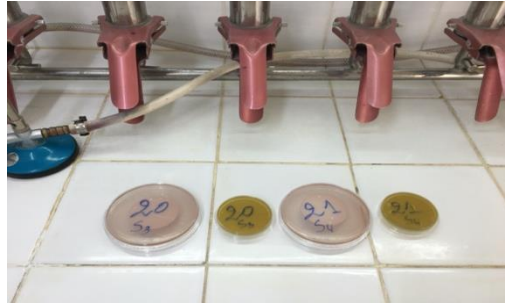
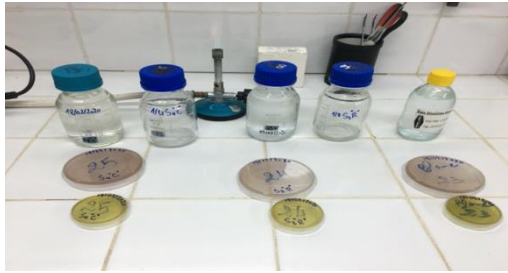
-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Proteobacteria*
-  Classe : *Gamma-proteobacteria*
-  Ordre : *Vibrionales*
-  Famille : *Vibrionaceae*

#### *Aeromonas hydrophila*

-  Domaine : *Bacteria*
-  Phylum : *Proteobacteria*
-  Classe : *Gamma-proteobacteria*
-  Ordre : *Aeromonadales*
-  Famille : *Aeromonadaaceae*

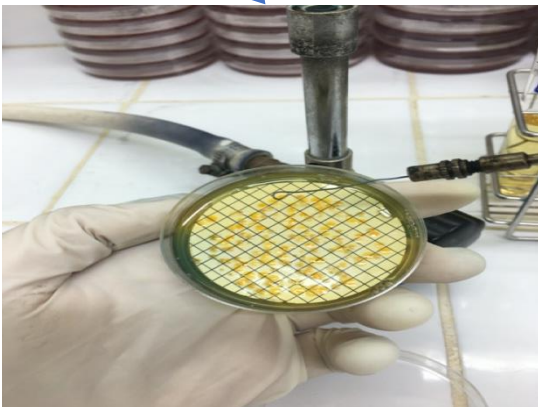
## Annexe H : Informations supplémentaires

### Prélèvement

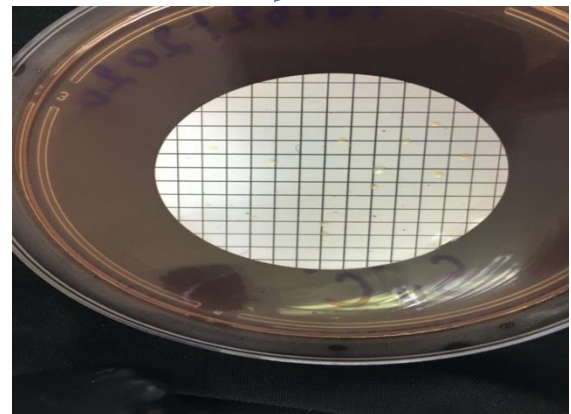


Filtration et dépôt des membranes sur les milieux.

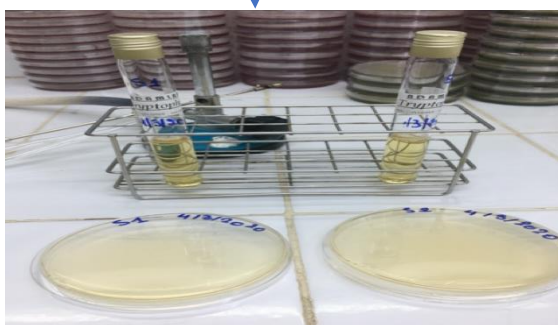
Incubation (24h à 37°C).



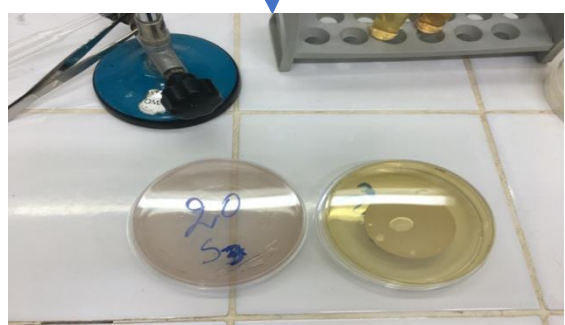
Culture sur gélose Tergitol.



Culture sur gélose Slanetz et Bartley.



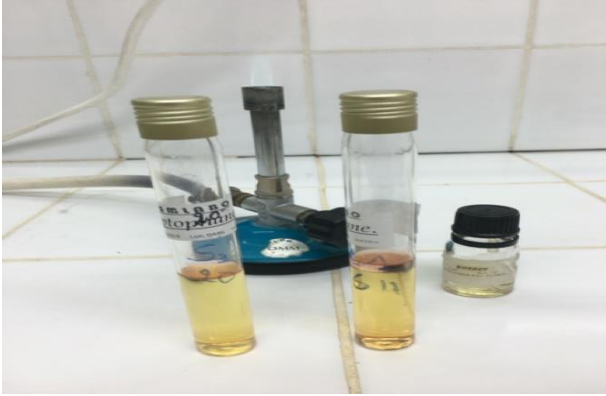
Ensemencement sur gélose TSA et bouillon tryptophane.



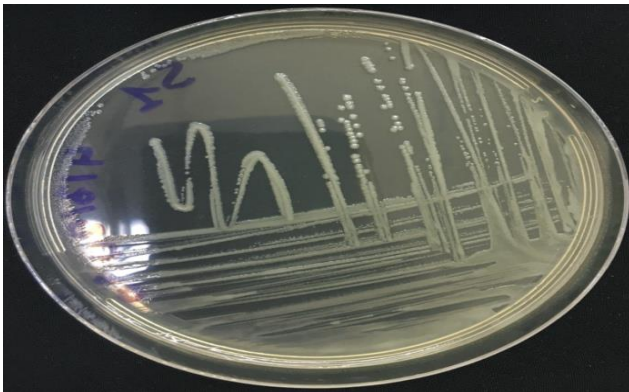
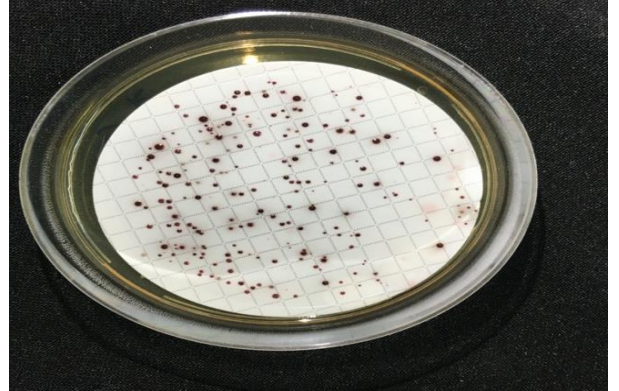
Transfert de la membrane sur gélose BEA.

## Annexe H : Informations supplémentaires

Incubation 24h a 37 °C pour le gélose TSA  
et a 44°C pour le bouillon tryptophane.

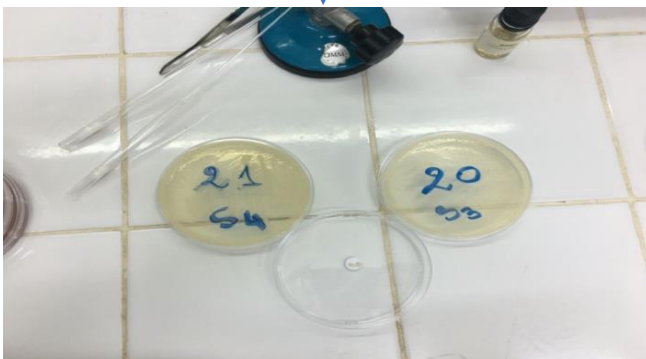


Incubation 2 h a 44°C.



Identification par les tests  
biochimiques complémentaires.

Culture sur gélose TSA.

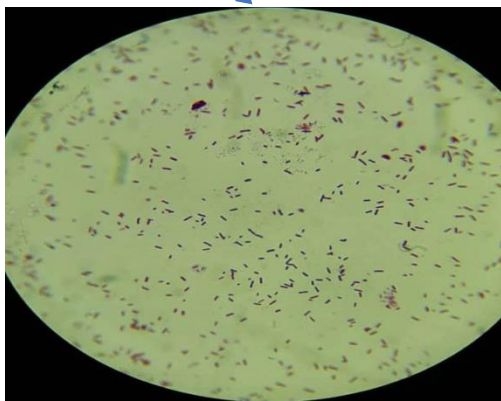
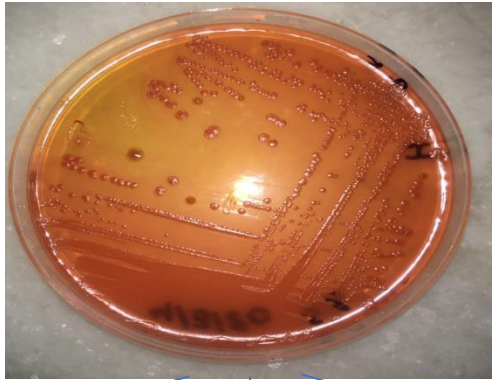


Test de l'oxydase depuis la gélose TSA  
(test de confirmation).

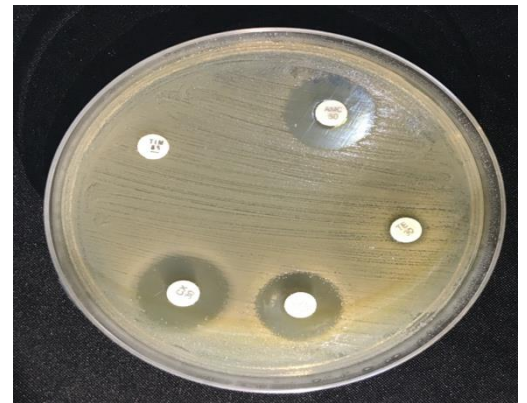


## Annexe H : Informations supplémentaires

Repiquage sur Hektoen à partir du Tergitol.



Coloration de Gram.



Antibiogramme sur milieu solide MH.



Identification par galerie API 20E®.

**Figure 39** : Schéma récapitulatif de la démarche d'identification des coliformes et entérocoques.

## Annexe H : Informations supplémentaires

**Tableau XXIII :** Catégories et agents antimicrobiens utilisés pour définir les MDR , les XDR et les PDR pour les entérobactéries.

| Antimicrobial category  | Antimicrobial agent   | Results of antimicrobial susceptibility testing (S or NS) | Species with intrinsic resistance to antimicrobial agents or categories (51) <sup>a</sup>   |
|---|---|---|---|
| Aminoglycosides   | Gentamicin  |   | <i>Providencia rettgeri</i> ( <i>P. rettgeri</i> ), <i>Providencia stuartii</i> ( <i>P. stuartii</i> )  |
|   | Tobramycin  |   | <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i>   |
|   | Amikacin  |   |   |
|   | Netilmicin  |   | <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i>   |
| Anti-MRSA cephalosporins  | Ceftaroline (approved only for <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> ) |   |   |
| Antipseudomonal penicillins + $\beta$ -lactamase inhibitors                 | Ticarcillin-clavulanic acid   |   | <i>Escherichia hermannii</i> ( <i>E. hermannii</i> )  |
|   | Piperacillin-tazobactam   |   | <i>E. hermannii</i>   |
| Carbapenems   | Ertapenem   |   |   |
|   | Imipenem  |   |   |
|   | Meropenem   |   |   |
|   | Doripenem   |   |   |
| Non-extended spectrum cephalosporins; 1st and 2nd generation cephalosporins | Cefazolin   |   | <i>Citrobacter freundii</i> ( <i>C. freundii</i> ), <i>Enterobacter aerogenes</i> ( <i>E. aerogenes</i> ), <i>Enterobacter cloacae</i> ( <i>E. cloacae</i> ), <i>Hafnia alvei</i> ( <i>H. alvei</i> ), <i>Morganella morganii</i> ( <i>M. morganii</i> ), <i>Proteus penneri</i> ( <i>P. penneri</i> ), <i>Proteus vulgaris</i> ( <i>P. vulgaris</i> ), <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> , <i>Serratia marcescens</i> ( <i>S. marcescens</i> ) |
|   | Cefuroxime  |   | <i>M. morganii</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>S. marcescens</i>  |
|   | Cefepime  |   |   |
| Cephamecins   | Cefoxitin   |   | <i>C. freundii</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>H. alvei</i>  |
|   | Cefotetan   |   | <i>C. freundii</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>H. alvei</i>  |
| Fluoroquinolones  | Ciprofloxacin   |   |   |
| Folate pathway inhibitors   | Trimethoprim-sulphamethoxazole  |   |   |
| Glycylcyclines  | Tigecycline   |   | <i>M. morganii</i> , <i>Proteus mirabilis</i> ( <i>P. mirabilis</i> ), <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i>   |
| Monobactams   | Aztreonam   |   |   |
| Penicillins   | Ampicillin  |   | <i>Citrobacter koseri</i> ( <i>C. koseri</i> ), <i>C. freundii</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>E. hermannii</i> , <i>H. alvei</i> , <i>Klebsiellae</i> spp., <i>M. morganii</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> , <i>S. marcescens</i>  |
| Penicillins + $\beta$ -lactamase inhibitors                                 | Amoxicillin-clavulanic acid   |   | <i>C. freundii</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>H. alvei</i> , <i>M. morganii</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> , <i>S. marcescens</i>  |
|   | Ampicillin-sulbactam  |   | <i>C. freundii</i> , <i>C. koseri</i> , <i>E. aerogenes</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>H. alvei</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>S. marcescens</i>   |
| Phenicol  | Chloramphenicol   |   |   |
| Phosphonic acids  | Fosfomycin  |   |   |
| Polymyxins  | Colistin  |   | <i>M. morganii</i> , <i>P. mirabilis</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> , <i>S. marcescens</i>  |

(Magiorakos *al.*,2011)



## Annexe H : Informations supplémentaires

**Tableau XXIII : Catégories et agents antimicrobiens utilisés pour définir les MDR , les XDR et les PDR pour les entérobactéries (Suite)**

| Antimicrobial category | Antimicrobial agent | Results of antimicrobial susceptibility testing (S or NS) | Species with intrinsic resistance to antimicrobial agents or categories (51) <sup>a</sup>                                  |
|------------------------|---------------------|---|--|
| Tetracyclines          | Tetracycline        |   | <i>M. morgani</i> , <i>P. mirabilis</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i> |
|                        | Doxycycline         |   | <i>M. morgani</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i>                       |
|                        | Minocycline         |   | <i>M. morgani</i> , <i>P. penneri</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. rettgeri</i> , <i>P. stuartii</i>                       |

Criteria for defining MDR, XDR and PDR in *Enterobacteriaceae*  
 MDR: non-susceptible to  $\geq 1$  agent in  $\geq 3$  antimicrobial categories.  
 XDR: non-susceptible to  $\geq 1$  agent in all but  $\leq 2$  categories.  
 PDR: non-susceptible to all antimicrobial agents listed.  
<sup>a</sup>When a species has intrinsic resistance to an antimicrobial agent or to the whole category, that agent or category must be removed from the list in this table prior to applying the criteria for the definitions and should not be counted when calculating the number of agents or categories to which the bacterial isolate is non-susceptible.  
[http://www.ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/ARHAI/Pages/public\\_consultation\\_clinical\\_microbiology\\_infection\\_article.aspx](http://www.ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/ARHAI/Pages/public_consultation_clinical_microbiology_infection_article.aspx).

(Magiorakos *al.*,2011)

**Tableau XXIV : Liste d'antibiotiques utilisés au niveau des laboratoires médicaux depuis 1999 en Algérie.**

### FEUILLE DE RÉSULTATS ANTIBIOGRAMME

Interprétation : S : sensible - I : intermédiaire - R : résistant

SANOFI DIAGNOSTICS PASTEUR

Code 50252 / 07-99

|  |   |
|--|---|
| <p><b>NOM et PRÉNOM</b><br/><b>ADRESSE</b><br/><b>RÉFÉRENCE</b><br/><b>EXAMEN DEMANDÉ PAR</b><br/><b>ORIGINE DU PRÉLÈVEMENT</b><br/><b>GERME ISOLÉ</b></p> | <p><b>DATE</b><br/><b>CACHET DU LABORATOIRE</b></p> |
|--|---|

| ANTIBIOTIQUES   | CHARGE DU DISQUE | SIGLE | RÉSULTATS |   |   | CONCENTRATIONS CRITIQUES mg/l |
|---|------------------|-------|-----------|---|---|-------------------------------|
|   |                  |       | S         | I | R |                               |
| <b>PÉNICILLINES</b>   |                  |       |           |   |   |                               |
| <b>PÉNICILLINE G ET DÉRIVÉS</b>   |                  |       |           |   |   |                               |
| Benzylpénicilline   | 6 µg (10 UI)     | P     |           |   |   | 0,25-16                       |
| <b>PÉNICILLINES A</b>   |                  |       |           |   |   |                               |
| Ampicilline et dérivés  |                  |       |           |   |   |                               |
| Ampicilline   | 10 µg            | FAM   |           |   |   | 4-16                          |
| Ampicilline + sulbactam   | 10 µg + 10 µg    | FAM   |           |   |   | 4-16                          |
| Amoxicilline  | 25 µg            | AMK   |           |   |   | 4-16                          |
| Amoxicilline + Ac. clavulanique   | 25 µg + 10 µg    | AMC   |           |   |   | 4-16                          |
| Ticarcilline (en M)   |                  |       |           |   |   |                               |
| Ticarcilline  | 75 µg            | TIC   |           |   |   | 16-64                         |
| Entérocarbapénèmes - P. aeruginosa  |                  |       |           |   |   |                               |
| Ticarcilline + Ac. clavulanique   | 75 µg + 10 µg    | TCC   |           |   |   | 16-64                         |
| Entérocarbapénèmes - P. aeruginosa  |                  |       |           |   |   |                               |
| Meropenem   | 75 µg            | MZ    |           |   |   | 8-32                          |
| Pseudomonas   |                  |       |           |   |   |                               |
| Piperacilline (en M)  | 75 µg            | PIP   |           |   |   | 16-64                         |
| Entérocarbapénèmes  |                  |       |           |   |   |                               |
| Piperacilline + Tazobactam  | 75 µg + 10 µg    | TZP   |           |   |   | 16-64                         |
| Entérocarbapénèmes  |                  |       |           |   |   |                               |
| Résultats valables pour les pénicillines M et les Céphalosporines étudiées à 30°C, ou sur milieu hyperosmolaire à 37°C. |                  |       |           |   |   |                               |
| <b>PÉNICILLINES M (méthylglocococ)</b>  |                  |       |           |   |   |                               |
| Oxacilline  | 5 µg             | OX    |           |   |   | 2                             |
| Méfloxacine   |                  |       |           |   |   |                               |
| Cloxacilline  |                  |       |           |   |   |                               |
| <b>AMIDINOPÉNICILLINES</b>  |                  |       |           |   |   |                               |
| Mélocilline   | 10 µg            | MEC   |           |   |   | 2-8                           |
| <b>CARBAPÉNÈME</b>  |                  |       |           |   |   |                               |
| Imipénème   | 10 µg            | IMP   |           |   |   | 4-8                           |
| <b>CÉPHALOSPORINES</b>  |                  |       |           |   |   |                               |
| Céfalosporines  |                  |       |           |   |   |                               |
| Céfalexine  | 30 µg            | CF    |           |   |   | 8-32                          |
| Céfuroxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFX   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime + OZ   |                  | CFZ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFE   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFD   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFJ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFK   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFL   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFM   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFN   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFO   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFP   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFQ   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFR   |           |   |   |                               |
| Céfotaxime  |                  | CFI   |           |   |   |                               |