

**République Algérienne Démocratique et populaire.**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.**  
**Université Saad Dahleb Blida -1-**  
**Faculté des sciences de la nature et de la vie.**  
**Département : Biologie et Physiologie Cellulaire.**



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du**  
**Diplôme de Master**  
**Option : Microbiologie**

## **Thème**

# **Etude de la qualité hygiénique des eaux de sources d'Ain Tagourait (W.Tipaza).**

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

**Présenté par : Mlle : Doudouh Youssra Mlle : Souki Faiza**

**Devant le jury :**

<b>Présidente</b>	<b>Saidi F.</b>	<b>Professeur</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>Zerrouti K.</b>	<b>MAA</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>Promotrice</b>	<b>Tobal SEGHIR S.</b>	<b>MAA</b>	<b>USD-Blida1</b>
<b>Copromotrice</b>	<b>Hamaidi F.</b>	<b>Professeur</b>	<b>USD-Blida1</b>

**Année universitaire : 2019/2020**

## **Remerciement...**

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le « **bon Dieu** » qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions Mme **SAIDI F.** professeur à U.S.D.B pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'être la présidente du jury.*

*Nous remercions également Mme **ZERROUTI K.** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'être l'examinatrice de ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier notre promotrice **Mme TOBAL SEGHIR S.** Pour sa patience sa disponibilité, et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion. Nous remercions également notre copromotrice **Mme Hamaidi F.** pour sa disponibilité, son aide et sa gentillesse.*

*Nous tenons à remercier très énormément **Mr. LETLOUT H.** Responsable du Laboratoire d'hygiène de Tipaza pour sa qualité humaine, sa gentillesse, on le salue également pour son aide et ses conseils durant la période de notre stage, ainsi que toute son équipe pour leurs précieuses aides et orientations toute au long de nos activités.*

*Nous remercions encore le responsable de la STEP SEEAL « Chenoua », au responsable de La « Station Metidja Ouest a Ahmer el Ain » et au responsable de Laboratoire « Pharmalliance ».*

*Nous adressons également nos sincères remerciements, à tous nos enseignants du département de Biologie et Physiologie Cellulaire pour leurs efforts dans notre formation tout au long du cursus universitaire.*

*Nous tenons à remercier très sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire par leurs conseils et leurs encouragements.*

## ***Dédicace...***

*Je dédie ce travail en premier lieu à mes chers parents*

*« Abdelkader » et « Kenza ».*

*Maman, ma source de tendresse et d'amour, je te remercie énormément pour tes prières, ton sacrifice, ta disponibilité toujours et surtout durant la réalisation de ce mémoire et durant toute ma vie que dieu te garde pour nous.*

*Mon chers Papa, Mon exemple d'honnêteté, je te remercie pour ton amour, ton soutien pour aller jusqu'au bout de mes ambitions, ton sacrifice et ta disponibilité durant toute ma vie.*

*A ma chère unique sœur Salsabile, ma confidente, que dieu te garde pour moi.*

*A mes chers frères « Soheib » et « Mohamed Nadhir ».*

*A mon amie, mon binome, « Faiza », merci pour ton soutien.*

*A mes amis : Aya, Zahra, Rania, Rayane,*

*A toute ma famille.*

*A toute mes autres amis.*

*A mes camarades, 2<sup>eme</sup> année Master spécialité « Microbiologie » de Promotion 2020.*

*Youssra*

## ***Dédicace...***

*Je dédie ce mémoire :*

*À notre prophète MOHAMED QUE DIEU LUI SALUT ET BENIR.*

*À tous les musulmans dans le monde entier.*

*À MES CHERS PARENTS aucune dédicace ne serait satisfaisante pour exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie.*

*À mon enseignant et deuxième père Moustapha Djarmouni qui m'a apporté son soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.*

*À mes chères sœurs « Nabila et Hayet », que dieu les protègent, à notre grande famille, petits et grands, à ma chère amis Ouarda un membre de famille que je l'ai choisit moi-même.*

*À mon binôme et patiente amie Youssra je te remercie énormément pour ton sérieux et ton courage durant cette année.*

*Aussi un grand merci également à Assia aourir pour avoir eu la patience de répondre à mes innombrables questions.*

*Et enfin, à toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire, du près ou de loin.*

*Faiza*

## Liste des Figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Le cycle de l'eau.	<b>04</b>
<b>Figure 02</b>	Évolution du pH de virage du TAC en fonction de la concentration en carbone minéral total.	<b>09</b>
<b>Figure 03</b>	Différents mécanismes d'antibiorésistance.	<b>16</b>
<b>Figure 04</b>	Localisation des quatre sources dans la ville d'Ain Tagourait.	<b>18</b>
<b>Figure 05</b>	Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membrane.	<b>28</b>
<b>Figure 06</b>	Gram positif.	<b>33</b>
<b>Figure 07</b>	Gram négatif.	<b>33</b>
<b>Figure 08</b>	Test catalase positif (à droite) catalase négatif (à gauche).	<b>34</b>
<b>Figure 09</b>	Oxydase négatif.	<b>35</b>
<b>Figure 10</b>	Oxydase positif.	<b>35</b>
<b>Figure 11</b>	Galerie Api 20 <sup>E</sup> miniaturiséeensemencée.	<b>36</b>
<b>Figure 12</b>	Illustration de l'identification d'une seule colonie par la galerie d'Api 20E miniaturisée.	<b>48</b>
<b>Figure 13</b>	Photo de la cascade Ain Tagourait.	<b>Annexe I</b>
<b>Figure 14</b>	Point de prélèvement de l'eau de La source « Cascade ».	<b>Annexe I</b>
<b>Figure 15</b>	Photo d'Ain Marssi.	<b>Annexe I</b>
<b>Figure 16</b>	Spectrophotomètre.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 17</b>	Conductimètre.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 18</b>	pH-mètre.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 19</b>	Etuve.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 20</b>	Agitateur magnétique.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 21</b>	Balance analytique.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 22</b>	Turbidimètre.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 23</b>	Spectrophotomètre.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 24</b>	Manteau chauffant.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 25</b>	Rampe de filtration.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 26</b>	Pistolet.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 27</b>	Buc Bensen.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 28</b>	Filtres de 0.45 µm.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 29</b>	Bain Marie.	<b>Annexe V</b>
<b>Figure 30</b>	Hotte à flux laminaire.	<b>Annexe V</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Classification des eaux selon la conductivité.	<b>7</b>
<b>Tableau II</b>	Classes des ATB et leurs modes d'action.	<b>15</b>
<b>Tableau III</b>	Précipitations à Ain Tagourait durant la période de l'étude.	<b>19</b>
<b>Tableau IV</b>	Calendrier des prélèvements physico-chimiques.	<b>20</b>
<b>Tableau V</b>	Calendrier des prélèvements microbiologiques.	<b>20</b>
<b>Tableau VI</b>	Les résultats des analyses organoleptiques (Source 1 et 2).	<b>38</b>
<b>Tableau VII</b>	Les résultats des analysés physico-chimiques (Source 1 et 2).	<b>39</b>
<b>Tableau VIII</b>	Goût de l'eau avec différentes concentrations de TDS.	<b>41</b>
<b>Tableau IX</b>	Classification de l'eau selon le TH.	<b>44</b>
<b>Tableau X</b>	Résultats des analyses bactériologiques (Source 01 et 02).	<b>46</b>
<b>Tableau XI</b>	Résultats de mesures des zones d'inhibition pour les Streptocoques détectées exprimés en millimètres.	<b>49</b>
<b>Tableau XII</b>	Les résultats des analyses organoleptiques des Sources (3) et (4).	<b>50</b>
<b>Tableau XIII</b>	Résultats des analyses physico-chimiques des Sources (3) et (4).	<b>50</b>
<b>Tableau XIV</b>	Résultats des analyses microbiologiques des Sources (3) et (4).	<b>52</b>
<b>Tableau XV</b>	Résultats des testes d'Identification des germes aérobie mésophiles totaux.	<b>53</b>
<b>Tableau XVI</b>	Les antibiotiques utilisés et leurs concentrations ainsi que les valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition.	<b>Annexe III</b>
<b>Tableau XVII</b>	Normes Algérienne de potabilité des paramètres physico-chimiques des eaux de consommation.	<b>Annexe IV</b>
<b>Tableau XVIII</b>	Normes Algérienne de potabilité des paramètres microbiologiques des eaux de consommation.	<b>Annexe IV</b>

## Liste des abréviations

**ADN:** Acide désoxyribonucléique.

**ATB :** Antibiotique.

**BEA :** Bile Esculine Azoture.

**BLSE :**  $\beta$  -lactamase à spectre élargi.

**BMR :** Bactéries multi-résistantes.

**BPS :** Bactéries pathogènes spécifiques.

**Covid-19:** Corona virus disease-19.

**DPD:** Diethylparaphenylene diamine.

**EDTA:** Éthylènediaminetétraacétique.

**EPA :** Eau Peptonée Alcaline.

**°F :** Degré français.

**GN :** Gélose Nutritive.

**GNAB :** Gélose Nutritive Alcaline Biliée.

**J.O.R.A.D.P:** Journal officiel de la république Algérienne démocratique et populaire.

**J.O.R.F:** Journal officiel de la république Française.

**NTU :** Nephelometric Turbidity unit.

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

**PBP:** Penicillin-binding proteins.

**pH :** Potentiel d'hydrogène.

**SFB :** Bouillon Sélénite cystine.

**TA :** Titre alcalimétrique simple.

**TAC :** Titre alcalimétrique complet.

**TDS:** Total Dissolved Solids.

**TSA:** Gélose trypticase soja.

**TTC:** Gélose lactosée au Tergitol 7 et au TTC.

**UFC:** Unité Formant Colonie.

**VF:** Viande foie.

## Glossaire

**Atmosphère :** enveloppe gazeuse entourant la Terre que l'on appelle air.

**Ecosystème :** un ensemble formé par une communauté d'êtres vivants en interrelation avec son environnement. Les composants de l'écosystème développent un dense réseau de dépendances, d'échanges d'énergie, d'information et de matière permettant le maintien et le développement de la vie.

**Hydrosphère :** ensemble des zones d'une planète où l'eau est présente. Elle concerne aussi bien l'eau sous forme liquide (océans, fleuves, nappes phréatiques, etc.), que sous forme solide (glaciers, banquise, neiges éternelles, etc.) ou gazeuse (vapeur d'eau).

**Lithosphère :** enveloppe rigide de la surface de la Terre. Elle comprend la croûte terrestre et une partie du manteau supérieur. Elle est divisée en un certain nombre de plaques tectoniques, également appelées plaques lithosphériques.

**Matière colloïdales :** un colloïde est la suspension d'une ou plusieurs substances, dispersées régulièrement dans une autre substance, formant un système à deux phases séparées. Dans un fluide, il forme une dispersion homogène de particules dont les dimensions vont du nanomètre au micromètre.

**Myocardite :** inflammation au niveau du muscle cardiaque. Celle-ci est généralement d'origine infectieuse. La myocardite est asymptomatique et bénigne dans la majorité des cas. Néanmoins, une surveillance médicale est recommandée pour prévenir le risque de complications cardiovasculaires graves.

**Nappe aquifère :** est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potable.

**Eutrophisation :** déséquilibre du milieu provoqué par l'augmentation de la concentration d'azote et de phosphore dans le milieu. ... Elle est caractérisée par une croissance excessive des plantes et des algues due à la forte disponibilité des nutriments.

**Roches gypseuses :** une roche évaporite majeure, constituée principalement du gypse, qui est un minéral composé de sulfate de calcium.

**Surface piézométrique :** l'altitude ou la profondeur de la limite entre la nappe phréatique et la zone vadose dans une formation aquifère.



## Résumé

Les eaux de sources d'Ain Tagourait représentent depuis longtemps une ressource importante en eau potable pour les habitants de cette ville et ses environs.

Notre étude a pour objectif d'étudier pour la première fois la qualité hygiénique des eaux de 4 sources situées dans différents points de la commune « Ain Tagourait » (W. Tipaza). Elle est basée sur deux types d'analyses : physico-chimique et microbiologique qui permettent de révéler le degré de la pollution.

L'analyse physico-chimique basée sur la mesure de différents paramètres à savoir, physiques (La température, le pH, la conductivité, la turbidité, la salinité le TDS) chimiques ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , TH, TAC, Fe).

L'analyse bactériologique basée sur la recherche des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques, des vibrions, des Clostridium Sulfito-réducteurs.

Les paramètres physico-chimiques effectués sont conformes aux normes de potabilité de l'eau à l'exception des nitrates des deux sources « Cascade » et « Ain Marssi ».

Les eaux de « Cascade », « Moulat el-Ain » et « Djellouli » sont de mauvaise qualité bactériologique.

Les antibiogrammes effectués ont montrés que le profil de résistance des souches isolées de Streptocoques présentent est variable.

**Mots clés :** Eau de source, analyses bactériologiques, analyses physico-chimiques, identification, antibiorésistance.

## ملخص

تمثل مياه الينابيع بعين تاغورايت منذ القدم مصدرا مهما لمياه الشرب لسكان هذه المدينة و ضواحيها.

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة الجودة لأربع ينابيع مائية واقعة في مناطق مختلفة من بلدية "عين تاغورايت" (ولاية تيبازة). وهي تقوم على نوعين من التحاليل: فيزيائية - كيميائية وتحاليل ميكروبيولوجية بهدف الكشف عن درجة التلوث.

أهم الخصائص الفيزيائية المدروسة (درجة الحرارة ، درجة الحموضة ، قابلية النقل الكهربائي ، التعكر ، الملوحة ، مجموع المواد الصلبة الذائبة).

والكيميائية ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$ , TH, TAC, Fe).

تهدف التحاليل البكتريولوجية إلى البحث عن القولونيات الكلية والبرازية ، المكورات العقدية ، جراثيم الضمة . المعايير الفيزيائية والكيميائية المنفذة تتوافق مع معايير المياه الصالحة للشرب باستثناء النترا من مصدرى "كاسكيد" و "عين مرسي".

مياه "كاسكيد" و "مولات العين" و "جلولي" رديئة النوعية البكتريولوجية.

أظهرت نتائج المضادات الحيوية التي تم إجراؤها أن مظهر المقاومة لسلاسل المكورات العقدية التي تم عزلها كان متغيرا.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الينابيع ، التحاليل البكتريولوجية ، التحاليل الفيزيائية والكيميائية ، التحديد ، مقاومة المضادات الحيوية.

## Abstract

The spring water of Ain Tagourait has been an important resource of drinking water for the inhabitants of this city and its surroundings.

The objective of our study is to study for the first time the hygienic quality of the water from four springs located in different places of the commune "Ain Tagourait" (W. Tipaza). It is based on two types of analyses: physico-chemical and microbiological, which reveal the degree of pollution.

Physico-chemical analysis based on the measurement of different parameters, namely, physical (temperature, pH, conductivity, turbidity, salinity, TDS) and chemical ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , TH, TAC, Fe).

Bacteriological analysis based on the search for Total and Fecal Coliforms, Streptococci, Vibrio, Clostridium Sulfito-reducing.

Physico-chemical parameters carried out are in conformity with the standards of potability of the water except for nitrates from the two sources "Cascade" and "Ain Marssi".

The waters of "Cascade", "Moulat el-Ain" and "Djellouli" are of poor bacteriological quality. Antibiograms performed showed that the resistance profile of the isolated Streptococcus strains present is variable.

**Key words:** Spring water, bacteriological analyses, physico-chemical analyses, identification, antibioresistance.

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

**Introduction ..... 1**

## **I. Synthèse bibliographique**

**I.1. Généralité sur l'eau ..... 3**

I.1.1. Définition ..... 3

I.1.2. Le cycle de l'eau ..... 3

I.1.2.1. Le cycle externe de l'eau ..... 3

I.1.2.2. Le cycle interne de l'eau ..... 3

**I.2. Les sources d'eau ..... 4**

I.2.1. Définition ..... 4

I.2.2. Les différents types de sources ..... 4

**I.3. La pollution des eaux de sources ..... 5**

I.3.1. Principales origines de la pollution des eaux souterraines ..... 5

**I.4. Paramètres de qualité des eaux de sources ..... 5**

I.4.1. Les paramètres organoleptiques ..... 6

I.4.2. Les paramètres physicochimiques ..... 6

I.4.2.1. Les paramètres physiques ..... 6

I.4.2.2. Paramètres chimiques ..... 8

I.4.3. Paramètres microbiologiques ..... 11

I.4.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale ..... 11

I.4.3.2. Germes pathogènes ..... 13

**I.5. Les maladies à transmission hydrique ..... 13**

I.5.1. Les agents pathogènes ..... 13

I.5.2. Mode de transmission ..... 14

**I.6. Contamination des eaux par des bactéries multirésistantes ..... 14**

I.6.1. Définition d'un antibiotique ..... 14

I.6.2. Classification et mode d'action des antibiotiques ..... 15

I.6.3. Définition de l'antibiorésistance ..... 15

I.6.3.1. La nature de l'antibiorésistance ..... 15

I.6.3.2. Mécanisme de la résistance ..... 16

I.6.3.3. La lutte contre l'antibiorésistance .....	17
I.6.4. Diffusion de la résistance aux antibiotiques dans l'eau .....	17

## **II. Matériel et méthodes**

<b>II.1. Position géographique d'Ain Tagourait .....</b>	<b>18</b>
<b>II.2. Localisation géographique des quatre sources .....</b>	<b>18</b>
<b>II.3. Précipitations Durant la période de cette étude .....</b>	<b>18</b>
<b>II.4. Analyse de l'eau .....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.1. Matériel .....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.2. Échantillonnage et mode de prélèvement .....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.3. Transport et conservation .....</b>	<b>21</b>
<b>II.4.4. Analyses organoleptiques .....</b>	<b>21</b>
II.4.4.1. La couleur .....	21
II.4.4.2. Le gout et l'odeur .....	21
<b>II.4.5. Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>21</b>
II.4.5.1. Analyses Physique .....	21
II.4.5.2. Analyses Chimiques .....	22
<b>II.4.6. Analyses microbiologiques .....</b>	<b>27</b>
II.4.6.1. Recherche des coliformes .....	29
II.4.6.2. Recherche des streptocoques .....	30
II.4.6.3. Recherche des bactéries sulfito-réducteurs (source 01 et 02) .....	30
II.4.6.4. Recherche des vibrions cholériques (source 01 et 02) .....	31
II.4.6.5. Recherche de Salmonelles (source 01 et 02) .....	31
II.4.6.6. Dénombrement des germes aérobies mésophiles Totaux (Sources 03 et 04) .....	32
II.4.6.7. Recherche des <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (Sources 03 et 04) .....	32
<b>II.5. Identification .....</b>	<b>33</b>
II.5.1. Coloration différentielle de Gram .....	33
II.5.2. Test catalase (Sources 03 et 04).....	34
II.5.3. Test de l'oxydase (Sources 03 et 04) .....	34
II.5.4. Galerie Api 20 <sup>E</sup> miniaturisée .....	35

<b>II.6. L'antibiogramme (source 01 et 02)</b> .....	<b>36</b>
--	-----------

II.6.1. L'indice MAR .....	37
----------------------------	----

### **III. Résultats et discussion**

<b>III.1. La cascade et Ain Marssi (source 1 et 2)</b> .....	<b>38</b>
--	-----------

III.1.1. Paramètres organoleptiques .....	38
---	----

III.1.1.1. La couleur .....	38
-----------------------------	----

III.1.1.2. L'odeur .....	38
--------------------------	----

III.1.1.3. Le goût .....	38
--------------------------	----

<b>III.1.2. Paramètres physico-chimiques</b> .....	<b>39</b>
--	-----------

III.1.2.1. Le test de Chlore .....	39
------------------------------------	----

III.1.2.2. La Température .....	39
---------------------------------	----

III.1.2.3. Le potentiel d'hydrogène .....	40
---	----

III.1.2.4. La conductivité .....	40
----------------------------------	----

III.1.2.5. La turbidité .....	40
-------------------------------	----

III.1.2.6. TDS .....	41
----------------------	----

III.1.2.7. La salinité .....	41
------------------------------	----

III.1.2.8. Le Titre Alcalimétrique complet .....	41
--	----

III.1.2.9. Le phosphate .....	41
-------------------------------	----

III.1.2.10. Le chlorure .....	42
-------------------------------	----

III.1.2.11. Le magnésium .....	42
--------------------------------	----

III.1.2.12. Le calcium .....	42
------------------------------	----

III.1.2.13. Titre hydrotimétrique .....	43
---	----

III.1.2.14. Les matières organiques .....	44
---	----

III.1.2.15. Les nitrites .....	44
--------------------------------	----

III.1.2.16. Les nitrates .....	44
--------------------------------	----

III.1.2.17. Le Fer .....	45
--------------------------	----

<b>III.1.3. Analyses Bactériologiques</b> .....	<b>45</b>
---	-----------

III.1.3.1. Les Coliformes totaux et fécaux .....	46
--	----

III.1.3.2. Les streptocoques fécaux .....	46
---	----

III.1.3.3. Clostridium Sulfito-Réducteurs .....	47
---	----

III.1.3.4. Les Vibrions.....	47
------------------------------	----

III.1.3.5. Les Salmonelles .....	48
----------------------------------	----

III.1.3.6. Résultats de la galerie d'Api miniaturisée .....	48
<b>III.1.4. L'antibiogramme .....</b>	<b>49</b>
<b>III.2. Moulet el-Ein et Djellouli .....</b>	<b>50</b>
<b>III.2.1. Paramètres organoleptiques .....</b>	<b>50</b>
<b>III.2.2. Paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>50</b>
III.2.2.1. Le pH .....	50
III.2.2.2. La Conductivité électrique .....	51
III.2.2.3. La turbidité .....	51
<b>III.2.3. Paramètres microbiologiques .....</b>	<b>51</b>
III.2.3.1. Dénombrement des germes mésophiles aérobies totaux .....	52
III.2.3.2. La recherche des Streptocoques fécaux et des <i>E.coli</i> .....	52
III.2.3.3. La recherche des <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	52
<b>Conclusion .....</b>	<b>54</b>

**Références bibliographiques.**

**Annexes.**

## Introduction

L'eau se trouve partout sur la terre, c'est la source de vie pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface terrestre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans (**Wackermann et Rougier, 2010**). L'eau est considérée comme une source de richesse, son manque et son altération est la cause de la pauvreté, et de la famine ; c'est pourquoi le contrôle et l'amélioration de sa qualité sont indispensables.

À l'échelle mondiale, l'insécurité des approvisionnements en eau, le manque d'assainissement et les mauvaises pratiques d'hygiène continuent d'affecter la santé publique et perpétuent le cycle des maladies à transmission hydriques. Selon des récentes estimations de l'OMS, environ **748 millions** de la population n'a toujours pas accès à un approvisionnement en eau potable amélioré et **2,5 milliards** de personnes ne disposent pas d'installations sanitaires de base (**Ford et Hamner, 2015**).

Les eaux de source constituent une source importante d'approvisionnement en eau potable, cependant la qualité de nombreuses sources s'est fortement détériorées ces dernières années ce qui entraîne un problème important de santé publique.

L'Algérie est riche en ressources d'eau, souterraines et de surface, la wilaya de Tipaza est considérée comme l'une des grandes villes d'Algérie qui possède d'énormes réserves d'eau.

La commune d'Ain Tagourait est l'une des communes de cette wilaya qui est très riches en sources d'eau (plus que cinq sources), ces sources sont considérées par les résidents de cette ville comme le premier point des eaux destinées à la consommation et sont aussi utilisées dans leurs diverses activités quotidiennes telles que : l'arrosage, le lavage...etc.

Notre travail consiste à évaluer pour la première fois la qualité physico-chimique et microbiologique de ces sources sur une période de quatre mois. Cependant, et vu la situation pandémique du SARS-CoV-2, notre stage s'est arrêté un mois et demi et encore moins (15 jours) au niveau du laboratoire céphalosporine « Pharmalliance».

Le travail s'articule en trois chapitres :



# Introduction

---

- Chapitre I : La partie bibliographique, représente généralités de l'eau, définition d'une source d'eau, les différentes maladies à transmission hydriques et l'antibiorésistance dans l'eau.
- Chapitre II : La partie expérimentale, représente la démarche pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques des échantillons.
- Chapitre III : Une partie réservée à l'interprétation et la discussion des résultats.

# Synthèse bibliographique

## **I.1. Généralité sur l'eau :**

### **I.1.1. Définition :**

L'eau est un solvant universel, elle est vitale pour tous les organismes vivants et elle entre dans la composition de leur majorité (**Grosclaude, 1999**),

### **I.1.2. Le cycle de l'eau :**

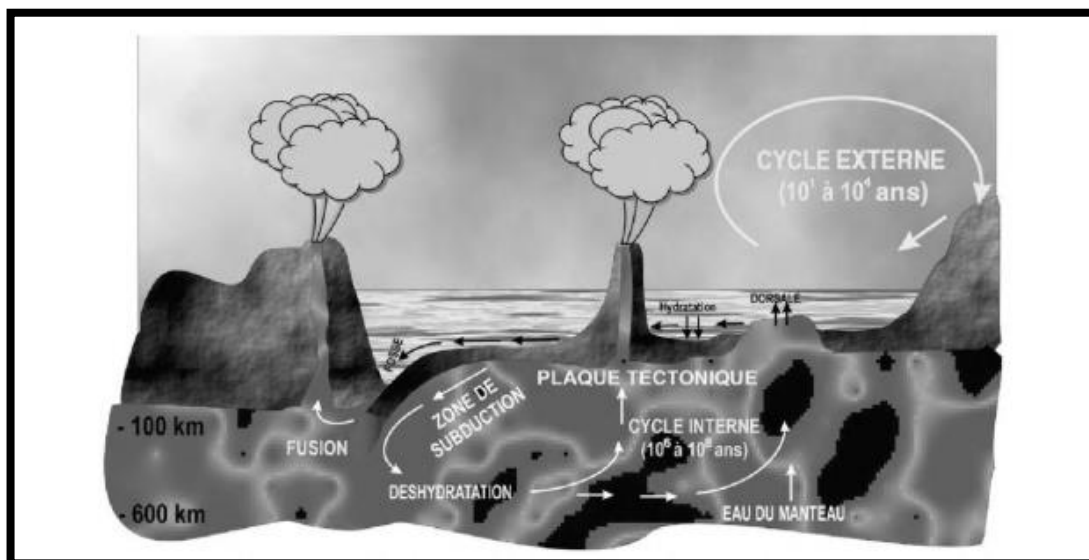
On peut définir les mouvements et le renouvellement des eaux sur terre comme des flux dans un système à circuit fermé. Une représentation simple de ce circuit implique des mouvements d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère et vers les masses continentales, puis des masses continentales vers les océans. Cette nature cyclique est à l'origine du terme général attribué à ces mouvements d'eau : cycle de l'eau (**Anctil et al., 2013**).

#### **I.1.2.1. Le cycle externe de l'eau :**

L'eau se déplace entre trois secteurs : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère. Lorsque la terre reçoit l'énergie solaire, l'hydrosphère, chauffée par le soleil, s'évapore, ce qui entraîne la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, suite à un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou en cristaux de glace et est précipitée sous forme de pluie, de neige ou de grêle sur la lithosphère, à la surface de laquelle environ  $\frac{1}{4}$  pénètre,  $\frac{1}{4}$  s'écoule ; les  $\frac{2}{4}$  restants s'évaporent à leur tour (**Vilaginès, 2010**).

#### **I.1.2.2. Le cycle interne de l'eau :**

La grande partie des eaux pluviales s'infiltré à travers le sol, une partie de ces eaux est reprise par la végétation, l'autre partie s'accumule sous le sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (**Cardot, 1999**).



**Figure 01 : Le cycle de l'eau (Vilaginès, 2010).**

## **I.2. Les sources d'eau :**

### **I.2.1. Définition :**

Une source peut être définie comme un point, une zone ou un endroit à la surface du sol d'où coule ou émerge naturellement une quantité d'eau déterminée provenant d'un aquifère (Custodio et Llamas, 2001). Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (Gomella et Guerrée, 1973). Elle est exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution (J.O.R.A.D.P, 2004). Les eaux de source ne sont pas stériles, mais sont exemptes de microorganismes pathogènes (Bligny et Hartemann, 2004).

### **I.2.2. Les différents types de source :**

#### **➤ Source de déversement :**

Selon Vilaginès (2010), elles se définissent comme « des sources issues d'un aquifère recoupé par la surface topographique et dont le substratum affleure ». Leur débit est faible, constant et peuvent facilement tarir (Bonnin, 1982).

➤ **Source d'émergence :**

Elles se définissent comme des sources à l'intersection de la surface piézométrique d'un aquifère libre et de la surface topographique et dont le substratum n'affleure pas **(Vilaginès, 2010)**.

Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal **(Gomella et Guerrée, 1980)**.

➤ **Sources d'affleurement :**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie **(Vilagines, 2000)**.

### **I.3. La pollution des eaux de sources**

« La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir » **(Castany, 1982)**.

#### **I.3.1.Principales origines de la pollution des eaux souterraines :**

La pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques : Mauvaises gestions des eaux de ruissellement, interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe : Forage de puits sans précaution, ouverture du gravier, puits perdus (infiltration des eaux usées), modification des pratiques agricoles **(Gaujous, 1995)**.

#### **I.4. Paramètres de qualité des eaux de sources :**

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et leur effet sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier **(Hérbert et Légare, 2000)**. Au cours d'une année, d'une saison et même d'une journée, la qualité de l'eau est variable. Les phénomènes de ruissellement et d'érosion, de même que les précipitations et les variations du débit d'un cours d'eau influencent énormément la qualité de l'eau **(Hérbert et Légare, 2000)**.

## I.4.1. Les paramètres organoleptiques :

### ➤ La couleur :

L'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable est le premier signe d'un problème de qualité. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie (ucv) (**Dupont, 1981**).

### ➤ Le goût :

« C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche » (**Rodier et al., 2009**).

### ➤ L'odeur :

C'est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (**Rodier et al., 2009**).

## I.4.2. Les paramètres physicochimiques :

### I.4.2.1. Les paramètres physiques :

#### ➤ La température :

Il est primordial de la connaître. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la détermination du pH (**Belokda, 2009**). Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Quand les eaux naturelles sont en dessous de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes et d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles (**Dupont, 1981**), par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (**Rodier et al., 2009**).

#### ➤ Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est en fonction de l'activité des ions hydrogènes H<sup>+</sup> présents dans cette eau (**Rodier et al., 2009**). Il est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux (**Brisou et Denis, 1980**). Dans les eaux naturelles, c'est principalement les deux équilibres de

# Synthèse bibliographique

---

l'acide carbonique (diacide faible) qui imposent la valeur du pH, bien que d'autres espèces peuvent avoir un effet non négligeable comme les équilibres de l'acide phosphorique (triacide faible), de l'ion ammonium (acide faible) ou certaines matières organiques (acides organiques comme les substances humiques) (Rodier et al., 2009).

## ➤ Conductivité :

La conductivité est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle dépend de plusieurs facteurs tels que la nature des ions présents et leur concentration totale. Elle donne une idée sur la salinité et permet une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau (Kourradi, 2007 ; Makhoukh et Berrahou, 2011). Elle dépend largement de la température (Rodier et al., 2009). Elle est l'inverse de la résistivité (Rodier et al., 2009), exprimée en micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Gaujous, 1995).

**Tableau I:** Classification des eaux selon la conductivité (Rodier et al., 2009).

Types d'eaux	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{Cm}$ )	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

## ➤ La turbidité :

Elle exprime le degré du trouble d'un liquide. C'est l'inverse de la transparence (Hade, 2003). Cette transparence peut être perturbée par la présence de particules en suspension et de matière colloïdale dans l'eau (Apfelbaum et al., 2009). Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier et al., 2009).

## ➤ La salinité :

Elle désigne l'ensemble des cations et des anions présents, c'est-à-dire leur teneur globale en sels, exprimée en **mg/L**. L'eau douce et l'eau salée contiennent de nombreux sels minéraux, présents en concentrations différentes (Dégrement, 1952).

## I.4.2.2. Paramètres chimiques :

### ➤ La Dureté :

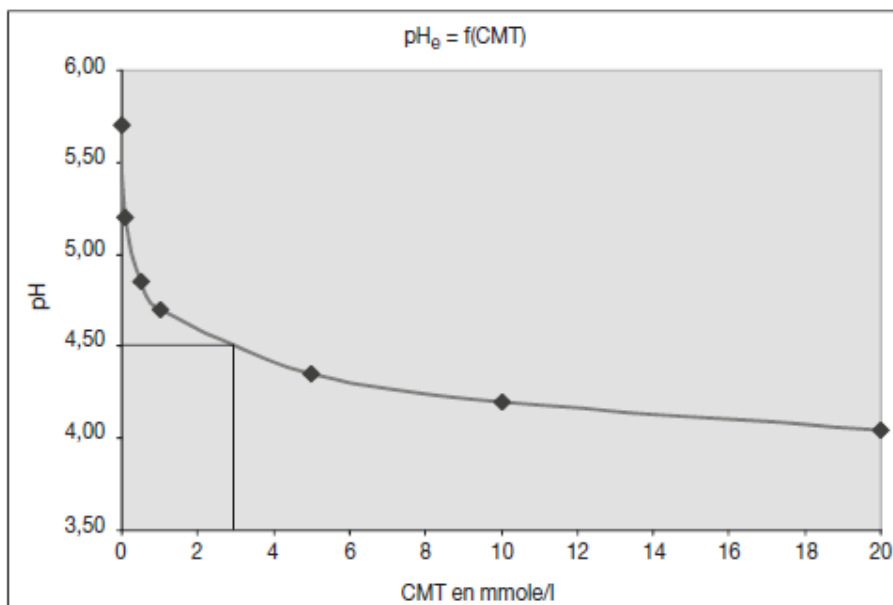
La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. **(Rodier et al., 2009)**.

### ➤ L'alcalinité de l'eau

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrates...ect. La silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8,5 **(Rodier et al., 2009)**. On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) **(Rodier et al., 2009)**.

- ✓ Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH<sup>-</sup> » et une valence de carbonates.
- ✓ Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates **(Berne et Cordonnier, 1991)**.





**Figure 02:** Évolution du pH de virage du TAC en fonction de la concentration en carbone minéral total (Rodier *et al.*, 2009).

### ➤ Les sulfates

Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates, en proportions variables. Leur présence résulte de la légère solubilité de sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (Tardat et Beaudry, 1984).

### ➤ Les chlorures

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. La teneur augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (Tardat et Beaudry, 1984). Sa présence est liée principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi elle peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux usées ou à des intrusions salines (Maiga, 2005).

### ➤ Les nitrates

Le nitrate représente la forme la plus oxygénée et la principale forme d'azote inorganique trouvé dans les eaux naturelles (Debieche, 2002). Leur présence est due à une minéralisation de la matière organique, d'engrais azotés de résidus animaux, des eaux usées domestiques et des stations d'épurations (Gaujous, 1995).

### ➤ Les nitrites

Dans le cycle de l'azote, les nitrites Présentent des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

### ➤ L'ion de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (**Benamar et al., 2011**). C'est un métal très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc. (**Rodier et al., 2009**).

### ➤ L'ion de fer (Fe)

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air (**Bouziati, 2000**). Ce métal se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre **2 et 3 mg/jour** mais **60 à 70%** seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (**Rodier et al., 2009**). Un excès de fer dans l'eau, se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (**Bouziati, 2000**).

### ➤ L'ion de potassium ( $\text{K}^+$ )

Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Il est présent dans la nature sous forme de sels. Il joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme et règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**Mercier, 2000**). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement **5 à 10 mg.L-1** (**Rodier et al., 2009**).

### ➤ L'ion de Sodium : $\text{Na}^+$

C'est un métal alcalin, son origine peut être : Naturelle (mer, terrain salé....etc.), humaine (**10 à 15 g NaCl** dans les urines /jour), industrielle (potasse, industrie pétrolière). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (**Rodier et al., 2009**).

## ➤ L'ion Phosphates :

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières. Si ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes, goût et coloration (**Rodier et al., 2009**).

## I.4.3. Paramètres microbiologiques :

L'objectif de cette analyse n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèce potentiellement pathogène (exemple : *Légionelles*, *Pseudomonas*...) (**Rodier et al., 2009**).

### I.4.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale :

#### ➤ Les coliformes totaux :

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (**Bourgeois et al., 1991**). Ils sont présents dans la nature, dans les eaux riches en éléments nutritifs, dans les sols, sur la végétation et sur les animaux (**Hade, 2003**).

Anciennement, les coliformes correspondaient aux 4 premiers genres et espèces d'origines fécales suivantes :

- **Escherichia** : *E. coli*
- **Citrobacter** : *C. freundii*, *C. koseri* et *C. amalonaticusfarmeri*
- **Enterobacter** : *E. cloacae*, *E. aerogenes* ;
- **Klebsielle** : *K. oxytoca*, *K. pneumoniae subsp. Pneumoniae* ;

D'autres coliformes d'origine fécale sont venus s'ajouter :

- **Salmonella** : sous-espèce *arizonae* et sous espèce *diarizonae* ;
- **Shigella** : *S. sonnei* ;
- **Yersinia** : *Y. enterocolitica* ;

- *Moellerella wisconsensis* (découvert au cours des années 1980).

Ces espèces fécales constituent des germes indicateurs de contamination fécale en bactériologie alimentaire et des eaux (**Delarras, 2003**).

➤ **Les coliformes fécaux :**

Ils ont les mêmes propriétés que les coliformes, mais à la température de 44°C. *Esherichia coli*, *Klesbsiella pneumoniae subsp. Pneumoniae* se développent à 44°C et au moins 95 % des souches fermentent le lactose avec production de gaz, *Yersinia enterocolitica* se développe également à 44°C mais peu de souches fermentent le lactose (5% environ). D'autres coliformes peuvent parfois se développer à 44°C (**Delarras, 2003**).

➤ **Les Streptocoques fécaux :**

Sous la dénomination générale de «*Streptocoques fécaux*», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. (**RODIER J., 2005**). Ce sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique ou ovoïde, en chaînettes plus au moins longues, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, catalase négatif, oxydase négative, homo-fermentaires (**Bourgeois et Leveau, 1991**). Dans les eaux, ils sont témoins de contamination fécale car ils ont tous un habitat fécal (**Bonnefoy et al., 2002**).

➤ **Clostridium sulfito-réducteurs**

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux (**Rodier et al., 2009**). Ce sont des bactéries anaérobies strictes de la flore exogène, d'origine tellurique, conservant toute leur vitalité dans les sols grâce à leurs spores résistantes ; certaines espèces sont parfois commensales de l'intestin de l'homme et des animaux. Des espèces produisant des toxines sont des bactéries pathogènes spécifiques (BPS) engendrant des maladies spécifiques pour l'homme et pour les animaux (**Delarras, 2003**). Ils se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine, ils survivent dans les sédiments mais ne se multiplient pas, ce qui permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente (**Rodier et al., 2009**).

## I.4.3.2. Germes pathogènes :

### ➤ Les salmonelles :

Les salmonelles sont classées dans la famille des *Entérobacteriaceae*. Elles ont les propriétés générales des bactéries de cette famille (**Delarras, 2003**). Ce sont des bacilles, Gram négatif, aéro-anaérobies facultatives, avec un métabolisme oxydatif et fermentaire. La température optimale de croissance est entre 35 à 37 ° C. Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires (**Rodier et al ., 2009**).

### ➤ *Vibrio cholerae* :

Ce sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droits, mobiles et aérophiles, Gram- et Oxydase (+). Les vibrions cholériques des eaux sont des halotolérants et peuvent se développer en présence de chlorure de sodium. Ils engendrent le choléra (**Delarras, 2003**).

Il est rare que la recherche du vibrion cholérique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Sauf, quand une épidémie risque de se propager par suite de la présence de malades ou de porteurs de germes en provenance de l'étranger, il est utile de procéder à des contrôles dans les eaux d'égouts souillées par les selles de ces malades, éventuellement dans les eaux de surface qui les recueillent et, le cas échéant, dans les eaux de toilette, la glace, les eaux usées des avions transportant des voyageurs suspects (**Rodier et al ., 2009**).

### ➤ Les Pseudomonas :

Le genre Pseudomonas et les espèces voisines comprennent des bactéries largement distribuées dans l'environnement, et dont certaines sont d'importants pathogènes pour l'homme. Ce sont des germes résistants à de nombreux antibiotiques. *P. aeruginosa* est responsable de toute une gamme d'infections, en particulier de plaies de l'arbre urinaire, ou septicémiques (**Hart et al., 1997**).

## I.5. Les maladies à transmission hydrique :

### I.5.1. Les agents pathogènes :

Des agents pathogènes importants pour la santé publique se retrouvent dans l'eau contaminée par les matières fécales excrétées. D'autres sont indigènes au milieu hydrique et sont des opportunistes qui font partie du biote normal de l'eau, mais qui, lorsqu'ils ont la

possibilité d'infecter un hôte humain, peuvent provoquer des maladies (**Payment et Pintar, 2006**).

La plupart des agents pathogènes d'origine hydrique sont bien décrits car ils ont été impliqués dans de nombreuses épidémies d'origine hydrique dans le monde (**Hurst et al., 2002 ; Payment et Pintar, 2006 ; OMS, 2006**). Ces maladies peuvent toucher n'importe quel organe du corps humain et sont souvent décrites par des symptômes associés à l'infection : diarrhée, gastro-entérite, pneumonie, hépatite, méningite, etc. Les virus entériques humains présentent un défi particulier car l'infection virale entraîne souvent des symptômes non spécifiques qui peuvent être respiratoires, gastro-intestinaux, neurologiques, cardiovasculaires, oculaires ou dermatologiques (**Heymann, 2001**). Toutefois, lorsqu'ils atteignent un objectif ils peuvent produire des maladies graves : poliomyélite, hépatite, méningite, diabète, myocardite, etc... (**Payment et Pintar, 2006**).

### **I.5.2. Mode de transmission :**

La plupart des agents pathogènes d'importance pour l'homme sont transmis par la voie fécale-orale ; l'eau n'est qu'un des nombreux véhicules par lesquels ils sont disséminés dans l'environnement (**Hurst et al., 2002 ; Payment et Pintar, 2006**). La nourriture, l'eau et d'autres sources, l'air et le contact avec d'autres individus, les objets inanimés, les animaux de compagnie ou de ferme et le sol sont tous des voies potentielles d'exposition ou des véhicules de transmission (**Payment et Pintar, 2006**).

### **I.6. Contamination des eaux par des bactéries multirésistantes :**

#### **I.6.1. Définition d'un antibiotique :**

Ce sont des composés chimiques, soit naturel c'est-à-dire produite par des microorganismes, soit synthétisée, dont l'activité spécifique se manifeste à faible dose sur les microorganismes (**Crouzilles, 2012**). Ils détruisent ou empêchent la croissance des autres microorganismes (**Madigan et Martinko, 2007**).

## I.6.2. Classification et mode d'action des antibiotiques :

**Tableau II : Classes des ATB et leurs modes d'action (Claudio et al., 2009).**

Mécanisme d'action	La cible de l'antibiotique	Classe d'antibiotique (exemples)
Inhibition de la synthèse de l'acide nucléique	Ribosome sous-unité 30S	Aminoglycosides (apramycin, streptomycin, spectinomycin, gentamycin) Tetracyclines (chloramphenicol, tigecycline)
	Les enzymes de la synthèse de l'ADN	Quinolones and fluoroquinolones (ciprofoxacin) Aminocoumarins (novobiocyn)
	Les enzymes de la synthèse de l'ARN	Rifampicin (rifamycin, rifampin) ADP-ribosylation Monooxygenation
Inhibition de la voie métabolique	La synthèse de l'acide folique	Sulfonamides (sulfamethoxazole).
Perturbation de la membrane plasmique	La membrane cellulaire	Polymixine(colistin) Lipopeptide.

## I.6.3. Définition de l'antibiorésistance :

C'est la capacité d'un microorganisme à résister contre un antibiotique. Ce phénomène est un phénomène évolutif naturel, mais il peut être renforcé par la mauvaise application des médicaments (**Kon et Rai, 2016**), donc on peut dire que l'antibiorésistance est l'inefficacité d'une dose d'un antibiotique (**Michelriant, 2012**). Elle est identifiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme l'une des menaces les plus sérieuses pour la santé publique.

### I.6.3.1. La nature de l'antibiorésistance :

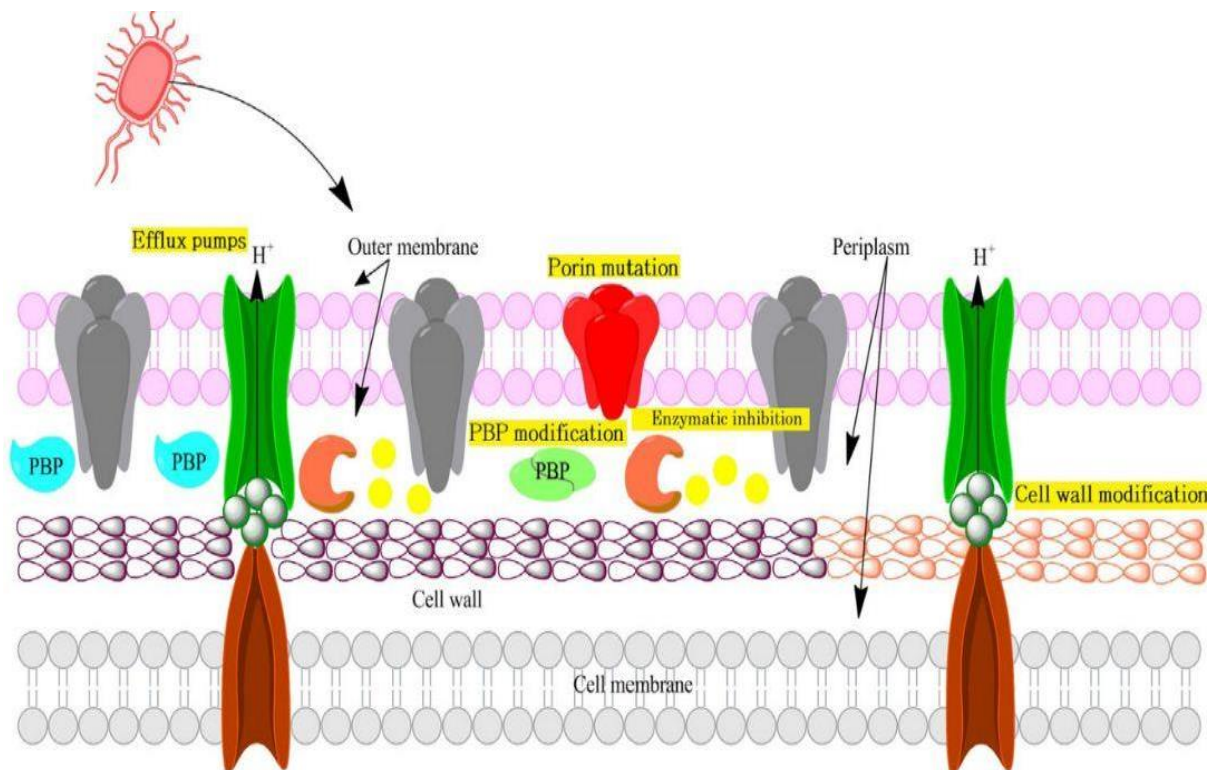
- **Résistance naturelle :** Certains antibiotiques sont naturellement inefficaces contre certaines bactéries. Cette résistance naturelle définit le spectre d'action de l'antibiotique. Elle est connue et se manifeste chez tous les individus de la population bactérienne (**Baudry et Brézelle, 2006**). L'information responsable de cette résistance fait partie du patrimoine génétique de la bactérie (**Pebert, 2003**).

- **Résistance acquise** : La résistance acquise apparaît à la suite d'un mécanisme chromosomique ou extra-chromosomique chez les bactéries (**Baudry et Brézelle, 2006**).

## I.6.3.2. Mécanisme de la résistance :

Cinq mécanismes majeurs sont connus pour contribuer au développement de la résistance aux antibiotiques et diffusion dans l'environnement (**Alexander et al., 2015**):

- 1- Inhibition enzymatique en inactivant les antibiotiques.
- 2- PBP modification.
- 3- Pompe à efflux.
- 4- Diminution de la perméabilité bactérienne aux antibiotiques (modification de porin).
- 5- Modification de la cible des antibiotiques.



**Figure 03** : Différents mécanismes d'antibiorésistance (**Kon et al., 2016**).



### **I.6.3.3. La lutte contre l'antibiorésistance :**

**Selon OMS**, Deux principales stratégies doivent être associées pour lutter contre l'antibiorésistance pour éviter ces conséquences sur la santé humaine, animale et sur l'environnement : d'une part, prévenir les infections et limiter la transmission des bactéries et des gènes de résistance et, d'autre part, utiliser les antibiotiques à bon escient.

### **I.6.4. Diffusion de la résistance aux antibiotiques dans l'eau :**

La surveillance de la résistance aux antibiotiques dans les systèmes aquatiques est très importante en raison de l'utilisation élevée d'antibiotiques chez l'homme en médecine vétérinaire ainsi qu'en agriculture (**Alexander et al., 2015**).

La diffusion de l'antibiorésistance et la propagation des germes pathogènes résistants est favorisée par la diversité génétique des bactéries naturellement présentes dans l'environnement, ensuite cette accumulation de gènes de résistance dans l'environnement rend plus probable leur absorption par des germes problématiques, cela peut aussi conduire à l'acquisition ou développement de nouveaux gènes de résistance par les souches bactériennes (**Buergmann et al., 2015**).

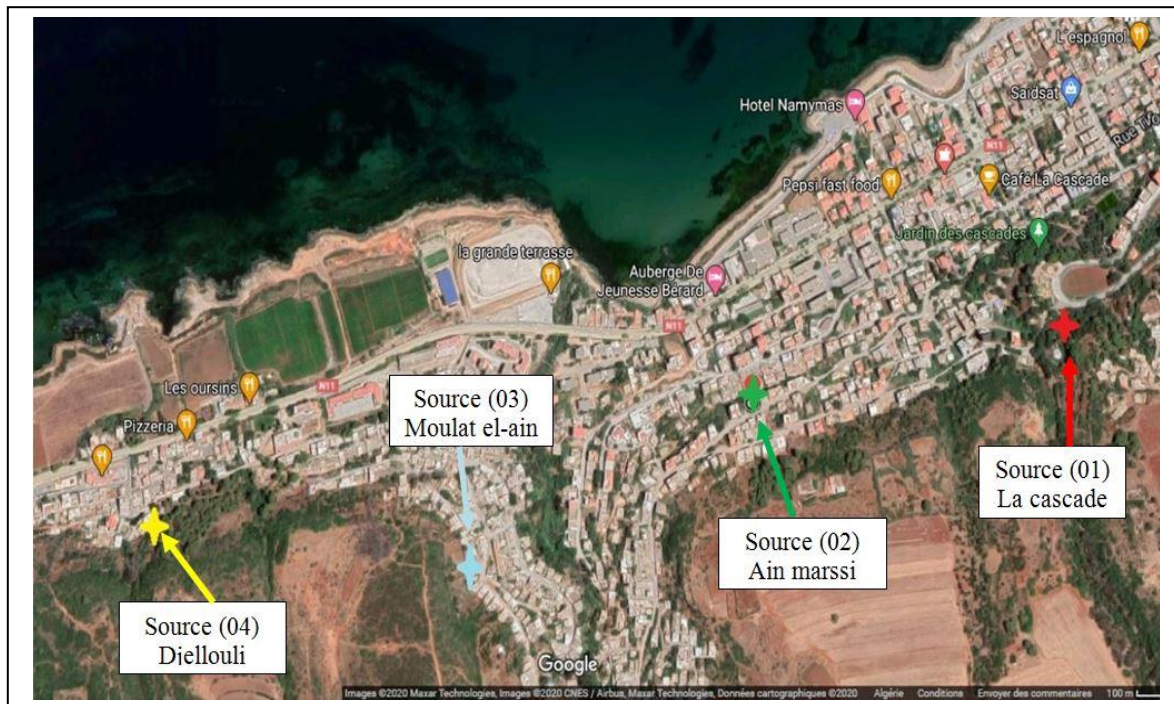
# Matériel et méthodes

## II. Matériel et méthodes :

### II.1. Position géographique d'Ain Tagourait :

La commune d'Ain Tagourait (Anciennement Bérard) est une commune de la wilaya de Tipaza qui se situe au nord-est de la wilaya à environ 15 km de la commune Tipaza. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, et au sud par Sidi Rached et Attatba, à l'est par Bouharoun à l'ouest par Tipaza.

### II.2. Localisation géographique des quatre sources :



**Figure 04 :** Localisation des quatre sources dans la ville d'Ain Tagourait (WWW.GoogleEarth.com)

### II.3. Précipitations Durant la période de cette étude :

Le mois de février 2020 a reçu peu de précipitations (1mm sur tout le mois) par contre le mois de Mars est caractérisé par une pluviométrie importante (le record maximal de précipitation sur une journée était de **22 mm**, avec une précipitation totale de **100 mm**) tableau III.

**Tableau III** : Précipitations à Ain Tagourait durant la période de l'étude (**météo.Net**).

Mois	Février	Mars
Précipitations moyennes par jour (mm)	1	4
Record de précipitation sur une journée (mm)	1	22
Précipitation totale sur le mois (mm)	1	100

### II.4. Analyse de l'eau :

Ce travail étudie pour la première fois la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de quatre sources (**Cascade**, **Ain Marssi**, **Moulat el-ain** et **Djellouli**) à Ain Tagourait, Wilaya de Tipaza. Cette étude est accompagnée par la détermination du profil de résistance des bactéries isolées à partir de ces sources. Normalement cette étude devrait s'étaler sur 4 mois. Cependant, vu la situation inédite de la pandémie du Coronavirus SARS-COV-2 il nous a été impossible d'atteindre nos objectifs à 100%, 3 prélèvements seulement pour les sources **Cascade** et **Ain Marssi** et un seul prélèvement uniquement pour les sources **Moulat el-ain** et **Djellouli** ont été réalisés. Les analyses effectuées sont décrites dans cette partie.

Pour les deux sources « Cascade » nommée source (1) et « Ain Marssi » nommée source (2), les analyses microbiologiques ainsi que quelques paramètres physico-chimiques sont réalisés au niveau du laboratoire d'hygiène de Tipaza (**annexe n°I**). L'Usine de traitement d'eau potable Mitidja Ouest d'Ahmer el-Ain nous a accueillis pour la majorité de nos analyses physico-chimiques (**annexe n°I**). Concernant les sources « Moulat el-Ain » nommée source (3) et « Djellouli » nommée source (4), l'expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire céphalosporine de la société (EURL Pharmalliance) (**annexe n°I**).

#### II.4.1. Matériel :

Le matériel biologique et non biologique est présenté dans l'annexe n°II.

#### II.4.2. Échantillonnage et mode de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Rodier el al., 2009**).

## Matériel et méthodes

**Tableau IV :** Calendrier des prélèvements physico-chimiques.

Source	P1	P2	P3
Cascade	15-02-2020 A 18:15	29-02-2020 A 15 :45	14-03-2020 A 21 :00
Ain Marssi	15-02-2020 A 18:45	29-02-2020 A 15 :30	14-03-2020 A 21 :30
Moulet el Ain	07-03-2020 A 10:05	/	/
Djellouli	07-03-2020 A 9 :30	/	/

**Tableau V :** Calendrier des prélèvements microbiologiques.

Source	P1	P2	P3
Cascade	10-02-2020 A 9:15	23-02-2020 A 9 :45	08 -03-2020 A 9 :05
Ain Marssi	10-02-2020 A 8:50	23-02-2020 A 10 :10	08-03-2020 A 9 :30
Moulet el Ain	07-03-2020 A 10 :15	/	/
Djellouli	07-03-2020 A 9 :40	/	/

**a) Les prélèvements destinés aux analyses physicochimiques :**

Le prélèvement est effectué dans des bouteilles en plastique de **1.5 L** de capacité, rincés préalablement **2 à 3** fois avec de l'eau à analyser.

**b) Les prélèvements destinés aux analyses microbiologiques :**

Les prélèvements pour les analyses microbiologiques sont faits avec toutes les précautions d'asepsie nécessaires dans des flacons stérilisés de **500 ml** de capacité, selon l'ordre suivant :

- Laver correctement les mains et les désinfecter avec un gel hydro-alcoolique.
- Décontaminer le robinet avec une flamme.
- Laisser couler l'eau 1 minute pour refroidir le robinet et éliminer l'eau stagnante dans la conduite.
- Flamber le goulot des flacons en évitant de le toucher ou de fait tomber le bouchon.
- Ouvrir le flacon stérile, le remplir jusqu'au col du flacon en laissant un espace d'air, et le fermer immédiatement.

### II.4.3. Transport et conservation :

Les prélèvements doivent être transportés le plus tôt possible au laboratoire dans une glacière pour maintenir une température de **4°C** dans une durée de moins de **6 heures**.

### II.4.4. Analyses organoleptiques :

**II.4.4.1. La couleur :** elle est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (HACH dr 5000).

**Mode opératoire :**

- Rincer la cuve de spectrophotomètre avec de l'eau distillé.
- Remplir la cuve avec de l'eau à analyser.
- Lecture à 780 nm.

**II.4.4.2. Le gout et l'odeur :**

On a déterminé le goût et l'odeur au moment du prélèvement en basant sur les sensations gustatives et olfactives.

### II.4.5. Analyses physico-chimiques :

#### II.4.5.1. Analyses Physiques :

##### II.4.5.1.1. La conductivité :

La conductivité est déterminée à l'aide d'un conductimètre de marque (WTW/Inolab Oxi 7310) selon les étapes suivantes :

- Allumer le conductimètre et rincer la sonde plusieurs fois avec de l'eau distillée.
- Mettre une quantité suffisante de l'eau à analyser dans un Bécher.
- Mettre l'électrode dans le Bécher.
- Laisser stabiliser la valeur.
- **Expression des résultats :** La valeur de la conductivité exprimée en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) est affichée sur l'écran.

##### II.4.5.1.2. La salinité et le TDS (sources 1 et 2):

Sont mesurés à l'aide d'un conductimètre de marque (WTW/Inolab Oxi 7310), après avoir noté la conductivité, Appuyer de nouveau sur «READ» puis sur la touche «SAL» et noter la valeur affichée de la salinité puis sur la touche « TDS » pour noter la valeur affichée du TDS.

**II.4.5.1.3. La turbidité :** La turbidité est calculée à l'aide d'un turbidimètre de marque (HACH 2100 AN) selon les étapes suivantes :

- Remplir la cuvette avec de l'eau à analyser.
- Bien essuyer la cuvette avec un papier hygiénique.
- Bien homogénéiser, et vérifier l'absence de bulles d'air.
- Effectuer rapidement la mesure.
- **Expression des résultats :** La valeur de la turbidité exprimée en Nephelometric Turbidity Unit (NTU) est affichée sur l'écran.

**II.4.5.1.4. Le pH :** Il est calculé à l'aide d'un pH-mètre de marque (XS) selon les étapes suivantes :

- Allumer le pH-mètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml de l'eau à analyser dans un Bécher.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation en utilisant un barreau magnétique.
- Tremper l'électrode dans le Bécher.
- Laisser stabiliser puis noter la valeur du pH.

**II.4.5.1.5. La température :**

Après avoir noté la valeur de pH, le pH-mètre (XS) donne la valeur de la température.

- **Expression de résultats :** La température est exprimée en Degré Celsius, la valeur est affichée dans le pH-mètre.

**II.4.5.2. Analyses Chimique :**

**II.4.5.2.1. Le test de chlore :**

Le chlore est un désinfectant utilisé dans le traitement de l'eau dans le but d'éliminer les organismes capable de causer une infection. A forte dose, il affecte : le goût et l'odeur. Il est toxique pour l'homme et pour les animaux (**Maiga, 2005**).

**Mode opératoire :**

La méthode utilisée est le test DPD (diethylparaphenylene diamine).

- Dans un tube à essai, on met une quantité de l'eau à analyser
- On ajoute une pastille DPD.

- **Lecture** : La présence de chlore dans l'eau se traduit par l'apparition de couleur rose, plus la couleur est foncée, plus la teneur de l'eau en chlore est élevée.

**II.4.5.2.2. Détermination des Phosphates (source 1 et 2):** Méthode par Spectrométrie d'absorption moléculaire.

- **Principe** : Les orthophosphates réagissent avec les molybdates d'ammonium en milieu acide pour donner un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'être mesuré par dosage spectrométrique.
- **Mode opératoire** :
  - Dans un tube à essai, mesurer **20ml** de l'eau à analyser.
  - Ajouter **4ml** de réactif sulfomolybdique combiné + **1 ml** d'acide ascorbique.
  - Bien agiter au Vortex.
  - Mettre dans un Bain marie pendant **10 min.**
  - **Lecture** : au spectrophotomètre (**JENWAY 6320D**) à **750 nm.**

**Expression des résultats:** Se rapporte à l'équation de la courbe d'étalonnage pour avoir la concentration :  $y=ax+b$

- $y$  : Densité optique lue par spectromètre.
- $x$  : Concentration du phosphate recherchée. (exprimée en mg/L).

$$x = \frac{y - 0.025}{22.53}$$

**II.4.5.2.3. Dosage des chlorures (sources 1 et 2):**

➤ **Principe** :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre et en présence de chromate de potassium par une solution titrée de nitrate d'argent. à la fin de la réaction, il y'a l'apparition d'une teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

➤ **Mode opératoire** :

- Introduire **100 ml** d'eau à analyser
- Ajouter **3** gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de calcium et **3** gouttes de solution de chromate de potassium à **10%.(10g/100ml)**
- Titration par Nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister **1** à **3** minutes.



- **Expression des résultats :**

La teneur en chlorures exprimée en milligrammes par litre d'eau (mg/L), est donnée :

$$[\text{Cl}^-] = V \times 35.5$$

V= Le volume en millilitres de nitrate d'argent **0.1 N** utilisé.

#### II.4.5.2.4. Dosage du Calcium (sources 1 et 2): Par la méthode titrimétrique à l'EDTA.

- Introduire dans un Bécher, 10 ml de l'eau à analyser et compléter avec de l'eau distillée jusqu'à **50ml**.
  - On ajoute **2 ml** de NaOH et une pincée de l'indicateur coloré murexide, bien mélanger, la prise d'essai doit se colorer en rose.
  - Titration à l'aide de la solution EDTA concentration **0.01** en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage de couleur au couleur mauve.
  - la couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution de l'EDTA.
- **Expression des résultats :**

La concentration totale en ions  $[\text{Ca}^{2+}]$ , exprimée au mg/L est donnée :

$$[\text{Ca}^{2+}] = V \times 40.08$$

V= est le volume de la solution d'EDTA utilisée pour le dosage.

#### II.4.5.2.5. Détermination des Nitrites (sources 1 et 2):

➤ **Principe :**

Les ions  $\text{NO}_2^-$  présent réagissent avec le réactif nitrite (amino-4-benzène sulfonamide) en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le di chlor-hydrate de N-(Naphtyl-1) diamino-1,2 ethane (ajouter avec le réactif), mesurage de l'absorption à **540 nm**.

➤ **Mode opératoire :**

- Introduire **40 ml** de l'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter **4 ml** de réactif : nitrite.
- Homogénéiser immédiatement.
- Laisser reposer au moins 20 minutes.
- Lecture au spectrophotomètre (HACH dr 5000) à la longueur d'onde **540 nm**.

- **Expression des résultats :**

La valeur affichée correspond à la concentration de nitrite exprimée en **mg/L**.

### II.4.5.2.6. Détermination des Nitrates (sources 1 et 2):

➤ **Principe :**

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

➤ **Mode opératoire :**

- Introduire **1 ml** de l'échantillon dans un flacon en verre.
- Ajouter **9 ml** de l'eau distillée et **4** gouttes de réactif nitrate.
- Evaporer à sec dans une étuve portée à **75°C- 80°C** ( ne pas surchauffer, ni chauffer très longtemps).
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par **2 ml** d'acide sulfurique concentré.
- Attendre **10 min**, ajouter **15 ml** d'eau distillée puis **15 ml** de la solution de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde **420 nm**.

### II.4.5.2.7. Dosage des matières organiques (sources 1 et 2):

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever **100 ml** de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer de **250 ml**.
  - Ajouter **20 ml** d'acide sulfurique à **2 mol/L** et mélanger.
  - Placer le récipient dans le système de chauffage pendant **10 min**, puis ajouter **20 ml** de solution de permanganate de potassium **0.01N**.
  - Au moment de l'ébullition, attendre **10 min** puis ajouter **20 ml** de la solution d'oxalate de sodium **0.01N** et attendre la décoloration de la solution.
  - Titrer la solution encore chaude avec la solution de permanganate de potassium **0.01N** jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistant environ **30 s**.
  - Noter le volume de permanganate de potassium utilisé.
- **Expression des résultats :** L'indice permanganate exprimé en **mg/L** d'oxygène.

$$IP = (V-1) \times 2 \times 8 / 100$$

V : le volume de permanganate de potassium utilisé.

### II.4.5.2.8. Détermination du fer : Par des kits de lyophilisat du Microcap. (Sources 1 et 2):

➤ **Mode opératoire :**

- Prélever **5 ml** d'eau à analyser.
- Introduire l'eau dans la cuve.
- Fermer la cuve et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat du Microcap soit parfaitement dissous.
- Attendre **10 min**, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre (HACH dr 5000).
- Eviter les bulles d'air.

### II.4.5.2.9. Dosage du TH (titre hydrotimétrique) ; la somme de magnésium (Mg<sup>2+</sup>) et le calcium (Ca<sup>2+</sup>): Par la méthode titrimétrique à l'EDTA (sources 1 et 2):

➤ **Mode opératoire :**

- Dans une fiole on met **10 ml** de l'eau à analyser et on complète avec de l'eau distillée jusqu'à **50 ml**.
- Ajouter **4 ml** de solution tampon **pH10** et une pincée de l'indicateur noir Eriochrome, bien mélanger jusqu'à ce que la prise d'essai se colore en rouge brun.
- Titration de l'échantillon : titrer immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage de la couleur au bleu, la couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire de la solution de l'EDTA.

➤ **Expression des résultats :**

- Le TH exprimé en °F est donnée la formule :

$$\text{TH} = V \times 10$$

V= Le volume d'EDTA utilisé.

### II.4.5.2.10. Concentration du Mg<sup>2+</sup> : (sources 1 et 2):

Exprimé en mg/L :

$$[\text{Mg}^{2+}] = (\text{V}_2 - \text{V}_1) \times 24$$

**V<sub>2</sub>** : Volume d'EDTA utilisé pour le dosage de la TH.

**V<sub>1</sub>** : Volume d'EDTA utilisé pour le dosage de Ca<sup>2+</sup>.

### II.4.5.2.11. Détermination du TAC (Titre alcalimétrique complet) (Sources 1 et 2):

➤ **Principe** : Détermination des volumes d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser au niveau du pH **4,3**.

➤ **Mode opératoire** :

- Introduire **100 ml** de l'eau à analyser dans un Bécher.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Titration avec de l' HCl jusqu'au changement de pH de sa valeur primaire (près de **7**) au **4.3**.

➤ **Expression des résultats** :

- Le TAC exprimé en °F est donnée la formule :

$$\text{TAC} = V \times 5$$

**V** : Volume de HCl utilisé.

### II.4.6. Analyses microbiologiques :

La technique utilisée est la technique de filtration sur membrane.

➤ **Principe** :

Elle est effectuée à l'aide d'un dispositif de filtration composée de :

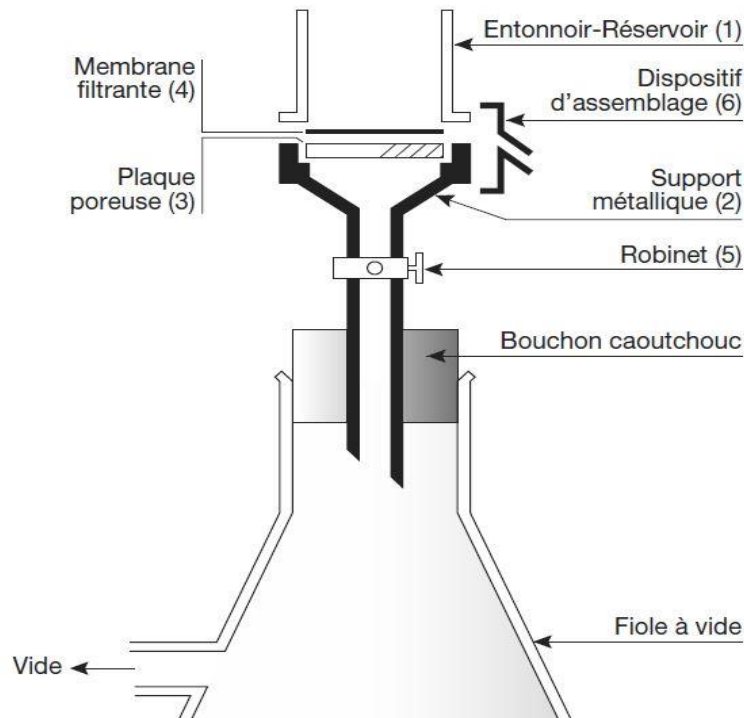
- Entonnoirs en verre.
- Disque de filtration en verre.
- Support disques.
- Pincettes de serrage.

➤ **Mode opératoire** :

- Choisir une surface plane pour y poser la pompe à vide.

## Matériel et méthodes

- Installer la pompe de manière à assurer une ventilation efficace.
- Installer la pompe au point le plus élevé du circuit, afin d'éviter l'écoulement du condensant dans la tête de pompe.
- Placer la rampe de filtration sur la hotte.
- Raccorder les tuyaux d'aspiration et de refoulement; les disposer de façon à ce que d'éventuels condensats ne puissent pénétrer dans la tête de pompe.
- Placer les accessoires nécessaires de la rampe (les entonnoirs, les disques filtrants, pince).
- Placer les membranes filtrantes et verser le liquide à filtrer.
- Mettre la pompe en marche en actionnant l'interrupteur marche/arrêt.
- Les pompes ne doivent pas démarrer sous vide ou sous pression ; lors de la mise en route, l'aspiration et le refoulement doivent être à la pression atmosphérique.
- Quand le liquide est totalement aspirée arrêter la pompe en appuyant sur le bouton marche/arrêt.
- Placer les membranes filtrantes dans le milieu qui convient, retirer les accessoires, les tuyaux...ect.
- Nettoyer la rampe et la ranger dans un endroit propre.



**Figure 05 :** Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membranes

(Rodier et al., 2009).

### II.4.6.1. Recherche des coliformes NF EN ISO 9308 (sources 01 et 02):

- **Milieu** : TTC Tergitol
- **Mode opératoire** :
  - Monter le système de filtration sur membrane.
  - Stériliser les entonnoirs à l'aide d'un pistolet.
  - Placer la membrane filtrante de **0.45 µm**.
  - Agitation puis filtration de **100ml** de l'eau à analyser.
  - Placer la membrane sur milieu TTC Tergitol préalablement préparé.
  - Retourner les boîtes.
  - Incubation à **44°C** pendant **24 heures**.
- **Lecture** : colonies caractéristiques: lisses, bombées, jaunes ou jaunes orangées.

### II.4.6.1.1. Recherche des colibacilles NF EN ISO 9308 (sources 01 et 02):

- **Milieu** : urée indole.
- **Mode opératoire** :
  - Prélever à partir des colonies caractéristiques obtenues à l'aide d'une pipette Pasteur et mélanger dans le milieu urée indole.
  - Incubation **37°C** pendant **24 heures**.
  - Apparition d'anneaux rouge : présence d'*E.coli*.

### II.4.6.1.2. La recherche des colibacilles (Sources 03 et 04) :

- **Milieus** : Mac Conkey.
- **Mode opératoire** :
  - Monter le système de filtration sur membrane.
  - Placer une membrane filtrante stérile de **0.45 µm**.
  - Agiter l'échantillon à analyser puis filtrer un volume de **100 ml**.
  - Placer le filtre sur une boîte de Pétri préalablement coulé de gélose Mac Conkey.
  - S'assurer que le filtre est adhérent entièrement à la gélose et qu'il n'y a pas de bulles d'air emprisonné en dessous.
  - Incuber les boîtes à **30-35°C** pendant **72 heures**.
- **Lecture** : présence de colonies rouges mucoides.

### II.4.6.2. Recherche des streptocoques Norme ISO 7899-2 et norme NF T 90-416 :

- **Milieux** : Slanetz et Bartley, Milieu BEA.
- **Mode opératoire** :
  - Monter le système de filtration sur membrane.
  - Stériliser les entonnoirs à l'aide d'un pistolet.
  - Placer la membrane filtrante de **0.45 µm**.
  - Agitation puis filtration de **100 ml** de l'eau à analyser.
  - Placer les membranes sur milieux Slanetz et Bartley.
  - Incubation à **36°C** pendant **44 heures**.
- **Lecture** : Colonies bombées, rouges, roses ou marrons au centre ou l'ensemble de la colonie.
- **Confirmation** : Milieux BEA préchauffé à **44°C** :
  - Transférer les membranes à l'aide d'une pince sans retournement.
  - Incubation à **44°C** pendant **02 heures**.
- **Lecture**: Couleur brune à noir.

### II.4.6.3. Recherche des bactéries sulfite-réducteurs Norme NF T 90-415 (Sources 01 et 02) :

- **Milieux** : Gélose Viande Foie.
- **Mode opératoire** :
  - Dans un tube stérilisé, transférer environ **25ml** d'eau à analyser.
  - Chauffer le tube environ **10 minutes** à **80°C** pour éliminer les formes végétatives.
  - Refroidir le tube sous l'eau de robinet.
  - Répartition de l'eau à analyser dans **4 tubes** à raison de **5ml** par tube.
  - Ajouter **15 ml** de gélose VF en surfusion, puis refroidir à **46°C** additionné deux additifs : l'alun de fer et le sulfite de sodium.
  - Mélanger doucement tout en évitant d'introduire des bulles d'air.
  - Incubation à **37°C** pendant **16 à 48 heures**.
- **Lecture** : colonies noires de **0.5 mm** de diamètre.

### II.4.6.4. Recherche des vibrions cholériques Norme ISO/ TS 21 872-1 (Sources 01 et 02) :

- **Milieux** : EPA (Eau Peptonée Alcaline), GNAB, GN (Gélose Nutritive) inclinée.
- **Mode opératoire** :
  - **Jour1** :  
Premier enrichissement sur milieu EPA **10 fois** concentré réparti à raison de **50 ml** par flacon auquel on ajoute aseptiquement **450 ml** d'eau à analyser.  
  
Incubation 37°C pendant 24 heures.
  - **Jour2** : A partir du 1<sup>er</sup> enrichissement :
    - Effectuer un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1ml.
    - Effectuer un premier isolement sur Gélose GNAB 1.
    - Incuber à **37°C** pendant **24 heures**.
  - **Jour3** : A partir du deuxième enrichissement:
    - Effectuer un deuxième isolement sur Gélose GNAB 2.
    - Incubation **37°C** pendant **24 heures**.
- **Lecture**: Colonies caractéristiques de vibrions toutes grosses colonies lisses et transparentes.

### II.4.6.5. Recherche des Salmonelles (sources 01 et 02) :

- **Milieux** : SFB (Bouillon Sélénite cystine), Gélose Héктоen.
- **Mode opératoire** :
  - **Jour1** :
    - Effectuer un premier enrichissement sur milieu SFB1 avec **4** gouttes d'additifs : Sélénite réparti à raison de **100 ml** par flacon auquel on ajoute aseptiquement **50 ml** d'eau à analyser.
    - Incubation **37°C** pendant **24 heures**.
  - **Jour 2** : A partir du premier enrichissement :
    - Effectuer un deuxième enrichissement sur milieu **SFB2** à raison de **1ml** par tubes.
    - Effectuer un premier isolement sur gélose **Héктоen 1**.
    - Incubation **37°C** pendant **24 heures**.
  - **Jour 3** : A partir de deuxième enrichissement :
    - Effectuer un deuxième isolement sur gélose **Héктоen 2**.
    - Incubation **37°C** pendant **24 heures**.



- **Lecture** : colonies vertes, contours réguliers, avec ou sans centre noir.

### II.4.6.6. Dénombrement des germes aérobies mésophiles Totaux (Sources 03 et 04) :

- **Milieux** : Gélose TSA.
- **Mode opératoire** :
  - Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser dans un flacon contenant **90 ml** d'eau distillée ou physiologique stérile (dilution **1/10**). Sous hotte à flux laminaire monter le système de filtration sur membrane.
  - Placer une membrane filtrante stérile de **0.45 µm**.
  - Agiter le flacon puis filtrer son contenu.
  - Placer la membrane sur une boîte Pétri contenant une gélose TSA.
  - S'assurer que la membrane est adhérente entièrement à la gélose et qu'il n'y a pas de bulles d'air emprisonnées en dessous.
- **Incubation** : à **30-35°C** pendant **5** jours et examiner les boîtes après **48** heures.
  - Dénombrer les colonies qui se sont développées sur la surface du filtre et rapporter le nombre de d'UFC à la dilution initiale.
- **Lecture** : Exprimer le résultat en nombre **UFC/100ml**.

### II.4.6.7. Recherche des *Pseudomonas aeruginosa* (Sources 03 et 04) :

- **Milieu** : Cétrimide.
- **Mode opératoire** :
  - Monter le système de filtration sur membrane.
  - Placer la membrane filtrante de **0,22 µm**.
  - Agiter l'échantillon à analyser puis filtrer un volume de **100 ml**.
  - Placer le filtre sur une boîte de Pétri contenant une gélose Cétrimide.
  - S'assurer que le filtre adhère entièrement à la gélose et qu'il n'y a pas de bulles d'air emprisonnées en dessous.
  - Incuber à **30-35°C** pendant **72 heures**.
- **Lecture** : présence de colonies vertes fluorescentes.

## II.5. Identification :

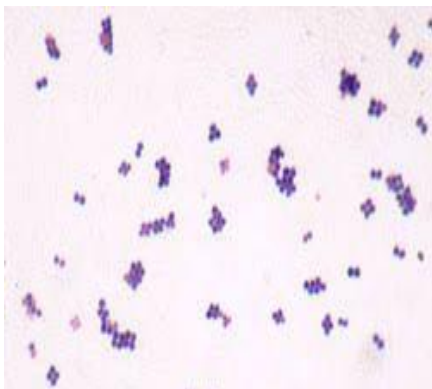
### II.5.1. Coloration différentielle de Gram :

#### ➤ Réalisation d'un frottis :

**Fixation:** sur une lame, déposer une goutte d'eau stérile, ajouter à la goutte une colonie isolée, étaler et fixer sur bec bunsen. Une fois sèche, recouvrir la lame d'alcool pendant une minute. Retirer l'alcool et mettre à sécher sur la platine. Poser la lame séchée sur le portoir reposant sur un bac de coloration.

#### ➤ Réalisation de la coloration :

1. Coloration par le violet de gentiane (agit de **30** secondes à **1** minute, puis rincez à l'eau).
2. Mordançage au Lugol (agit le même temps que le violet de gentiane ; rincez à l'eau déminéralisée).
3. Décoloration (rapide) à l'alcool : versez goutte à goutte l'alcool sur la lame, et surveillez la décoloration qui doit être rapide.
4. Rincez abondamment avec de l'eau déminéralisée pour stopper la décoloration.
5. Recoloration à la fuchsine : Mettez de l'eau distillée sur la lame et quelques gouttes de fuchsine. Laissez agir de **30** secondes à **1** minute.
6. Lavez doucement à l'eau déminéralisée. Laissez la lame a séchez.
7. Observez avec une goutte d'huile à immersion objectif **X100** (grossissement **X1000**).



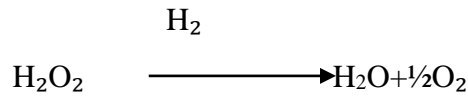
**Figure 06 :** Gram positif



**Figure 07 :** Gram négatif

## II.5.2. Test catalase (Sources 03 et 04) :

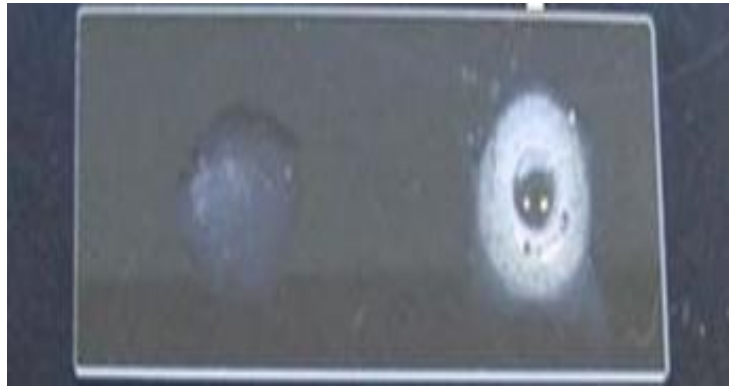
Certaines bactéries ont la faculté de dégrader le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) selon la réaction suivante :



### ➤ Mode opératoire :

- Déposer une goutte d' $H_2O_2$  sur une lame porte-objet.
- Dissocier une colonie bactérienne, prélevée sur la culture en milieu gélosé.

### ➤ Lecture : La présence de la catalase est révélée par un dégagement immédiat de bulles gazeuses.



**Figure 08** : Test catalase positif (à droite) catalase négatif (à gauche).

## II.5.3. Test de l'oxydase (Sources 03 et 04) :

Le test de l'oxydase est fondé sur la production bactérienne d'une enzyme oxydase intracellulaire. En présence d'oxygène atmosphérique et de cytochrome C, cette enzyme oxyde le réactif pour former un composé coloré en violet.

### ➤ Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette Pasteur, étaler la colonie sur un disque imprégné d'une solution aqueuse à 1% de chlorhydrate N-diméthyl paraphénylène diamine (PDA).

### ➤ Lecture : La réaction est instantanée, formation d'un complexe violet indique un test positif, est la bactérie est dite : oxydase positive. La réaction tardive ou l'absence de couleur indique un test négatif.



**Figure 09** : Oxydase négatif



**Figure 10** : Oxydase positif.

### II.5.4. Galerie Api 20<sup>E</sup> miniaturisée (Sources 01 et 02):

C'est un système standardisé comprenant 20 tests biochimiques miniaturisés, dont le but est l'identification des *Enterobacteriaceae* et certains bacilles à Gram négatif (Murray et al., 1999).

➤ **Mode opératoire :**

- Prélèvement d'une suspension bactérienne à l'aide de l'anse de platine stérilisée par flambage.
- Mettre la suspension dans 5ml de l'eau physiologique et bien mélanger.
- Déposer la suspension dans chaque micro-tube de la galerie.
  - ✓ Pour les tests CIT, VP, GEL : Remplir le microtube et la capsule.
  - ✓ Pour les tests ADH, LDC, ODC, H<sub>2</sub>S, URE Remplir la capsule par l'huile de paraffine pour créer l'anaérobiose.
  - ✓ Pour les autres tests, remplir uniquement les tubes et non les capsules.
- Incubation : 37°C pendant 24 heures.



**Figure 11 :** Galerie Api 20<sup>E</sup> miniaturisée ensemencée.

### II.6. L'antibiogramme (sources 01 et 02):

C'est un examen qui permet la détermination de la sensibilité d'un germe vis-à-vis à différents antibiotiques et met en évidence les bactéries multirésistantes.

#### ➤ Mode opératoire :

##### Préparation de l'inoculum :

- Prélever à l'aide d'un écouvillon stérile **3 colonies** à partir d'une culture pure et jeune (**18 à 24 h**) et émulsionner dans **5 ml** de l'eau physiologique.

##### ➤ Ensemencement :

- Sur milieu **Muller Hinton**, l'ensemencement se fait par des stries sérés jusqu'à la moitié de la boîte.
- Retourner la boîte **90°** puis faire des stries jusqu'au centre de la boîte.
- Retourner de nouveau la boîte **90°** et répéter.
- Retourner la boîte une dernière fois **90°** et répéter.
- Faire 2 tours sur le bord de la boîte à l'aide de l'écouvillon pour être sur de ne pas oublier aucun endroit.

##### ➤ Application des disques :

- Se fait à l'aide d'une pince stérile.

- Les disques doivent être espacés de **24 mm** centre à centre, ne pas mettre plus de 6 antibiotiques sur la même boîte de **90 mm** de diamètre.
  - Une fois le disque disposé, il ne doit pas être déplacé.
  - Laisser les boîtes **20 minutes** pour permettre une pré-diffusion des antibiotiques.
- **Incubation** : à **37°C** pendant **24 heures**.
- **Lecture** : Mesurer les différents diamètres des zones d'inhibition à l'aide d'un pied à coulisse, et les comparer avec les valeurs critiques. Les antibiotiques utilisés et leur concentration ainsi que les valeurs critiques sont mentionnés dans **l'annexe n°III**.

### II.6.1. L'indice MAR (Multiple Antibiotic Resistance) :

Été recommandé par Krumperman (1983), afin d'évaluer le risque de la contamination de l'environnement par les antibiotiques. Les indices MAR ont été calculés pour l'isolat obtenu en utilisant les approches indiquées ci-dessous :

$$\text{Indice MAR} = \frac{\text{Nombre des antibiotiques auxquels l'isolat est résistante}}{\text{nombre total des antibiotiques testés}}$$

Interprétation de l'indice MAR pour un isolat :

- Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont supérieures à **0.2** : Le risque de contamination de l'environnement par les antibiotiques est élevé, donc l'utilisation de l'antibiotique est importante.
- Lorsque les valeurs de l'indice MAR sont inférieures à **0.2** : Le risque de contamination de l'environnement par les antibiotiques est absent ou très faible, donc l'utilisation de l'antibiotique est rare.

# Résultats et discussion

## III. RESULTAT ET DISCUSSION :

### III.1. La cascade et Ain Marssi (source 1 et 2):

#### III.1.1. Paramètres organoleptiques :

Le tableau suivant résume les résultats des analyses organoleptiques :

**Tableau VI** : Les résultats des analyses organoleptiques (Source 1 et 2).

Paramètre organoleptiques	La cascade			Ain Marssi			Norme algérienne
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
La couleur	0	0	0	1	0	0	Inf à 15
L'odeur	IN	IN	IN	IN	IN	IN	-
Le goût	PG	PG	PG	PG	PG	PG	-

\*IN : Inodore.

\*PG : Pas de goût.

#### Interprétation et discussion :

##### III.1.1.1. La couleur :

Les résultats mentionnés dans le **tableau VI** montrent que les valeurs de la couleur sont négatifs (=00) sauf dans le premier prélèvement de la deuxième source « La Cascade ». Toutes les valeurs sont inférieures à la valeur limite prescrite par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**) à **15mg/L**. Cela confirme l'absence de substances dissoutes, et probablement l'absence des ions métalliques fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) et fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), qui présentent des facteurs principaux du changement de la couleur d'eau.

##### III.1.1.2. L'odeur :

L'eau des deux sources était toujours inodore, ne présentent pas des odeurs désagréables ou anormaux. Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition (**Rodier et al., 2009**).

##### III.1.1.3. Le goût :

Les eaux des deux sources ne présentent pas des goûts anormaux. Les eaux destinées à l'alimentation ne doivent pas présenter des goûts.



## Résultats et discussion

### III.1.2. Paramètres physico-chimiques :

Des analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires cités précédemment afin d'évaluer la qualité physique et chimique des quatre sources (Cascade, Ain Marssi, Moulat el Ain, Djellouli) de la commune d'Ain Tagourait, les résultats obtenus sont comparés aux normes de **J.O.R.A.D.P (2011)**.

Le tableau suivant résume les résultats des paramètres physico-chimiques :

**Tableau VII:** Les résultats des analyses physicochimiques (Source 1 et 2).

Paramètre physico-chimiques	La cascade			Ain Marssi			Normes algériennes	Unité
	P1	P2	P3	P1	P2	P3		
Température	13.4	14.3	13.2	15	15.7	15.2	<b>25</b>	°C
pH	7.6	7.21	7.20	7.62	7.55	7.49	<b>6.5-09</b>	-
Conductivité	1406	1743	1261	1404	1341	1026	<b>Inf à 2800</b>	µs/cm
Turbidité	0.681	1.06	1.1	0.947	1.43	1.06	<b>Inf à 5</b>	NTU
TDS	702	871	630	702	698	531	-	mg/L
Salinité	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	-	-
Phosphate	0.6558	0.1043	0.0163	0.0342	0.0275	0.02219	<b>5</b>	mg/L
Chlorures	319.5	213	195.25	355	220.1	142	<b>500</b>	mg/L
Matières organiques	1.1	0.992	0.72	0.80	0.88	0.71	<b>150</b>	mg/L
Calcium	100.2	28.056	54	108.216	16.032	34.03	<b>200</b>	mg/L
TH	40	10	17	40	7	14	<b>200</b>	°F
Magnésium	36	7.2	8.472	31.2	7.2	13.2	<b>150</b>	mg/L
Nitrite	00	0.01	00	00	0.001	0.01	<b>0.2</b>	mg/L
Nitrate	62.5	124.1	100.2	88.70	129.3	109.3	<b>50</b>	mg/L
Fer	00	00	00	00	00	00	<b>0.3</b>	mg/L
TAC	24.5	32.5	33	24	23	23.5	<b>500</b>	°F

#### III.1.2.1. Le test de Chlore :

Les résultats des tests de chlore ont été toujours négatifs pour les deux sources, donc les eaux des deux sources ne sont pas traitées par le chlore.

#### III.1.2.2. La Température :

La température varie entre **13.2°C** et **14.3°C** avec une moyenne de **13.63°C** pour la source (01), et entre **15°C** et **15,7°C** avec une moyenne de **15.3°C** pour la source (02).

La température est presque constante pour chaque source. Elle est influencée par le climat de la région et la période de prélèvement (la saison). Ces valeurs restent inférieures aux

valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**) et qui tolère une température de **25°C**.

La température est un facteur primordial dans la production biologique, elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci, en particulier la solubilité de ses gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (**Rodier et al., 1996**).

### **III.1.2.3. Le potentiel d'hydrogène :**

Les valeurs de pH sont presque constantes pour les 2 sources (**7.6, 7.21, 7.20**) et (**7.62, 7.55, 7.49**) avec une moyenne de **7.33** Pour la source (**01**) et de **7.55** pour la source (**02**) de ce fait, sont des eaux à pH neutre. Ces valeurs se situent entre **6.5** et **9.5**, elles sont conformes aux valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

Le pH peut influencer les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau, Par contre, ces caractéristiques peuvent aussi agir sur lui (**Santé Canada, 2015**). La valeur de pH dépend des terrains traversés par les eaux.

### **III.1.2.4. La conductivité :**

Les valeurs de la conductivité varient entre **1261 µS/cm** et **1743 µS/cm** avec une moyenne de **1421 µS/cm** pour la source (**01**), et entre **1026 µS/cm** et **1404 µS/cm** avec une moyenne de **1257 µS/cm** pour la source (**02**). Les valeurs obtenues restent inférieure aux valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (**FRANK J. et KEMMER N., 1992**). Selon **Rodier (2009)**, les eaux des deux sources sont des eaux très minéralisées.

### **III.1.2.5. La turbidité :**

Les valeurs de la turbidité montrent peu de différence entre les 2 sources. Ces valeurs varient entre **0.681 NTU** et **1.1 NTU** pour la source (**01**) avec une moyenne de **0.947 NTU**, et entre **0.947 NTU** et **1.43 NTU** avec une moyenne de **1.145 NTU** pour la source (**02**). Toutes les valeurs sont inférieures à **5 NTU** qui est la valeur limite fixée par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

La turbidité traduit la teneur de l'eau en particules organiques comme des matières animales ou végétales en décomposition ou des organismes vivants comme les algues, et des particules inorganiques tels que le limon, l'argile, composés chimiques...etc.

### III.1.2.6. TDS

Les valeurs de la TDS pour la source (01) varient entre **630mg/L** et **871 mg/L** avec une moyenne de **734.33 mg/L**, et entre **531 mg/L** et **702 mg/L** pour la source (02) avec une moyenne de **643.66 mg/L**. Toutes les valeurs sont assez proches.

Dans une étude réalisée par l’OMS, un jury de dégustateurs sont parvenus à la conclusion suivante sur la quantité de TDS préférable dans l’eau :

**Tableau VIII:** Goût de l’eau avec différentes concentrations de TDS (OMS, 1993).

Niveau de TDS (mg/l)	Evaluation
Moins de 300	Excellent
300-600	Bien
600-900	Passable
900-1200	Faible
Plus de 1200	Inaccessible

### III.1.2.7. La salinité :

Les valeurs de la salinité présentent une faible différence entre les deux sources. La teneur de la salinité la plus élevée est observée dans la source (01). Les valeurs se trouvent entre **0.7** et **0.8** avec une moyenne de **0.733** pour la source (01), et entre **0.6** et **0.7** pour la source (02) avec une moyenne de **0.633**.

### III.1.2.8. Le Titre Alcalimétrique complet :

Les valeurs obtenues varient entre **24.5 °F** et **33 °F** pour la source (01) avec une moyenne de **30 °F**, et entre **23 °F** et **24 °F** pour la source (02) avec une moyenne de **23.5 °F**. Elles sont inférieures aux valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (J.O.R.A.D.P, 2011) à **62 °F**.

### III.1.2.9. Le phosphate :

Les teneurs sont très faible, elles varient entre **0.0163 mg/L** et **0.6558 mg/L** pour la source (01) avec une moyenne de **0.258mg/L**, et entre **0.0221 mg/L** et **0.0342 mg/l** pour la source (02) avec une moyenne de **0.0279 mg/L**. Elles sont inférieures aux valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (J.O.R.A.D.P, 2011) à **5mg/L**.

La présence naturelle des phosphates dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs élevées en phosphates doivent constituer un indice de pollution (**Rodier et al., 2009**). Vue les valeurs obtenues, il est probable que les eaux des sources analysées soient très peu polluer en attendant la confirmation suite aux analyses microbiologiques.

### **III.1.2.10. Le chlorure :**

Les valeurs de chlorure sont comprises entre **195.25 mg/L** et **319.5 mg/L** avec une moyenne de **242.58 mg/L** pour la source (01), et entre **142 mg/L** et **355 mg/L** avec une moyenne de **239.03 mg/L** pour la source (02). Ces valeurs sont inférieures aux valeurs limites fixées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**) à savoir **500 mg/l** et elles sont donc conformes aux normes.

Les teneurs en chlorures sont liées aux terrains traversés, quand elles sont élevées, elles affectent le goût et la saveur de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

### **III.1.2.11. Le magnésium :**

Selon les résultats obtenus, les valeurs de magnésium oscillent entre **7.2 mg/L** et **36 mg/L** avec une moyenne de **17.224 mg/L** pour la source (01), et entre **7.2 mg/L** et **31.2 mg/L** avec une moyenne de **17.2 mg/L** pour la source (02). Les valeurs sont conformes aux valeurs limitées par la réglementation algérienne à **150 mg/L** par le (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

Le magnésium est un élément significatif de la dureté de l'eau. La teneur en magnésium des eaux douces est inférieure à celle en calcium (**Ramade, 1998**).

### **III.1.2.12. Le calcium :**

Selon les résultats obtenus, les valeurs de calcium varie entre **28.056 mg/L** et **100.2 mg/L** avec une moyenne de **60.752 mg/L** pour la source (01), et entre **16.032 mg/L** et **108.216 mg/L** avec une moyenne de **52.57 mg/L** pour la source (02). Les valeurs dans les deux cas ne dépassent pas les valeurs limitées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**) à savoir au-dessous de **200 mg/L**.

Le calcium est généralement l'élément dominant de l'eau potable et sa teneur varie suivant les terrains traversés : terrains calcaires ou gypseux (**Rodier et al, 2009**).

- ❖ Nos résultats montrent que les eaux analysées dans cette étude présentent des taux instables en minéraux. Autrement dit, leur composition minérale change en fonction du

temps ce qui nous permet de conclure que ce sont des eaux de sources et non pas des eaux minérales.

- ❖ L'apport en calcium est important à tous les âges, mais le besoin de  $\text{Ca}^{2+}$  est plus élevé chez les enfants en croissance, les femmes lors d'une grossesse et la lactation, les femmes ménopausées et les personnes âgées en prévention de l'ostéoporose, car le calcium aide à la calcification des os. Beaucoup d'études épidémiologiques, animales et cliniques confirment l'existence d'une relation inverse entre la prise de  $\text{Ca}^{2+}$  et l'apparition de l'ostéoporose (**Garzon et al, 2001**). Un apport nutritionnel faible en calcium a été associé à une augmentation du risque d'accidents vasculaires cérébraux aussi (**Guessous et Bochud, 2012**). Une eau enrichie en calcium contribue à prévenir l'ostéoporose (**Garzon et al, 2001**).
- ❖ Par contre, la supplémentation calcique en cas d'hypercalcémie (accumulation de calcium dans le sang) pourrait augmenter le risque d'infarctus du myocarde (**Guessous et Bochud, 2012**). La mort subite cardiaque est le risque pour les patients atteints d'insuffisance cardiaque. Le calcium mal contrôlé dans les cellules cardiaques peut conduire à un rythme cardiaque irrégulier (**Moroi et Shoji, 2017**). Chez les paralysés ou les personnes alitées pendant de longues périodes, l'immobilisation induit une hypercalcémie due au calcium libéré par l'os dans le sang quand l'os n'est plus en charge pendant de longues périodes. L'hypercalcémie peut aussi avoir lieu en cas de production excessive de parathormone par les glandes parathyroïdes « Hyperparathyroïdie » (**Lewis, 2018**).

### III.1.2.13. Titre hydrotimétrique :

Les valeurs de TH varient entre **10 mg/L** et **40 mg/L** pour la source (01) avec une moyenne de **22.33 mg/L**. et pour la source (02) ces valeurs sont entre **7 mg/L** et **40 mg/L** avec une moyenne de **20.33 mg/L**. Les valeurs sont inférieures à **200 mg/L** et donc conformes aux valeurs limitées par la réglementation algérienne (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**Rodier et al., 2009**). Une forte dureté de l'eau est responsable de la détérioration de la robinetterie et rend difficile l'utilisation et le rinçage des détergents, cependant ; elle peut modifier le goût des aliments.

On note la classification suivante :

## Résultats et discussion

**Tableau IX :** Classification de l'eau selon le TH.

TH	0 à 5	5 à 15	15 à 25	25 à 35	≥ 35
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

Dans ce cas, les eaux des deux sources sont classées parmi les eaux moyennement dures.

### III.1.2.14. Les matières organiques :

Les teneurs des eaux des deux sources en matières organiques varient entre **0.72 mg/L** et **1.1 mg/L** avec une moyenne de **0.937 mg/L** pour la source (01) et entre **0.71 mg/L** et **0.88 mg/L** avec une moyenne de **0.796 mg/L** pour la source (02). Les valeurs sont inférieures à la valeur limitée par la réglementation algérienne (J.O.R.A.D.P, 2011) qui est de **5 mg/L** donc conformes aux normes.

Dans les eaux naturelles, elles présentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbones. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité de permanganate ou le carbone organique total (CODEX et COIN, 1981).

### III.1.2.15. Les nitrites :

Les valeurs sont très faibles et varient entre **00 mg/L** et **0.01 mg/L**, avec une moyenne de **0.0033 mg/L** pour la source (01) et de **0.0036 mg/L** pour la source (02). Les valeurs sont inférieures à **0.2 mg/L**, qui est la valeur limitée par la réglementation Algérienne (J.O.R.A.D.P, 2011). Donc les deux sources ne présentent aucun risque de pollution par les nitrites.

Les nitrites sont des indicateurs de pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

### III.1.2.16. Les nitrates :

Les concentrations en nitrates varient entre **62.5 mg/L** et **124.1 mg/L** pour la source (1) avec une moyenne de **95.6 mg/L**, et entre **88.70 mg/L** et **129.3 mg/L** avec une moyenne de **109.1 mg/L** pour la source (2). On constate que les valeurs obtenues sont supérieures à la valeur limite fixée par la réglementation algérienne (J.O.R.A.D.P, 2011) qui est de **50 mg/L**.

La consommation d'une eau riche en nitrate est déconseillée aux nouveaux nés car elle peut causer la méthémoglobinémie du nourrisson. Elle survient principalement chez les enfants de moins de trois mois exposés à des concentrations élevées de nitrates dans l'eau utilisée pour la préparation des biberons. Elle résulte de la réduction des nitrates en nitrites par les microorganismes du système digestif, suivie de l'oxydation par les nitrites, du fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de l'hémoglobine en fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) engendrant ainsi la méthémoglobine. Cette dernière contrairement à l'hémoglobine est incapable de fixer l'oxygène ce qui contribue à réduire le transport de l'oxygène des paumons vers les tissus (**Fan et al, 1987**). La méthémoglobinémie peut conduire à des problèmes neurologiques et respiratoires (55% à 60%) et même la mort lorsque le niveau de la méthémoglobine sanguin est supérieur à 70% (**Bryson, 1996 ; Curry, 1982**). Cet effet toxique est appelé également «cyanose du nourrisson» ou « syndrome du bébé bleu ».

### III.1.2.17. Le Fer

Les valeurs de fer obtenues sont toujours nulles (**00 mg/L**) pour les deux sources, ces valeurs sont conformes aux normes (**J.O.R.A.D.P, 2011**). La valeur limite autorisée par la réglementation algérienne est de **0.3 mg/L**.

### III.1.3. Analyses Bactériologiques :

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de Laboratoire d'Hygiène de Tipaza, consistent à la recherche des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridium Sulfito-réducteurs des Salmonelles et des Vibrions.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant :

## Résultats et discussion

**Tableau X:** Résultats des analyses bactériologiques (Source 01 et 02).

Numéro de prélèvement Et nom de Source		Colimétrie 100 ml		Streptométrie 100 ml		Clostridium Sulfito Réducteurs		Salmonelle		Vibrio	
		CF	E.coli	SF	Confirmation	24H	48H	SFB	HK	GN AB 1	GN AB 2
N°	Source	Tergitol 44°C	Urée Indole	Slanetz 37°	Esculine						
P1	Cascade	00	00	18	1	00	00	00	00	ABS	00
	Ain Marssi	00	00	00	00	00	00	00	00	ABS	00
P2	Cascade	00	00	23	2	00	00	00	29	ABS	00
	Ain Marssi	00	00	00	00	00	00	00	00	ABS	00
P3	Cascade	00	00	92	1	00	00	-	-	ABS	00
	Ain Marssi	00	00	40	00	00	00	-	-	ABS	00

### Interprétation et discussion :

Selon **Rodier J (2009)**, Les eaux des nappes peu profondes sont souvent contaminées après de fortes précipitations.

#### III.1.3.1. Les Coliformes totaux et fécaux :

Les coliformes fécaux parmi lesquelles *E.coli* sont des microorganismes vivants dans les intestins de l'homme et des animaux à sang chaud, leur présence dans l'eau suppose une contamination fécale.

Concernant les eaux des deux sources : Cascade et Ain Marssi, on constate l'absence d'une contamination, du moins récente d'origine fécale. Comme le confirme l'absence totale des coliformes totaux et fécaux y compris d'*E.coli*, ces résultats sont conformes aux normes, à savoir **0 UFC/100mL (J.O.R.A.D.P, 2011)**.

#### III.1.3.2. Les streptocoques fécaux :

Ils sont associés aux coliformes fécaux et sont considérés comme un bon indicateur de pollution, ils sont utilisés aussi pour indiquer l'efficacité de traitement vu leur grande résistance par rapport aux coliformes et aux entérobactéries pathogènes (**Berne et Cordonnier, 1991**).

Le taux des Streptocoques varie entre **1 et 2 UFC/100 mL** pour les eaux de la « Cascade » (source 1), ces valeurs dépassent les limites de potabilité de (**J.O.R.A.D.P, 2011**) fixées à **0**



**UFC/100mL**. Donc les eaux de cette source présentent une contamination fécale due à Streptocoque.

Le taux des streptocoques est toujours **0 UFC/100 mL** pour la 2<sup>ème</sup> source « Ain Marssi », ces valeurs sont conformes aux normes de potabilité de (**J.O.R.A.D.P, 2011**) à **0 UFC/100mL**.

Le ratio **Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux** permet de déterminer si la contamination fécale est d'origine humaine ou animale (**Geldreich, 1970**). C'est une méthode très ancienne, actuellement elle n'est plus utilisée, elle est remplacée par des techniques de génie génétique qui donnent des résultats beaucoup plus précises.

- lorsque le ratio **Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux** est supérieure à **4** : la contamination fécale est d'origine humaine.
- lorsque le ratio **Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux** est inférieure à **0.7** la contamination fécale est d'origine animale.

Le ratio **Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux** a été calculé pour la source (**01**) est toujours égal à **0**, cette valeur qui est inférieure à **0.7** indique que l'origine de cette contamination est animale.

### **III.1.3.3. Clostridium Sulfito-Réducteurs :**

Les Clostridium Sulfito-Réducteurs sont souvent des indicateurs de contamination fécale, ce sont aussi des germes telluriques, de ce fait aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (**Rodier J, 2009**).

Les résultats obtenus lors de la recherche et le dénombrement des spores de Clostridium Sulfito-Réducteurs sont négatifs pour tous les prélèvements et pour les deux sources, ces résultats sont conformes aux normes précisées par le (**J.O.R.A.D.P, 2011**) à **0 germes /100 mL**.

### **III.1.3.4. Les Vibrions :**

Durant cette étude, nous remarquons une absence totale des Vibrio dans les deux sources et pour tous les prélèvements. Ces résultats sont conformes aux normes qui excluent sa présence (**J.O.R.A.D.P, 2011**).

## Résultats et discussion

La recherche de *Vibrio* ne présente pas un intérêt où le choléra a pratiquement disparu. Par contre, quand une épidémie risque de se propager, suite à la présence de maladies ou de porteurs de germe, il est utile de procéder à des contrôles dans les eaux (le cas de l'Algérie 2018) (Rodier J et al, 2009).

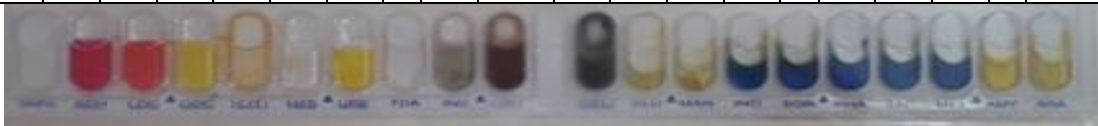
### III.1.3.5. Les Salmonelles :

Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène qui varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires.

Leurs hôtes naturelles sont la population humaine, les animaux domestiques, les volailles et le bétail ainsi que les animaux sauvages, y compris les oiseaux communs. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladie mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques (Rodier et al, 2009).

Les résultats obtenus montrent l'absence des colonies caractéristiques, donc l'absence des Salmonelles, Ces résultats sont conformes aux normes de (J.O.R.A.D.P, 2011), mais dans le 2<sup>ème</sup> Prélèvement de la source (1), on a obtenues 29 colonies dans le milieu de confirmation (Hektoen), une colonie est soumise à des tests d'identification par la galerie miniaturisée Api 20E.

### III.1.3.6. Résultats de la galerie d'Api miniaturisée :

Test Biochimique	Api 20 <sup>E</sup>																		
	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
																			

**Figure 12:** Illustration de l'identification d'une seule colonie par la galerie d'Api 20<sup>E</sup> miniaturisée.

- Le nom de la bactérie est : *Aeromonas hydrophila* gr.1.

***Aeromonas hydrophila*** : Ce sont des habitants naturels des sols et des milieux hydriques, ils ont émergé comme pathogènes opportunistes responsables de gastroentérites, septicémies, de péritonites (Don et al., 2004).

## Résultats et discussion

### III.1.4. L'antibiogramme :

Durant cette étude, on a effectué des antibiogrammes pour les souches de Streptocoques fécaux isolées à partir de la source (01), dont le but est de déterminer la sensibilité des souches vis-à-vis de 14 antibiotiques différents : **Pénicilline, Erythromycine, Lévofloxacine, Chloramphénicol, Tétracycline, Vancomycine, Clindamycine, Rifampicine, Oxacilline, Amoxicilline, Ciprofloxacine, Céfotaxime, Céfalexin, Pristinamycine.**

L'interruption de notre stage à cause de la pandémie de SARS-COV-2 ne nous a pas permis d'effectuer l'antibiogramme pour les souches d'*Aeromonas hydrophila* gr.1.

L'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion des disques sur gélose Muller Hinton, et l'interprétation est basée sur la mesure des diamètres d'inhibition selon la standardisation de l'antibiogramme à l'échelle mondiale.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau XI:** Résultats de mesures des zones d'inhibition pour les Streptocoques détectées exprimés en millimètres.

Antibiotiques	Streptocoque	Antibiotiques	Streptocoque
P	30	RP	25
	S		S
E	20	RIP	27
	I		S
LE	20	OX	10
	S		R
C	25	CN	20
	S		S
TE	30	AX	30
	S		S
VA	20	CTX	26
	S		S
DA	10	CIP	22
	R		S

Les valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition sont mentionnées dans l'**annexe n° III.**

#### ➤ L'indice MAR :

Une valeur de l'indice MAR supérieure à **0.2** indique que les isolats sont fréquemment exposés aux antibiotiques.

## Résultats et discussion

Une valeur de l'indice MAR inférieure à **0.2** indique que les isolats sont rarement exposés aux antibiotiques.

Dans notre étude, les Streptocoques isolés à partir de la source (**01**) ont montré une valeur inférieure à **0,2** (indice MAR= **0.14**).

Cette valeur indique que la souche provient d'une source où les antibiotiques sont rarement utilisés.

### III.2. Moulat el-ain et Djellouli :

#### III.2.1. Paramètres organoleptiques :

Le tableau suivant résume les résultats des analyses organoleptiques :

**Tableau XII:** Les résultats des analyses organoleptiques (Source **03** et **04**).

Paramètre organoleptiques	Source 03	Source 04
La couleur	IN	IN
Le goût	PG	PG

\*IN : Inodore.

\*PG : Pas de goût

#### III.2.2. Paramètres physico-chimiques :

Le tableau suivant résume les résultats des paramètres physico-chimiques :

**Tableau XIII:** Résultats des analyses physico-chimiques (Source **03** et **04**).

Paramètre physicochimiques	S3	S4	Normes algériennes	Unité
pH	6.47	5.74	6.5-09	-
Conductivité	1739	1601	2800	µs/cm
Turbidité	0.266	0.183	5	NTU

##### III.2.2.1. Le pH :

La mesure du pH a été effectuée au niveau du laboratoire avec le respect du délai et de la température de conservation (4°C- 24 heures).

Une valeur de **6.47** est notée pour la Source (**03**) et une valeur de **5.74** pour la Source (**04**). La Source (**03**) est conforme aux valeurs limitées par la réglementation algérienne publiées par le (**J.O.R.A.D.P, 2011**), qui limite une valeur de pH minimale de **6,5** et une valeur maximale de **9**. La Source (**04**) est hors norme, cependant puisqu'on a effectué une seule mesure de pH, l'erreur instrumentale ou bien humaine n'est pas écartée.

D'après **Dussart (1992)**, les valeurs de pH dans les eaux de sources varient en fonction de l'heure de la journée, de la température, de l'insolation, de l'intensité lumineuse et des processus physiologiques et biologiques.

### **III.2.2.2. La Conductivité électrique :**

Une valeur de **1739  $\mu\text{S/cm}$**  est notée pour la source (**03**), et une valeur de **1601  $\mu\text{S/cm}$**  pour la source (**04**). Ces valeurs sont inférieures aux valeurs limitées par la réglementation algérienne publiées par le (**J.O.R.A.D.P., 2011**), qui limite pour les eaux potables une valeur de **2800  $\mu\text{S/cm}$** .

D'après **Rodier et al., (2009)**, une conductivité supérieure à **666  $\mu\text{S/cm}$**  implique une minéralisation importante des eaux.

### **III.2.2.3. La turbidité :**

Une valeur de **0.266 NTU** est notée pour la source (**03**), et une valeur de **0.183 NTU** pour la source (**04**).

Ces résultats sont largement inférieurs aux valeurs limitées par la réglementation algérienne publiées par le **J.O.R.A.D.P (2011)**, qui limite une valeur maximale de **5 NTU** pour les eaux potables, donc les deux sources sont conformes aux normes.

### **III.2.3. Paramètres microbiologiques :**

Les analyses bactériologiques consistent à la recherche et le dénombrement des germes mésophiles aérobies totaux, la recherche des Streptocoques fécaux, des *E.coli* de *Pseudomonas aeruginosa*, le tableau suivant résume les résultats des analyses microbiologiques.

## Résultats et discussion

**Tableau XIV:** Résultats des analyses microbiologiques des sources (03) et (04)

Germe recherché	Résultats	
	Source (03)	Source (04)
Dénombrement des germes mésophiles aérobies totaux	272 UFC/100mL	293 UFC/100mL
<i>E.coli</i>	Absence	Absence
Streptocoques fécaux	Absence	Absence
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence	Absence

### III.2.3.1. Dénombrement des germes mésophiles aérobies totaux :

Le nombre des germes aérobies totaux retrouvés dans un échantillon d'eau de la source (03) est de **272 UFC/100mL**, et pour la source (04) est de **293 UFC/100mL**.

Ces résultats sont non conformes aux valeurs limitées par la réglementation française publiées par le (J.O.R.F, 1989) qui indique que la norme seuil des germes aérobies totaux retrouvés dans une eau potable est de **100 UFC/100mL**.

### III.2.3.2. La recherche des Streptocoques fécaux et des *E.coli* :

L'absence des germes fécaux (*E.coli*, streptocoques fécaux) dans l'eau étudiée conclue et confirme également l'absence de contamination fécale et de pollution urbaine.

### III.2.3.3. La recherche des *Pseudomonas aeruginosa* :

*Pseudomonas aeruginosa* est un organisme pathogène pour l'homme, capable de croître dans l'eau à des très faibles concentrations nutritives, selon le J.O.R.A.D.P (2011) il convient que toute eau minérale naturelle et toute eau de source soient exemptes de cette bactérie, l'absence des *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau étudiée conclue et confirme également que les deux sources (03) et (04) sont conformes aux valeurs limitées par la réglementation Algérienne.

#### ➤ Identification des germes aérobies mésophiles totaux :

Afin d'identifier les germes obtenus sur gélose TSA, après le dénombrement et l'isolement de germes nous avons réalisé les tests suivants, mais vu la situation générale de la pandémie du SARS-COV-2, notre stage a été interrompu et on n'a pas pu terminer l'identification par la galerie d'API miniaturisée.

## Résultats et discussion

---

**Tableau XV:** Résultats des tests d'identification des germes aérobies mésophiles totaux.

	Source (03)	Source (04)
Aspect des colonies	Colonies jaune doré, rondes, lisses, contour régulier, taille moyenne.	Colonies beiges, rondes, lisses, contour régulier, taille moyenne.
Aspect cellulaire	Cocci regroupées	Cocci non regroupées
Coloration de Gram	+	+
Catalase	+	-
Oxydase	-	+

## Conclusion

L'eau est un élément qui doit être constamment contrôlé, c'est la source de vie de tous les organismes vivants mais elle peut être un vecteur de maladies redoutables et elle peut causer l'apparition des épidémies si elle est polluée.

Cette étude consiste à évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de quatre sources d'Ain Tagourait, wilaya de Tipaza. Le choix est porté sur ces sources en raison de leur importance pour les habitants d'Ain Tagourait et ses environs, elles constituent la première source d'alimentation en eau potable pour la population locale, et elles sont utilisées dans différentes activités quotidiennes.

Pour les deux sources « La cascade » et « Ain Marssi », il en ressort que :

Pour l'analyse organoleptique, les échantillons prélevés sont claires, ne présentent ni odeurs, ni saveurs désagréables. De point de vue physico-chimique, les eaux des deux sources présentent un pH neutre et une température constante. La teneur des eaux en (Chlorure, phosphates, nitrite, fer,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) est très variables, mais elles sont toujours conformes aux valeurs limitées par la réglementation algérienne. La variation des concentrations des minéraux en fonction du temps confirme que ces eaux sont des eaux de source et ne peuvent pas être qualifiées d'eaux minérales. La teneur en nitrate de ces sources est très élevée, elle dépasse les valeurs limitées par la réglementation algérienne, ce qui indique que ces eaux présentent une pollution en nitrate, donc cette eau est déconseillée pour les nouveaux nés. Elle peut être utilisée si elle est mélangée avec des eaux à concentration très faible en nitrate. Il est nécessaire de faire une étude hydrogéologique afin de déterminer l'origine de cette pollution.

Les résultats bactériologiques sont négatifs pour les Coliformes totaux et fécaux, pour les Clostridium sulfito-réducteurs, les Vibrions et pour les Salmonelles. Par contre on note la présence des streptocoques dans la source « La cascade » et la présence des colonies d'*Aeromonas hydrophila* gr.1. La qualité bactériologique de « la cascade » est mauvaise, contrairement à celle de « Ain Marssi ». Le calcul du ratio **Coliformes fécaux/ Streptocoqus fécaux** permet de supposer que la contamination fécale de « La cascade » par les Streptocoques est d'origine animale. L'indice de MAR indique que les isolats sont rarement exposés aux antibiotiques.

Pour les deux sources « Moulat el-ain » et « Djellouli », il en ressort que :

Pour l'analyse organoleptique, Les échantillons prélevés sont claires, ne présentent ni odeurs, ni saveurs désagréables. Pour l'analyse physico-chimique la source Moulat el-ain présente un pH neutre, par contre la source Djellouli est hors norme, cependant puisqu'on a effectué une seule mesure de pH, l'erreur instrumentale ou bien humaine n'est pas écartée,



pour la Conductivité électrique les résultats obtenu pour les deux sources sont inférieurs aux valeurs limitées par la réglementation Algérienne, Pour la turbidité les résultats obtenus pour les deux sources sont bonnes.

Les résultats bactériologiques sont négatifs pour les « *E.coli*, **Streptocoques fécaux**, *Pseudomonas aeruginosa* », mais on a obtenu un nombre de germes aérobies mésophiles totaux dans un échantillon d'eau des deux sources qui dépasse les valeurs limitées par la réglementation française.

A l'avenir, il serait souhaitable de poursuivre ce travail par :

- Faire des analyses des autres paramètres.
- Faire une étude statistique générale.
- Suivre la situation de la source contaminée (la cascade).
- S'assurer que les trois autres sources sont propres.

# Références bibliographiques

## A

- **Alexander J., Seitz B. & Bollmann T.S., (2015).** Microbiological characterization of aquatic microbiomes targeting taxonomical marker genes and antibiotic resistance genes of opportunistic bacteria. *Science of the total environment.*(p316-325)
- **Aminot A. & Chaussepied M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Editions Jouve, CNEXO, Paris, 395 p.
- **Anctil F., (2016).** L'eau et ses enjeux. 2<sup>ème</sup> édition : deboeck.p89.
- **Apfelbaum M., Romrn M. & Dubus M. (2009).** Diététique et nutrition. 7<sup>ème</sup> édition. Paris : Elsevier Masson. 516p.

## B

- **Baudry C. & Brézelle H., (2006).** Microbiologie-Immunologie : d'application .2<sup>ème</sup> édition.
- **Belokda W., (2009).** Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers. Mémoire du Master. Université Chouaib Doukkali El-Jadida. Maroc. Génie de l'environnement et santé.
- **Benamar N., Mouadiah N. & Benamar A., (2011).** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien : le cas de l'oued Cheliff Colloque international usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ?, Université de Provence, Marseille.
- **Berne F. & Cordonnier J., (1991).** Traitement des eaux. Edition : Tec. P 6-14.
- **Bligny J. & Hatermann P., (2004).** Les eaux minérales naturelles et les eaux de source: cadre réglementaire et technique. *Elsevier.* Vol-337.p279-284.
- **Bonnefoy C. Guillet, F. Leyral, G .VERNE-BOURDAIS, E., (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences et techniques, Série : Science des aliments. 248p.
- **BONNIN J., (1982).** Aide mémoire d'hydraulique urbaine. Edition. Eyrolles.p128.
- **Bourgeois C.M., Leveau J.Y. & Guthmann J.F., (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Édition Lavoisier, Paris. 454p.
- **Bouziani M., (2000).** L'eau de pénurie aux maladies .Edition : Ibn-Khaldoun ».247p.
- **Brisou J. & Denis F., (1980).** Technique de surveillance de l'environnement maritime. Edition Masson. P206.

- **Bryson P.D., (1996).** **Drugs and toxins causing methemoglobinemia.** *In comprehensive review in toxicology for emergency clinicians Taylor & Francis, Washington, D.C., pp. 372-379.*
- **Burgman H., (2015).** Entrée des antibiotiques et la résistance aux antibiotiques dans les systèmes d'eau du suisse-prévention et promotion de la santé.

## C

- **Cardot C., (1999).** Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques-cours et biologique problèmes résolus Génie de l'environnement. Edition : Ellipses. 247p.
- **Castany G., (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie.Ed : Paris Bordas Dunod DL.
- **Claudio O., Gualerzi L., Brandi, F. & Cynthia L., (2009).** Antibiotics Targets, Mechanisms and Resistance. Edition: Wiley-VCH. 549p.
- **Codex S. & Coin., (1981).** La pratique de l'eau : usages domestiques, collectif et industriel. Edition : Moniteur. Paris.
- **Crouzilles C., (2012).** Infectiologie et hygiène - Gestion des risques et soins infirmiers : Unités d'Enseignement.p 4-11.
- **Curry S., (1982).** Methemoglobinemia. *Ann Emerg Med.* 11(4). P214-221.
- **CUSTODIO E. & LLAMAS R., (2001).** Hidrología subterránea. Tomo I. (Segunda ed.).Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A.

## D

- **Davies J. (2006).** Are antibiotics naturally antibiotics. *Society for Industrial Microbiology.*p4-6.
- **Debieche H., (2002).** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien, Université de Franche-comté.
- **Dégrément , (1952).** « Mémento technique de l'eau », Première édition. p1718.
- **Delarras C., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Ed : Lavoisier. p269.
- **Denis F., Phocyl M., Martin C., Bingen E & Quentin R, (2007).** Bacteriologie medicale. Techniques usuelles. p295-333.
- **Don J., Brenner N. R., Krieg J. & Staley R., (2004).** Bergey's Manual of systematic Bacteriology. The Proteobacteria.p514-557.

- **DUPOUNT A., (1981).** Hydraulique urbaine : Hydrologie captage et traitement des eaux .Tome 1. 5<sup>ème</sup> édition : Eyrolles.Paris.p262.
- **Dussart B. (1992).** Limnologie, l'étude des eaux continentales. 2<sup>ème</sup> édition. Collection « faunes et flores actuelles ». 630 p.

#### E

- **Encrenaz T., (2004).** A la recherche de l'eau dans l'univers. Ed : Belin-Pour la science.136p.

#### F

- **Fan A. M. & Steinberg V. E. (1987).** Health implications of nitrate and nitrite in drinking water: an update on methemoglobinemia occurrence and reproductive and developmental toxicity, Regul Toxicol Pharmacol, 23(1 Pt 1), 35-43.
- **Ford T. E. & Hamner S., (2015).** A Perspective on the Global Pandemic of Waterborne Disease. *Microbial Ecology*, 76(1), p2–8.
- **Frank J. & Kemmer N., (1992).** Manuel de l'eau. Edition : Lavoisier. p105.

#### G

- **Garzon Ph., Azoulay A. & Eisenberg M., (2001).**Comparison of the Mineral Content of Tap Water and Bottled Waters MPH. Volume 16.
- **Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.
- **Geldreich E. E., (1970).** Applying bacteriological to recreational water quality. Water Works Assac. P113.
- **Gomella C. & Guerrée H., (1973).** Le traitement des eaux de distribution. 2<sup>ème</sup> édition : Paris.Eyrolles.
- **Gomella C. & Guerrée H., (1980).** La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurale.Edition : Paris.Eyrolles.p277.
- **Grosclaude G. (1999).** L'eau usages et polluants. Tome II. Ed : Lavoisier.220p.
- **Guessous I., Bochud M., (2012).** Effets des suppléments en calcium et vitamine D sur la maladie cardiovasculaire, Rev Med Suisse; volume 8. 1458-1463.

## H

- **Hade A., (2003).** Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Ed : illustrée. p359.
- **Hart T., Shears P. & Gaillot O., (1997).** Atlas de poche de microbiologie, Edition: Médecine-Sciences Flammarion, Paris.
- **Hébert S., Légaré S., (2000).** Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'environnement, Québec : p 23-24.
- **Heymann D. L., (2001).** Control of communicable diseases manual. 18<sup>ème</sup> édition: American Public Health Association.
- **Hurst C.J., Knudsen G.R., Mcinerney M.J., Stetzenback L.D & Crawford. (2002).** Manual of environmental microbiology. 2<sup>ème</sup> édition: ASMpress, Washington, DC, USA. p232.

## J

- **J.O.R.A.D.P. (Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire), 15 juillet 2004.** N° 45 Décret exécutif n° 04-196 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source.
- **J.O.R.A.D.P. (Journal officiel de la République Algérienne démocratique et populaire), 22 mars 2011** relatif décret exécutif n°14-96, la qualité de l'eau de consommation humaine.
- **J.O.R.F (Journal officiel de la République Française) "Lois et Décrets", 11 janvier 2007.** Arrêté relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

## K

- **Kon K. & Rai M., (2016).** Antibiotic Resistance Mechanisms and New Antimicrobial Approaches. *Elsivier Inc.* p4.
- **Kourradi R. (2007).** Evaluation de degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de scrobicularia plana (Linné, 1758) et selon marginatus (Linné, 1767).thèse de doctorat d'état en biologie, spécialité Ecologie animale. Université Mohamed V-AGDAL Faculté des sciences Rabat, Maroc. 300p.

## L

- **Lewis J., (2018).** Brookwood Baptist Health and Saint Vincent's Ascension Health, Birmingham.

## M

- **Madigan M. & Martinko J., (2007).** Brock Biologie des microorganismes. 11<sup>ème</sup> édition.p686.
- **Maiga A., (2005) :** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- **Makhoukh M. & Berrahou A., (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental). Larhyss Journal. 9 : 149-169.
- **Mercier J., (2000).** Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre.
- **Michelbriand K., (2012).** Aspects de la résistance bactérienne aux antibiotiques, edition harmattan.
- **Moroi T. & Shoji Y., (2017).** State-of-the-Art Calculation of the Decay Rate of Electroweak Vacuum in the Standard Model So Chigusa, University of Tokyo.
- **Murray P., Baron E., Pfaller M., Tenover F. & Tenover R. (1999).** Manuel of CLINICAL MICROBIOLOGIE. 7th edition, Amer. Soc. Microbial ; Washing, D.C.

## O

- **OMS (Organisation Mondiale de Santé). (2006).** Emerging issues in water infectious disease. Ed : Genève. 24p.

## P

- **Payment P. & Pintar K., (2006).** Waterborne Pathogens: A Critical Assessment of Methods, Results and Data Analysis. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 19, n° 3. p233-245.
- **Pebert F., (2003).** Maladies infectieuses. Edition heures de France. Paris.

## R

- **Ramade F., (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau- Biochimie et écologie des eaux continentales et littorales. Paris : Ediscience international.800p.
- **Rodier J., (1996).** L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 6<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.

- **Rodier J. & Coll., (2005).** L'analyse de l'eau, eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N & Coll., (2009).** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition : Dunod, Paris.

## T

- **Tardat H. & Beaudry J.P, (1984).** Chimie des eaux Québec : édition le Griffon d'argile. 537 p.

## V

- **Vilaginès R., (2010).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 3<sup>ème</sup> édition: Tec et Doc. Lavoisier. P : 5-217.

## W

- **Wackermann G. & Rougier H., (2010).** L'eau ressources et usages. Ed: ellipses. 272p.

### **Sites internet :**

- ❖ **Historique-Météo.net**
- ❖ **Canada.ca**
- ❖ **WWW.google.maps.com**



# Annexes

## Annexe n°I

### I. Figures montrant les sources étudiées :



**Figure 13:** Photo de la cascade Ain Tagourait.



**Figure 14:** Point de prélèvement de l'eau de la source « Cascade ».

## Annexe n°I

### I. Figures montrant les sources étudiées (suite).



**Figure 15:** Photo d'Ain Marssi.

### II. Lieux de stages :

#### 1- Laboratoire d'hygiène-Tipaza :

- Adresse : Rue de stade Tipaza-Algérie.
- Coordinate : 36.5870733, 2.4389715.

#### 2- Usine de traitement d'eau potable Mitidja Ouest d'Ahmer el-Ain-Tipaza :

- Adresse : Cité Brahim Ben Omar Ahmer el-Ain- Tipaza - Algérie.

#### 3- Laboratoire de physicochimie et microbiologie céphalosporine (EURL Pharmalliance) :

- Adresse : Domaine Kouchi Idir, Ouled-Fayet, Alger – Algérie.

## Annexe n°II

### I- Matériel utilisés dans la partie expérimentale :

#### 1. Matériel pour l'échantillonnage :

- Bouteille en plastique.
- Glacière.
- Flacons stérile (500ml).

#### 2. Matériel pour les analyses physico-chimiques :

##### Appareillage :

- Conductimètre.
- pH-mètre.
- Turbidimètre.
- Bain marie.
- Etuve.
- Etuve 37°C- 44°C.
- Autoclave
- Spectrophotomètre.
- Rampe de filtration.
- Pistolet.
- Agitateur magnétique.
- Bec Bunsen.
- Rampe à flux laminaire.

##### Verrerie :

- Fiole.
- Bécher.
- Erlenmeyer.
- Pipette Pasteur
- Burettes.
- Pipette graduées.
- Eprouvettes graduées.

##### Réactifs :

#### Réactifs utilisés pour la détermination des phosphates :

##### 1. Solution d'acide ascorbique à 20g/l :

- ❖ Acide ascorbique .....2g.
- ❖ Eau déionisée q.s.p .....100 ml.

##### 2. Le réactif sulfomolybdique combiné :

- ❖ Solution d'acide sulfurique..... 50 ml.
- ❖ Solution de tartate double d'antimoine et de potassium .....5ml.
- ❖ Solution de molybdate d'ammonium ..... 15 ml.
- ❖ Eau déionisée q.s.p..... 100 ml.

## Annexe n°II

### Réactifs utilisés pour la détermination des nitrites :

#### 1. Réactif combiné :

- ❖ Amino-4-benzène sulfonamide..... 40g.
  - ❖ Acide orthophosphorique.....100 mL.
  - ❖ Eau distillée.....500ml.
  - ❖ N-(Naphthyl-1) diamino-1,2 ethane.....2g.
- Compléter le volume à **1000 ml** avec de l'eau distillée.
- Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre **2** et **5°C**.

### Réactif utilisés pour la détermination des nitrates :

#### 1. Solution de Salicylate de Sodium à 0.5% :

- ❖ Salicylate de sodium.....0.5 g.
- ❖ Eau distillée.....100ml.

#### 2. Solution de tartrate double de sodium et de potassium :

- ❖ Hydroxyde de sodium .....40g.
- ❖ Eau distillée ..... 100ml.
- ❖ Tartrate double de sodium et potassium ..... 6g.

#### 3. Acide sulfurique.

### Réactifs utilisés pour la détermination de Matière organique:

#### 1. Solution mère de permanganate de potassium 0.1 N (20mmol/L) :

- ❖ permanganate de potassium.....3.2 g.
- ❖ L'eau distillée.....800 mL.

Bien mélanger, après dissolution compléter le volume avec de l'eau distillée jusqu'à **1L**.

Porter la solution à 90-95°C pendant 2 h. refroidir, laisser reposer 2 jours au moins avant utilisation. Décanter la solution claire dans un flacon en verre fumé.

#### 2. Solution fille permanganate de potassium :

- ❖ Solution mère de permanganate de potassium.....100 mL.
- ❖ L'eau distillée.....1000 mL.

Conserver la solution à l'obscurité.

## Annexe n°II

### Réactifs utilisés pour le dosage de Chlorure :

- Acide nitrique pur
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrate d'argent.

### Réactifs utilisés pour le dosage de titre hydrotimétrique :

#### 1. Solution tampon pH10 :

- Chlorure d'ammonium.....67.5 g.
- Solution ammoniacale.....570 ml.
- Eau distillée .....1000 ml.

### Indicateurs colorés et autres solutions:

- Noir Eriochrome T.
- Murexide.
- EDTA.

### 3. Matériel pour les analyses bactériologiques :

#### Milieux de cultures et leurs compositions :

##### Tergitol

Peptone.....	10g
Extrait de levure.....	6g
Extrait de viande.....	5g
Lactose.....	20g
Bleu de bromothymol.....	0.05g
Tergitol 7.....	0.1g
Agar.....	13g

##### Gélose Viande foie (VF) :

Base Viande foie.....	30g
Glucose.....	2g
Agar.....	6g
Eau distillée.....	1000ml

## Annexe n°II

### Milieux de cultures et leurs compositions (suite):

#### Gélose Slanetz et Bartley

Tryptose.....	20g
Extrait de levure.....	5 g
Glucose.....	2g
Phosphate disodique 2 H <sub>2</sub> O.....	4g
Azoture de sodium .....	0.4g
Chlorure de tétrazolium.....	0.1g
Agar.....	10g

#### Gélose Hektoen

Peptone .....	12g
Extrait de Levure.....	3g
NaCl.....	5g
Thiosulfate de sodium .....	5g
BBT.....	0.002g
Lactose.....	12g
Saccharose.....	12g
Salicine.....	2g
Citrate de fer 3 et d'ammonium.....	2g
Sels biliaires.....	9g
Fushine acide .....	0.1g
Bleu de bromothymol.....	0.065g
Agar.....	13g
L'eau distillée.....	1000 ml

#### Bouillon SFB

Lactose.....	4g
Tryptophane .....	5g
Phosphate disodique .....	10g
Sélénite de sodium .....	0.01g
L-cystine.....	0.01g
L'eau distillée.....	1000ml

#### Gélose Tryptone-Soja (TSA)

Peptone de caséine .....	15,00 g
Peptone de soja .....	5,00g
Chlorure de sodium .....	5,00g
Agar.....	15,00g

## Annexe n° II

### Milieux de cultures et leurs compositions (suite):

#### Gélose Mac Conkey

Peptone .....	20,0 g
Sucre.....	10,0 g
Sels biliaires n° 3 .....	1,5 g
Cristal violet.....	0,001 g
Rouge neutre .....	0,05 g
Chlorure de sodium .....	5,0g
Agar-agar .....	15,0 g

#### Gélose Cétrimide

Peptone de gélatine.....	16,0 g
Peptone de caséine.....	10,0 g
Acide nalidixique ou pas.....	15 mg
Sulfate de potassium.....	10,0 g
Chlorure de magnésium.....	1,4
Agar.....	10,0 g

#### Réactifs :

- Alun de fer.
- Sulfite de sodium.
- Disques d'antibiotiques.
- le violet de gentiane.
- Lugol.
- Eau oxygénée.
- Disque d'oxydase (N-diméthyl paraphénylène diamine (PDA)).
- Huile de vaseline.



### Annexe n°III

**Tableau XVI:** Les antibiotiques utilisés et leurs concentrations ainsi que les valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition

Antibiotiques	Abréviation	Concentration	Diamètre critique mm		
			R	I	S
<b>Pénicilline</b>	<b>P</b>	<b>10</b>	--	--	≥ 24
<b>Erythromycine</b>	<b>E</b>	<b>15</b>	≤ 15	16 - 20	≥ 21
<b>Lévofoxacine</b>	<b>LE</b>	<b>5</b>	≤ 13	14 - 16	≥ 17
<b>Chloramphénicol</b>	<b>C</b>	<b>30</b>	≤ 17	18 - 20	≥ 21
<b>Tétracycline</b>	<b>TE</b>	<b>30</b>	≤ 18	19 - 22	≥ 23
<b>Vancomycine</b>	<b>VA</b>	<b>30</b>	≤ 14	15 - 16	≥ 17
<b>Clindamycine</b>	<b>DA</b>	<b>2</b>	≤ 15	16 - 18	≥ 19
<b>Pristinamycine</b>	<b>RP</b>	<b>15</b>	≤ 19	--	≥ 22
<b>Rifampicine</b>	<b>RIF</b>	<b>30</b>	≤ 24	--	≥ 29
<b>Oxacilline</b>	<b>OX</b>	<b>5</b>	≤ 13	14 - 17	≥ 18
<b>Céfalexin</b>	<b>CN</b>	<b>10</b>	≤ 14	15 - 17	≥ 18
<b>Amoxicilline</b>	<b>AX</b>	<b>10</b>	≤ 13	14 - 17	≥ 18
<b>Céfotaxime</b>	<b>CTX</b>	<b>30</b>	≤ 22	23 - 25	≥ 26
<b>Ciprofloxacine</b>	<b>CIP</b>	<b>5</b>	≤ 15	16 - 20	≥ 21

## Annexe n° IV

Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations ( **Journal officiel de la république algérienne n°34**).

**Tableau XVII:** Normes Algérienne de potabilité des paramètres physico-chimiques des eaux de consommation.

<b>Groupes de paramètres</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Normes algérienne</b>	<b>Unité</b>
<b>Paramètres organoleptiques</b>	<b>Couleur</b>	<b>5</b>	-
	<b>Odeur</b>	-	-
<b>Paramètres Physico-chimiques</b>	<b>Température</b>	<b>25</b>	°C
	<b>pH</b>	<b>6.5-09</b>	-
	<b>Conductivité</b>	<b>Inf à 2800</b>	µs/cm
	<b>Turbidité</b>	<b>Inf à 5</b>	NTU
	<b>TDS</b>	<b>500</b>	-
	<b>Salinité</b>	-	-
	<b>Phosphate</b>	<b>5</b>	<b>mg/L</b>
	<b>Chlorures</b>	<b>500</b>	<b>mg/L</b>
	<b>Matières organiques</b>	<b>150</b>	<b>mg/L</b>
	<b>Calcium</b>	<b>200</b>	<b>mg/L</b>
	<b>TH</b>	<b>200</b>	°F
	<b>Magnésium</b>	<b>150</b>	<b>mg/L</b>
	<b>Nitrite</b>	<b>0.2</b>	<b>mg/L</b>
	<b>Nitrate</b>	<b>50</b>	<b>mg/L</b>
<b>Fer</b>	<b>0.3</b>	<b>mg/L</b>	
<b>TAC</b>	<b>500</b>	°F	

## Annexe IV

**Tableau XVIII :** Normes Algérienne de potabilité des paramètres microbiologiques des eaux de consommation.

<b>Paramètres</b>	<b>Résultats</b>	<b>Unités</b>	<b>Limites réglementaires</b>
<b>Coliformes totaux</b>	Recherche et dénombrement des <i>E.coli</i> et des bactéries coliformes	UFC/100 mL	0
<b>Coliformes fécaux</b>	Recherche et dénombrement des <i>E.coli</i> et des bactéries coliformes	UFC/100 mL	0
<b>Entérocoques intestinaux</b>	Recherches et dénombrement des entérocoques intestinaux	UFC/100 mL	0
<b>Bactéries Sulfito-Réductrices y compris les spores</b>	Méthodes par incorporation sur gélose	UFC/20 mL	0
<b>Vibrions cholériques</b>	/		Absence
<b>Salmonelle et Shigella</b>	/		Absence

## Annexe V

### I. Appareillages des analyses physico-chimiques utilisées disponible dans l'usine de traitement d'eau potable Mitidja Ouest d'Ahmer el-Ain-Tipaza



**Figure 16 :** Spectrophotomètre.



**Figure 17 :** Conductimètre.



**Figure 18 :** pH-mètre.



**Figure 19 :** Etuve.



**Figure 20 :** Agitateur magnétique.



**Figure 21:** Balance analytique.

## Annexe V

### I. Appareillages des analyses physico-chimiques utilisées disponible dans l'usine de traitement d'eau potable Mitidja Ouest d'Ahmer el-Ain-Tipaza (suite) :



Figure 22: Turbidimètre.

### II. Appareillage des analyses microbiologiques et quelques analyses physico-chimiques utilisées disponible dans le laboratoire d'hygiène-Tipaza et laboratoire microbiologie pharmaliance.

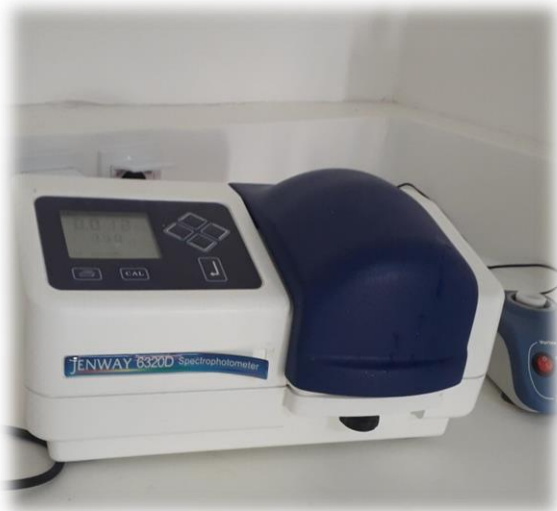


Figure 23: Spectrophotomètre.



Figure 24: Manteau chauffant.

## Annexe V

### II. Appareillage des analyses microbiologiques et quelques analyses physico-chimiques utilisées disponible dans le laboratoire d'hygiène-Tipaza et laboratoire microbiologie Pharmaliance.



**Figure 25:** Rampe de filtration.



**Figure 26:** Pistolet.



**Figure 27:** Buc Bensen.



**Figure 28:** Filtres de 0.45 µm.



**Figure 29:** Bain Marie.



**Figure 30:** Hotte à flux laminaire.