



*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique*

**UNIVERSITE ABBES LAGHROUR-KHENCHELA**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE**



**MEMOIRE**

*Présenté pour l'obtention de diplôme de*

**MASTER**

**FILIERE : BIOLOGIE**

**OPTION : MICROBIOLOGIE APPLIQUEE**

**Thème :**

## **Contribution à la caractérisation microbiologique de l'eau de robinet**

**Présenté par :**

**Taferghoust Ibtissam**

**Bouali Assya**

**Devant le jury composé de :**

<b>Présidente :</b>	<b>Naili Oumaima</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Université Abbès Laghrour khenchela</b>
<b>Directrice :</b>	<b>BENREDJEM Lamia</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université Abbès Laghrour khenchela</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>HANOUNE Saida</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Université Abbès Laghrour khenchela</b>

**Promotion : Juin 2020**

# *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant, le Miséricordieux de nous avoir donné la force, le courage, la persistance, la patience et la volonté pour terminer ce modeste travail.*

*Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous tenons à remercier sincèrement notre directrice de recherche,*

*Madame BENREDJEM Lamia*

*pour son encadrement, et pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses judicieux conseils.*

*Nous tenons à remercier spécialement les membres de jury Madame NAILI*

*Oumaima et Madame HANOUNE Saida*

*pour nous avoir honorés en acceptant d'évaluer et de juger notre travail.*

*Finalement, nous remercions, tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

# Résumé

## Résumé

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles.

Une eau dite potable lorsqu'elle répond aux critères suivants : fraîche, limpide, inodore, incolore et suffisamment, aérée légèrement minéralisée, absence des germes pathogènes et substances toxiques avec gout agréable.

L'eau du robinet est probablement le produit alimentaire dont la qualité est la plus contrôlée car Les eaux de consommation sont susceptibles de renfermer et de déplacer une grande diversité d'agents pathogènes pour l'Homme (virus, bactéries et parasites). La présence de ces microorganismes sont responsables des maladies fatales ; ces maladies sont appelés les maladies hydrique.

Dans le but de protéger l'Homme du risque sanitaire lié à l'utilisation d'une eau généralement souillé, nous avons besoin de connaître les micro-organismes présents dans cette eau, en les identifiants et de connaître l'efficacité des méthodes de traitement de l'eau, et aussi la prévention contre les maladies à transmission hydriques.

Notre objectif d'étude consiste à caractériser la qualité microbiologique de l'eau de robinet et de déterminer l'origine de pollution fécale, aussi les différentes étapes de traitements pour obtenir une eau potable, de même les maladies à transmission hydrique et la prévention contre ces maladies.

**Mots clés:** eau du robinet, agents pathogènes, maladies à transmission hydriques

ملخص

## ملخص

الماء عنصر أساسي في الحياة والنشاط البشري والعضوي يشارك في جميع الأنشطة اليومية , وخاصة المنزلية والصناعية والزراعية.

نقول عن الماء انه صالح لشرب اذا توفرت فيه الخصائص التالية : منعش, صاف, دون رائحة دون لون, مهوى بكفاية, قليل التمعدن, مع غياب الجراثيم و المواد السامة.

من المحتمل إن يكون ماء الصنبور هو المنتج الغذائي ذو الجودة الأكثر رقابة, لان مياه الشرب من الممكن ان تحتوي على مجموعة متنوعة من العوامل المسببة للأمراض للإنسان و منها ( الفيروسات, البكتيريا و الطفيليات). ان وجود هذه الكائنات الدقيقة مسؤول عن الامراض القاتلة ; وتسمى هذه الامراض بالأمراض المنقولة بالمياه.

من اجل حماية البشر من المخاطر المرتبطة باستخدام المياه بشكل عام ,نحتاج إلى معرفة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في هذه المياه ,من خلال التعرف عليها ومعرفة فعالية طرق معالجة ,وكذلك الوقاية من الأمراض التي تنقلها المياه.

هدف دراستنا هو وصف خصائص الجودة الميكروبيولوجية للمياه الصنبور و تحديد اصل التلوث البرازي, كذلك مراحل العلاج المختلفة للحصول على ماء صالح للشرب , حتى الامراض التي تنقلها المياه و الوقاية منها.

الكلمات المفتاحية : ماء الصنبور , الكائنات الدقيقة مسببات الأمراض , الأمراض التي تنقل بالماء

# **Abstract**

## **Abstract**

Water is an essential element in life and human activity. It is a major component of the mineral and organic world. It participates in all daily activities, in particular domestic, industrial and agricultural.

So-called potable water when it meets the following criteria: fresh, clear, odorless, colorless and sufficiently, aerated slightly mineralized, absence of pathogenic germs and toxic substances with pleasant taste.

Tap water is probably the food product whose quality is the most controlled because drinking water is likely to contain and displace a wide variety of pathogens for humans. The presence of these microorganisms is responsible for fatal diseases; these diseases are called waterborne diseases.

In order to protect humans from the health risk associated with the use of generally contaminated water, we need to know the microorganisms present in this water, by identifying them and to know the effectiveness of the methods of treatment of water, and also prevention against waterborne diseases. Our study objective is to characterize the microbiology quality of tap water and determine the origin of fecal pollution, also the different stages of treatment to obtain drinking water and the prevention against these diseases.

## Table des matières

Remerciements	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
<b>I. Introduction</b> .....	<b>Page 01</b>
<b>Chapitre 01 : Notion générales sur l'eau</b>	
1. Définition de l'eau .....	<b>Page 03</b>
2. Les principaux types d'approvisionnement en eau .....	<b>Page 03</b>
2.1. Les eaux souterraines .....	<b>Page 03</b>
2.2. Les eaux de surface .....	<b>Page 03</b>
2.3. Les eaux de source .....	<b>Page 04</b>
3. Les caractéristiques de l'eau .....	<b>Page 04</b>
3.1. Les caractéristiques physiques .....	<b>Page 04</b>
3.1.1. Odeur et saveur .....	<b>Page 04</b>
3.1.2. Couleur de l'eau .....	<b>Page 05</b>
3.1.3. Temperature et potentiel d'hydrogène .....	<b>Page 05</b>
3.2. Caractéristiques chimiques .....	<b>Page 06</b>
3.3. Les caractéristiques biologiques .....	<b>Page 07</b>
3.4. Caractéristiques microbiologiques des eaux .....	<b>Page 07</b>
3.4.1. Les bactéries .....	<b>Page 07</b>
3.4.1.1. Coliformes totaux .....	<b>Page 07</b>
3.4.1.2. Coliformes fécaux .....	<b>Page 08</b>
3.4.1.3. <i>Escherichia coli</i> .....	<b>Page 08</b>

3.4.2. Les champignons .....	<b>Page 09</b>
3.4.3. Les virus .....	<b>Page 09</b>
3.4.4. Les protozoaires .....	<b>Page 09</b>
3.4.5. Les microalgues et cyanobactéries .....	<b>Page 09</b>
4. Biofilms des réseaux .....	<b>Page 10</b>
4.1 Définition des biofilms .....	<b>Page 10</b>
4.2. Biofilms et réseaux d'eau potables .....	<b>Page 11</b>

## **Chapitre 2. Les problèmes liés à l'eau**

1. Définition de la pollution .....	<b>Page 12</b>
2. Définition de la pollution de l'eau .....	<b>Page 12</b>
2.1. Les types de pollution .....	<b>Page 12</b>
2.1.1. Pollution biologique .....	<b>Page 12</b>
2.1.1.1. Pollution hydrique d'origine bactérienne .....	<b>Page 12</b>
2.1.1.2. Pollution virale .....	<b>Page 13</b>
2.1.1.3 Pollution parasitaire .....	<b>Page 13</b>
2.1.2. Pollution chimique .....	<b>Page 13</b>
3. Traitement de l'eau .....	<b>Page 13</b>
3.1. Traitement physique .....	<b>Page 13</b>
3.1.1. La filtration .....	<b>Page 13</b>
3.1.2. La décantation .....	<b>Page 14</b>
3.1.3. La coagulation .....	<b>Page 14</b>
3.2. Traitement chimique .....	<b>Page 14</b>
3.2.1. La neutralisation .....	<b>Page 14</b>
3.2.2. L'oxydoréduction .....	<b>Page 15</b>
3.3. Traitement biologique .....	<b>Page 15</b>

4. Les maladies à transmission hydriques .....	<b>Page 16</b>
4.1. Définition .....	<b>Page 16</b>
4.2. Les maladies hydrique d'origines bactérienne .....	<b>Page 18</b>
4.2.1. Le choléra .....	<b>Page 18</b>
4.2.2. Les typhoïdes et paratyphoïdes .....	<b>Page 19</b>
4.2.3. Schigellose ou dysenterie bacillaire .....	<b>Page 20</b>
4.2.4. Campylobactériose .....	<b>Page 20</b>
4.3. Maladies hydriques d'origine virale.....	<b>Page 20</b>
4.3.1. Les hépatites virales .....	<b>Page 21</b>
4.3.2. Poliomyélite .....	<b>Page 21</b>
4.4. Maladies hydrique d'origine protozoaire .....	<b>Page 21</b>
4.4.1. L'amibiase .....	<b>Page 21</b>
4.4.2. Les giardases .....	<b>Page 21</b>
4.5. Prévention et lutte contre les maladies à transmission hydrique .....	<b>Page 22</b>
II. Conclusion .....	<b>Page 23</b>
III. Références bibliographiques.....	<b>Page 24</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>µm</b>	<b>Micromètre</b>
<b>C°</b>	<b>Degré Celcise</b>
<b>CT</b>	<b>Coliformes Totaux</b>
<b>CF</b>	<b>Coliformes Totaux</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dioxyde de Carbone</b>
<b>H+</b>	<b>Proton H</b>
<b>HAV</b>	<b>Virus de l'hépatite A</b>
<b>HEV</b>	<b>Virus de l'hépatite E</b>
<b>L</b>	<b>Litre</b>
<b>MTH</b>	<b>Maladies à Transmission Hydrique</b>
<b>Mm</b>	<b>Millimètre</b>
<b>ml</b>	<b>Millilitre</b>
<b>mg/l</b>	<b>Milligramme par litre</b>
<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Mètre cube</b>
<b>Nm</b>	<b>Nanomètre</b>
<b>OMS</b>	<b>Organisation Mondial de la santé</b>
<b>pH</b>	<b>Potentiel d'hydrogène</b>
<b>U.E</b>	<b>Union Européen</b>
<b>%</b>	<b>Pourcentage</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>N°</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>01</b>	<b>Coliformes totaux</b>	<b>08</b>
<b>02</b>	<b>Coliformes fécaux</b>	<b>08</b>
<b>03</b>	<b>Bactérie <i>vibrio cholerae</i> responsable de choléra</b>	<b>18</b>
<b>04</b>	<b>Bactérie <i>Salmonella typhimurium</i></b>	<b>19</b>
<b>05</b>	<b>Bactérie de dysenterie bacille de <i>schigella</i></b>	<b>20</b>
<b>06</b>	<b>Evaluation des maladies et des mortalités dans le monde durant les années (1991-2018)</b>	<b>18</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>N°</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>01</b>	<b>Grille normative concernant le pH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie</b>	<b>05</b>
<b>02</b>	<b>Les substances chimiques dites indésirables dans l'eau : limites acceptables</b>	<b>06</b>
<b>03</b>	<b>Les principaux groupes et genres d'agents pathogènes responsables de maladies d'origine hydrique</b>	<b>16</b>

# **Introduction**

## I .Introduction

Histoire d'amour entre l'eau, qui existe indépendamment des hommes et l'homme. Qui ne peut vivre sans elle, modeste petite molécule H<sub>2</sub>O, une histoire dans laquelle l'homme se positionne irrémédiablement en état d'infériorité et de dépendance mais qui persiste à refuser l'aveu **(Raoul, 2008)**.

Source de vie de joie et de beauté. Les avantages de l'eau, ont toujours été glorifiés et les vertus des sources thermales connues à travers le monde sont sacralisées depuis l'antiquité. Dans toutes les civilisations humaines, on retrouve une forte représentation symbolique de l'eau et dans de nombreuses croyances, on attribue à l'eau un don sacré.

Pour plusieurs religions, les bienfaits de certaines sources sont connus, depuis les temps les plus reculés. A titre d'exemple, l'eau de Bir Zemez à la Mecque a des dons sacrées chez les Musulmans. Dans la culture islamique, l'eau est un élément naturel d'une importance primordiale **(Bouziati, 2000)**.

Elle est un élément de la nature qui est en même temps une amie et un ennemi de l'homme **(Bouziati, 2000)**. Car; dans la nature l'eau n'est pas toujours source de vie. Elle peut véhiculer de nombreux microorganismes, bactérie, virus et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent **(Bengarnia, 2016)**. Et peut-être un véhicule des maladies fatales et un élément de destruction environnementale si elle est polluée.

La pollution des eaux peut être minérale ou microbiologique. Les eaux de surface sont très polluées contrairement aux eaux souterraines, qui sont bien protégées. Les eaux polluées doivent subir différents traitements : physique, chimique et biologique. Selon le degré et la nature de la pollution, à fin de rendre potables.

La présence de ces microorganismes sont responsables des maladies graves ; ces maladies sont appelés les maladies hydrique. Et d'après Bozzaoucha (2004), il y a de nombreuses maladies véhiculées par les microorganismes présentés dans l'eau comme la schistosomiase, dysenterie, amibe, fièvre typhoïde, choléra, etc. La liste des maladies est longue et la mortalité due aux maladies hydrique est très élevée dans le monde.

Notre travail se divise en deux chapitres; le premier chapitre s'intitule sur des notions générales de l'eau qui porte définition, les types d'eau et leurs caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques. Le deuxième chapitre comporte les problèmes qui menacent l'eau, la pollution avec ses types et les maladies infectieuses hydriques dites les maladies à transmission hydriques.

# Chapitre 1

### 1. Définition de l'eau

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécule H<sub>2</sub>O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène). Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoute inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux) (**L'ORE, 2016**).

L'eau se retrouve dans l'écosphère sous trois états ; solide, liquide, et gazeux dépendant des conditions particulière de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez remarquables par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les aloïdes électro chargés (**Bengarnia, 2016**).

### 2. Les principaux types d'approvisionnement en eau

#### 2.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent le réservoir le plus important d'eau douce au niveau mondial, représentant plus de 97 % des ressources en eau douce de la planète (en excluant les glaciers et les calottes glaciaires). Les 3% restant sont composés principalement d'eau de surfaces (lacs, rivières, zones humides) (**Quevauviller, 2010**).

Ce sont les eaux qui sont protégées par le sol et sont souvent bonnes pour une consommation sans traitement particulier, si ce n'est d'éventuels traitements physicochimiques en vue de corriger certaines teneurs (fer, fluor, nitrates...) pour les rendre conformes aux normes. Une désinfection au chlore est toujours effectuée pour garantir une qualité bactériologique jusqu'au robinet (**SDE, 2005**).

#### 2.2. Les eaux de surface

Les eaux de surfaces proviennent surtout des pluies ; elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eau souterraine.

Elles sont constituées également par les lacs, les retenues d'eau de pluie, les réservoirs de stockage d'eau et les divers procédés de retenue d'eau (citerne de récolte d'eau de pluie par exemple pour les habitants des fermes).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrages, rivières), elles nécessitent plus d'infrastructures pour leur transport jusqu'aux agglomérations (**Bouziari, 2000**).

### 2.3. Les eaux de source

L'eau de source est une eau d'origine exclusivement souterraine. Apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution (**Union Fédérale des Consommateurs**).

Les sources sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de source :

- Les sources d'affleurement, pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente).
- Les sources d'émergence, artésienne, elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont plus susceptibles de tarissement).
- Les sources de déversement, elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée) (**Bouziari, 2000**).

## 3. Les caractéristiques de l'eau

### 3.1. Les caractéristiques physiques

Les qualités physiques de l'eau se basent sur des paramètres qualitatifs relativement facile à déterminer .Ce sont des critères de plus en plus utilisés pour l'amélioration du confort du consommateur (**Bouziari, 2000**).

#### 3.1.1. Odeur et saveur

Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Souvent l'odeur et la saveur de l'eau peuvent être modifiées soit par : (**Bouziari, 2000**).

- ✓ Présence de certains sels qui donnent une saveur à l'eau (salée ou amère).
- ✓ Sécrétions dans l'eau de microorganismes, des algues particulièrement, qui communiquent des odeurs et gout divers à l'eau.

- ✓ Pollution de l'eau par des produits organiques très volatils en dose très faible mais qui provoquent des odeurs et goûts parfois exacerbés ou générés par le traitement de l'eau et en particulier la chloration (**Gamrasni, 1986**).

### 3.1.2. Couleur d'eau

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés (**Fondation Nationale de la santé, 2013**).

Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité. Les eaux profondes sont rarement colorées, mais les eaux de surface ont souvent une turbidité élevée (**Bouziati, 2000**).

### 3.1.3. Température et potentiel d'hydrogène (pH)

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du pH, sa mesure est effectuée par le thermomètre. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air, par ailleurs les eaux souterraines ont une température plus faible en raison de la profondeur (**Khettaf, 2018**).

Le pH est utilisé pour estimer la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 à 14. Il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique (tableau 1) (**Khettaf, 2018**).

**Tableau 1.** Grille normative concernant le pH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (**Kouidri Nee Belala, 2006**).

Qualité de l'eau	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
pH	6,5 -8,5	6,5 -8,5	>6,- < 9	>5, -< 9

**3.2. Caractéristiques chimiques**

La nature et la composition chimique de l'eau, sont en relation avec la structure naturelle qu'elle a pu acquérir dans son parcours géologique et de son degré de pollution (tableau 2) (Bouziani, 2000).

**3.2.1. Substances chimiques dites indésirables**

Le tableau dessous présent les substances chimiques indésirables dans l'eau.

**Tableau 2.** Les substances chimiques dites indésirables dans l'eau : Limites acceptables (Bouziani, 2000).

<b>Substance</b>	<b>Effets indésirables</b>	<b>Doses limites</b>
<b>Les nitrites NO<sub>2</sub></b>	Formation des nitrosamines	0.1 à 1mg /l
<b>Les chlorures Cl</b>	Corrosion des conduites Goût désagréable	200 mg/l à 600mg/l
<b>Les nitrates</b>	La méthémoglobinémie chez les nourrissons	25 à 50 mg/l
<b>Les composés phosphorés</b>	Développement des algues	0.4 mg/l
<b>Les sulfates SO<sub>4</sub></b>	Irritation gastro-intestinale	200 à 400 mg/l (OMS) 25 à 250 mg/l (U.E)
<b>Aluminium Al en mg/l</b>	Inconnus chez l'homme	0.2 mg/l
<b>Le zinc Zn</b>	Saveur astringente	5mg/l (U.E). au robinet à 15mg/l (OMS)
<b>L'azote N en mg /l</b>	Formation de dérivés d'ammoniac	1 mg/l
<b>Le cuivre Cu</b>	Coloration, turbidité	0.005 à1.5 mg/l (OMS) 100g/l (U.E)
<b>Le fer Fe</b>	Goût désagréable Coloration parasite	0.2 à 0.3 mg/l OMS 0.05 à 0.2mg/l(U.E)
<b>Le manganèse Mn</b>	Goût désagréable, coloration parasite	0.05 à 0.5 mg/l (OMS)
<b>Le calcium ca</b>	Dépôt excessif de tartre	75 à 200 mg/l (OMS)

<b>le magnésium Mg</b>	Goût désagréable, irritation gastro –intestinale	30 à 150 mg/l selon la concentration en sulfate
<b>Le sodium Na</b>	Trouble cardio- vasculaires	200mg/l
<b>Les composés phénoliques (phénol)</b>	Goût désagréable	0.001 mg/l à 0.002 mg/l(OMS)
<b>Le fluor</b>	Carie par défaut fluorose par excès	0.8 à 1 mg/l à 20° de TP de l'eau

### **3.3. Les caractéristiques biologiques**

Les animaux et les végétaux qui colonisent les milieux aquatiques possèdent des exigences diverses vis-à-vis de ce milieu. Certains organismes vivants pourront ainsi être sensibles à des variations de pH, de température, à des modifications du contexte nutritionnel (composés minéraux ou matière organique, éventuellement présents à l'état de traces). Ces organismes sont donc susceptibles de réagir aux modifications du milieu aquatique et peuvent alors servir d'indicateur de la perturbation existante (pollution). Ces indicateurs biologiques sont à l'origine de l'émergence de méthodes standardisées basées sur l'étude de la présence de certaines espèces indicatrices ou de la richesse du milieu (nombre d'espèces) en certains organismes spécifiques (**Rodier et al., 2009**).

### **3.4. Caractéristiques microbiologiques des eaux**

Généralement, tous les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contiennent 3 types des germes : typiquement aquatiques, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal); que soit le type du germe il peut engendre des maladies infectieuses chez l'homme (**Debabza, 2005**).

#### **3.4.1. Les bactéries**

L'eau potable ne doit pas contenir des microorganismes pathogènes et doit être libre de bactéries indicatrices de contamination fécale.

### 3.4.1.1. Coliformes totaux (CT)

Le groupe des CT est défini comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram négative (-), non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37°C (Pierre *et al.*, 2009). La majorité des bactéries coliformes appartiennent aux genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter* (Fondation Nationale de la santé, 2013).

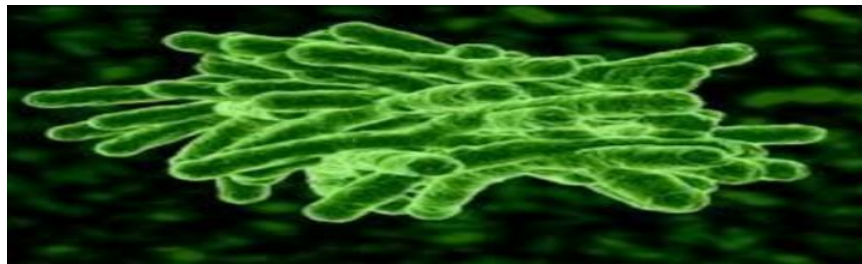


Figure 1. Coliformes totaux (Site, 03).

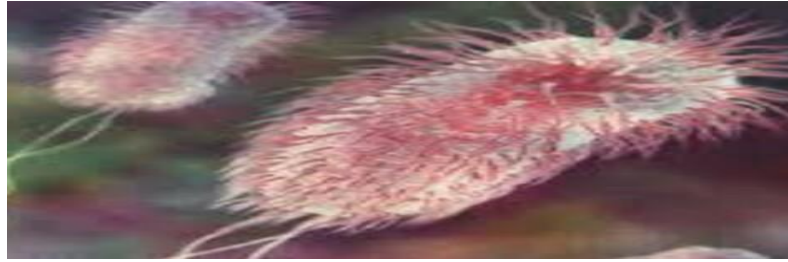
### 3.4.1.2. Coliformes fécaux (CF) (aussi appelé coliformes thermo –tolérants)

Les CF constituent un sous – groupe des CT capables de se développer à 44 °C Les CF sont considérés comme plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale.

Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiella*, *Enterobacter* et *Citrobacter* (Pierre *et al.*, 2009).

### 3.4.1.3. *Escherichia coli*

Bactérie du groupe coliforme qui fermente le lactose et le mannitol, produisent de l'acide et du gaz à 44C° pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, n'hydrolyse pas l'urée et présente les enzymes B-galactosidase et glucuronidase, et est considéré comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro – organismes pathogènes (Fondation Nationale de la santé, 2013).



**Figure 2.** Coliformes fécaux (Site internet ,03)

### 3.4.2. Les champignons

Certaines espèces de moisissures retrouvées dans les eaux sont susceptibles de produire des mycotoxines mais très peu de données existent sur le niveau de contamination de ces eaux et sur la stabilité des mycotoxines dans ce milieu. Les genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Acremonium*, *Phialophora* et *Cladosporium* sont les plus souvent cités. Pour les levures, selon les publications, entre 3.5 et 50% des échantillons sont contaminés et le genre *Candida* est le plus souvent retrouvé (Philippe *et al.*, 2009).

### 3.4.3. Les virus

Les virus sont des organismes de très petite taille (10 à 350 nm). Ils ne sont constitués que d'une molécule d'ADN, entourée d'une capsid. Ne possédant ni noyau, ni capacité de synthèse, ce sont des parasites obligatoires d'une cellule vivante dont ils détournent, à leur profit, les systèmes enzymatiques, énergétiques et de synthèse (El attiffi el ouadrassi, 2011).

Les virus abondent dans le milieu aquatique aussi bien dans des eaux douces que marines. Cependant, les virus du milieu hydrique présentant un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme sont ceux qui sont excrétés dans les selles d'individus infectés (Schwartzbrod, 2000).

### 3.4.4. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes, plus complexes et plus gros que les bactéries, leur taille varie de quelques microns à quelques millimètres, mais la plupart des espèces ne dépassent pas quelques centaines de microns. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites et se développent aux dépens de leur hôte. Ils sont souvent rencontrés dans les eaux où ils se nourrissent de matière organique ou de bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de

résistance, appelée kyste (en particulier, oocyte pour *Cryptosporidium* et kyste pour (*Giardia*). (El attiffi el ouadrassi, 2011).

### 3.4.5. Les microalgues et cyanobactéries

Les algues microscopiques et les cyanobactéries désignent une série d'espèces variées de végétaux unicellulaires ou pluricellulaires, de taille généralement comprise entre 0.5 µm et 1mm, sont des organismes autotrophes, qui ne tirent donc pas leur matière nutritive du substrat (Barberousse, 2006).

Les microalgues occupent la plupart des niches écologiques. Si elles sont surtout présentes dans les environnements aquatiques, certaines microalgues se développent dans les eaux de fonte de la glace ou de la neige et on les rencontre également dans les déserts arides à semi- arides (Sialve et Steyer, 2013).

Les cyanobactéries sont des procaryotes (cellules dépourvues de noyau et d'organites intracellulaires) photosynthétiques, également appelés cyanophytes ou cyanophycées. Bien qu'elles soient aussi connues sous le nom d'algue bleu-vert ou algues bleues. Elles partagent toutefois les mêmes habitats que les algues, compétitionnent pour les mêmes ressources et contribuent à la production primaire des écosystèmes aquatiques. En milieu aquatiques, les cyanobactéries sont dites planctoniques ou pélagiques si elles prolifèrent en suspension dans la colonne d'eau, ou benthiques si elles sont attachées à un substrat (Isabelle et Warwick, 2007).

## 4. Les biofilms des réseaux

### 4.1. Définition des biofilms

Les biofilms sont des structures hétérogènes constituées par des populations bactériennes englobées dans une matrice extracellulaire, fixées sur des surfaces naturelles ou artificielles (Agnès et Jean-Marc, 2006).

Le développement de l'architecture des biofilms bactériens est en grande partie lié à la production de la matrice extracellulaire par les bactéries du biofilms. Cette matrice inclut tous les éléments du biofilms autre que les microorganismes. Elle est essentiellement composée d'eau (jusqu'à 97 %), de polymères polysaccharidiques sécrétés par les microorganismes, de produits de dégradation et de substances provenant du milieu extérieur. Néanmoins, on peut également y trouver d'autres composants, tels que de l'ADN, de l'ARN et des lipides (Sutherland, 2001).

De plus, le biofilm n'est pas un environnement homogène car il présente des zones à teneur variables en oxygène ou en nutriments, qui présentent des valeurs de pH différentes. Les régions au centre des agrégats bactériens sont généralement anaérobies et pauvres en nutriments, alors que celles situées près des canaux ou de l'interface entre le biofilm et le liquide sont mieux oxygénées et plus riches en nutriments. Cette hétérogénéité physico-chimique s'accompagne d'une hétérogénéité métabolique, Sources de microenvironnements qui permet la coexistence organisée d'espèces bactériennes aux propriétés métaboliques différentes souvent complémentaires. Il en résulte une répartition biologique organisée de nombreux microorganismes dans le biofilms où peuvent cohabiter (bactéries, champignons, algues et protozoaires) (Agnès et Jean-Marc, 2006).

### 4.2. Biofilms et réseaux d'eau potable

Selon les conditions, le transport de l'eau se traduit tout au long du réseau par une multiplication et une augmentation du nombre de microorganismes en suspension. Dans la plupart des réseaux d'eau potable, l'interface eau /matériau constitué le lieu privilégié d'accumulation de cellules et de matière organique et de multiplication des bactéries. Cette prolifération est suivie de leur détachement ou de leur arrachage et de leur transport par l'eau circulante en fonction des conditions de stress hydrauliques.

Certains des micro-organismes introduits dans le réseau et s'y multipliant principalement au niveau du biofilm tels que certaines bactéries type *Legionella Pneumophila*, ou *Pseudomonas aeruginosa* (Le virginie, 2008).

# Chapitre 2

### 1. Définition de La pollution

La pollution par l'Agence de l'eau Seine –Normandie est l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'eau, susceptibles de contribuer ou de causer : un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage de l'eau (**DIU Toxicologie Médicale, 2017**).

### 2. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau peut être définie comme une altération caractéristique physique, chimique et biologique de l'eau qui peut avoir des effets nocifs sur l'vie humaine et aquatique (**khatun, 2017**).

La pollution de l'eau se produit lorsque des matières indésirables entrent à l'eau et nuit à l'environnement et santé humaine (**Mehtab et al., 2017**). La pollution de l'eau se produit lorsque des matières indésirables entrent à l'eau et nuit à l'environnement et santé humaine (**Mehtab et al., 2017**).

La pollution de l'eau se produit lorsque des matières indésirables entrent à l'eau et nuit à l'environnement et santé humaine (**Mehtab et al., 2017**).

Olaniran (1995) a défini la pollution de l'eau comme étant la présence quantités excessives d'un danger (polluants) dans l'eau de telle manière qu'il n'est plus approprié pour boire, se baigner, cuisiner et autres les usages (**khatun, 2017**).

#### 2.1. Les types de pollution

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type :

##### 2.1.1. Pollution biologique

Une pollution biologique est issue du milieu lui-même. C'est par le surdéveloppement de microorganismes ou de végétaux micro ou macroscopiques qu'un déséquilibre du milieu environnement peut entraîner une mortalité élevée chez les autres organismes présents. Ce surdéveloppement est généralement la conséquence d'une action humaine : enrichissement en nitrates d'un milieu (rejets organiques), développement de virus, de bactéries, modification de la température d'un milieu (rejet d'eau chaude), introduction d'espèces invasives, etc... (**Site 1**).

##### 2.1.1.1. Pollution hydrique d'origine bactérienne

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affections dites maladies à transmission

hydrique ou maladies des mains sales. La plus part de ces germes pathogènes ont une origine fécale et leur transmission est dite oro-fécale (**Bouziari, 2000**).

Permet ces agents bactérienne (*Salmonelles, Shigelles, E.coli, et bacilles coliformes, vibrions cholérique, Legionella, etc....*) (**Hertmann, 1989**).

### 2.1.1.2. Pollution virale

Les virus sont des parasites obligatoires, ce qui signifie que leur multiplication est impossible hors des cellules. Ainsi, leur présence dans l'environnement ne peut être que la conséquence d'un apport (**Guillaume, 2015**). Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, généralement par les selles (**Bouziari, 2000**).

Les virus les plus fréquemment observés dans les eaux polluées sont les entérovirus (tels que *Poliovirus*), mais aussi les *Coxsackie virus* et les *Echovirus*, les virus hépatite A, des *Corona* et *Rotavirus*. En général ces virus sont particulièrement résistants dans l'environnement et aux traitements de désinfection (**Hertmann, 1989**).

### 2.1.1.3. Pollution parasitaire

Les eaux polluées et surtout les eaux usées peuvent contenir plusieurs types de parasites pathogènes pour l'homme et pour les animaux. Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers.

Les parasites dans l'eau peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson.

Parmi les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau, on distingue : l'amibe *Entamoeba histolica*, les helinthes, les vers parasites de l'homme, les ténais, les filaires.... (**Bouziari, 2000**). Ils sont résistés aux désinfectants, peuvent survivre très longtemps dans l'eau (**Hertmann, 1989**).

### 2.1.2. Pollution chimique

Due à des substances en solution, se traduit par un changement de saveur (eau salée ou saumâtre) parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissout est un poison (**Chérif, 2016**).

## 3. Traitement des eaux

Les eaux sont trop chargées en particules ou en polluants divers. Avant leur utilisation et leur distribution aux consommateurs, elles doivent impérativement faire de plusieurs procédés de traitement et de désinfection.

### 3.1. Traitement physique

#### 3.1.1. La filtration

Est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane de cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (CSHPF, 1995).

L'eau à filtrer coule par gravité à travers un lit filtrant constitué généralement d'une couche de sable de taille uniforme et d'un mètre de hauteur environ, déposée au-dessus d'un lit de gravier rond calibré qui repose sur une petite couche de pierraille au fond du bassin de filtration (Bouziani, 2000).

Le procédé de filtration, qui peut entraîner des projections et des bioaérosols lors des phases de lavage des filtres, sera préférentiellement capoté et ventilé s'il est installé dans un local (INRS, 2013).

#### 3.1.2. La décantation

Est l'opération de l'élimination des particules qui ont une densité relative supérieure à celle de l'eau. A la fin de cette opération de traitement, il faut envisager le traitement de boues accumulées au fond du bac de décantation (Kouidri Nee Belala, 2006).

La séparation des particules en suspension se fait selon deux principes différents (Bouziani, 2000).

- L'action directe de la pesanteur par décantation statique qui dépend du poids spécifique des particules.
- La décantation accélérée par réaction chimiques grâce à des coagulants (des sels de fer ou d'aluminium) ou par amélioration de la technique de la floculation.

#### 3.1.3. La coagulation

A pour objectif d'agglomérer les particules entre elles. Les colloïdes sont en effet naturellement maintenus en suspension sous l'action de forces électrostatiques de répulsion. Pour rompre ces forces et déstabiliser les colloïdes. On injecte des réactifs appelés "coagulants", qui conduisent à la formation de précipités insolubles appelés "flocs" capables de décanter. L'injection du réactif se fait dans un compartiment sous forte agitation. Les réactifs utilisés sont des sels de fer et d'aluminium (sulfate d'aluminium, aluminate de sodium, sulfate ferreux ou ferrique, chlorure ferrique, etc.) (Emmanuel, 2006).

### 3.2. Traitement chimique

Les méthodes chimiques de traitement reposent sur l'interaction chimique entre les polluants à traiter et les réactifs qui aident à la séparation des polluants de l'eau, à la destruction ou à la neutralisation des effets nocifs associés à ces polluants (**Manhal, 2014**).

#### 3.2.1. La neutralisation

La neutralisation –reminéralisation est envisagée si l'eau naturelle n'est pas à l'équilibre carbonique et elle contient du gaz carbonique agressif. La neutralisation est réalisée par aération ou par addition de réactifs alcalins (chaux, soude...) ou par filtration sur marbre. Ce traitement permet également un accroissement de la minéralisation de l'eau (**Bouziani, 2000**).

#### 3.2.2. L'oxydoréduction

Les réactions d'oxydoréduction sont utilisées pour modifier l'état physique de certains composés pour les rendre insolubles ou non toxiques. Ces réactions (principalement l'oxydation) peuvent également dégrader les substances organiques pouvant par ailleurs présenter une mauvaise biodégradabilité.

Les procédés d'oxydoréduction des espèces minérales sont souvent appliqués pour éliminer le chrome (déchromation) et les cyanures (décyuanuration) de certains effluents (traitement de surface).

L'élimination de ces composés passe d'abord par une étape de réduction (chrome) ou d'oxydation (cyanure) puis par une étape de précipitation des métaux sous forme d'hydroxydes avant la clarification de l'eau traitée (décantation) (**Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2010**).

### 3.3. Traitement biologique

Dans les méthodes biologiques, des procédés aérobies et anaérobies sont mis en œuvre dans ceux-ci, des microorganismes jouent un rôle majeur permettant de dégrader les composés organiques présents dans l'effluent.

Les procédés biologiques sont alors souvent utilisés pour les éliminés les composés dissous. Qui sont basés sur l'activité bactérienne dégradant les composés organiques sont :

- ✓ Les procédés aérobies nécessitant la présence d'oxygène.
- ✓ Les procédés anaérobies se développent en absence d'oxygène (**Manhel, 2014**).

Généralement, les technologies d'épuration faisant appel aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique contenue dans les effluents issus des unités industrielles produisant des boissons gazeuses et alcoolisées semblent plus efficaces que les méthodes physicochimiques. Ces microorganismes éliminent la pollution organique carbonée

biodégradable et la pollution inorganique pour assurer leur multiplication et leur développement. Pour ce faire, ils secrètent dans le milieu des enzymes qui serviront de catalyseurs aux réactions chimiques et biochimiques. Ainsi, le carbone, l'azote, le soufre, le fer et d'autres ions contenus dans la matière, sont utilisés dans un processus mettant en œuvre une dégradation biologique ou physico-chimique à travers des processus d'hydrolyse, de volatilisation et de solubilisation (**Sawadogo, 2018**).

### 4. Les maladies à transmission hydrique

#### 4.1. Définition

Les maladies hydriques sont n'importe quelles maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes (**Site ,2**).

La transmission d'une maladie fait intervenir un agent infectieux, une voie d'introduction et un sujet réceptif. Dans le cas des infections d'origine hydrique, la voie d'introduction est l'eau. Le mode de l'introduction est essentiellement l'ingestion d'eau, mais la consommation de coquillage (capable de concentrer jusqu'à 40 fois les éléments contenus dans l'eau) (**Emmanuel, 2006**).

Les MTHs comprennent. Entre autres les maladies diarrhéiques, le choléra, la fièvre typhoïde, Les hépatites virales et les salmonelloses (tableau 3). L'eau n'est toutefois pas la seule voie de transmission puisque ces maladies peuvent aussi être véhiculées par des aliments contaminés. Certaines autres maladies peuvent aussi être transmises par inhalation d'eau (légionellose, par exemple) ou par contact cutané (bilharziose, par exemple) (**Graziella et al., 2002**).

**Tableau 3.** Les principaux groupes et genres d'agents pathogènes responsables de maladies d'origine hydrique (**Pierre et al., 2009**).

Groupe des micro-organismes	Pathogène	Pathologie
	Entérovirus (polio, écho, coxsackie)	Méningite, paralysie, fièvres, myocardie, problèmes respiratoires et diarrhée

## CHAPITRE 2. LES PROBLEMES LIES A L'EAU

<b>Virus</b>	Hépatite A et E	Infections hépatiques
	Calisivirus humains	
	Norovirus	Diarrhée/ gastro-entérite
	Sapporovirus	Diarrhée / gastro-entérite
	Rotavirus	Diarrhée / gastro-entérite
	Astrovirus	Diarrhée
	Adenovirus	Diarrhée, infections oculaires et problèmes respiratoires
	Reovirus	Problèmes respiratoires et entériques
<b>Bactéries</b>	<i>Salmonella</i>	Fièvre typhoïde et diarrhée
	<i>Shigelia</i>	Diarrhée
	<i>Campylobacter</i>	Diarrhée (cause première des intoxications alimentaires)
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrhée
	<i>Escherichia coli</i> o 157 : H7 et certaines autres souches	Diarrhée risque de complication (urémie hémolytique) chez les enfants en bas âges

	<i>Legionellapneumophila</i>	Pneumonie et autres infections respiratoires
Protozoaires	<i>Naegleria</i>	Méningo-encéphalite
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne
	<i>Giardia lambia</i>	Diarrhée chronique
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée sévère, mortelle chez les individus immuno-déprimés
	<i>Cyclospora</i>	Diarrhée
	<i>Microsporidies incluant entercytozoan spp.,</i>	

### 4.2. Les maladies hydriques d'origines bactériennes

#### 4.2.1. Le choléra

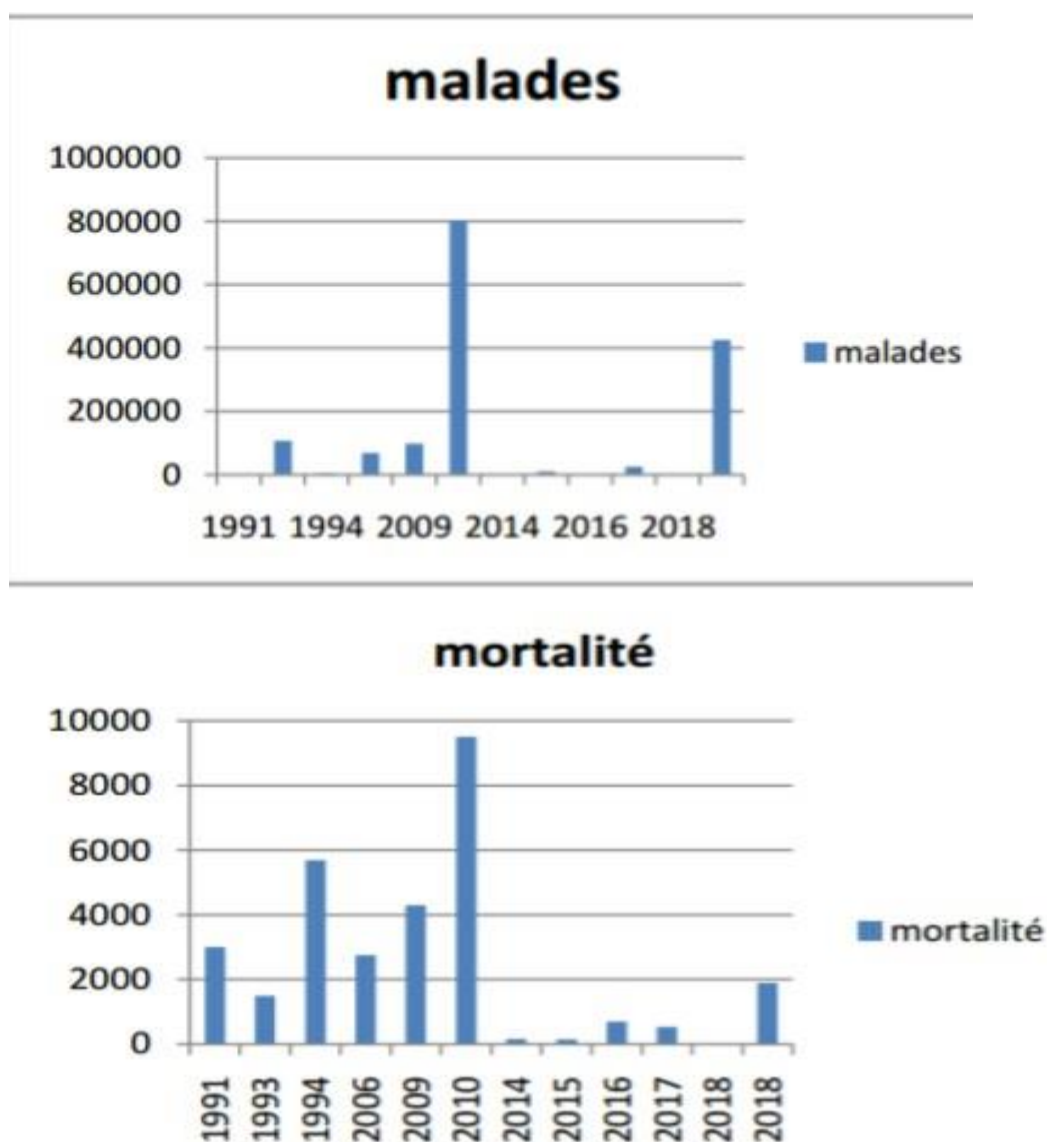
Le choléra est causé par l'eau contaminée. *Vibrio cholerae* est responsable de cette maladie. Cette bactérie produit des toxines dans les voies digestives. Les symptômes de cette maladie sont une diarrhée aqueuse, des nausées, des vomissements et une diarrhée aqueuse entraînent déshydratation et insuffisance rénale. Un traitement anti microbien est utilisé pour se débarrasser de cette maladie (Mehtab *et al.*, 2017).



**Figure 3.** Bactérie *vibrio cholerae* responsable de choléra (Site internet, 04)

Le choléra sévit de façon endémique dans les zones tropicales humides d'Afrique et d'Asie et de façon épidémique dans certains pays d'Amérique Latine ainsi dans les zones

sèches (sahel). Il existe toujours une zone d'endémie en Inde (delta du Gange et du Brahmapoutre) et au Pakistan avec quelques incursions en Orient et en Égypt (Site internet ,05).



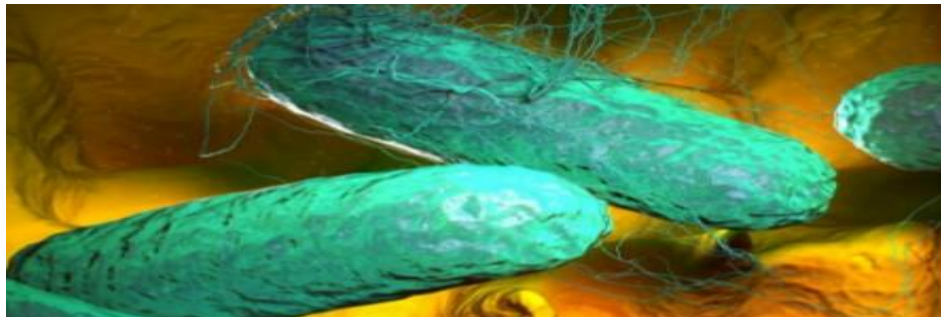
**Figure 6.** Evaluation des malades et des mortalités dans le monde durant les années (1991-2018) (OMS).

### 4.2.2. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes des infections bactériennes systémiques à pont de départ digestif. Les bactéries responsables appartiennent au genre *Salmonella enterica* sérotype typhi ou paratyphi (A, B ou C).

Les patients se contaminent généralement par l'ingestion d'une eau et/ou d'aliments contaminés par des selles de personnes infectées ou, via une transmission directe de personne-

à-personne. La maladie aiguë est caractérisée par une fièvre prolongée, des maux de tête, de la fatigue, et des signes digestifs (nausées, constipation, ou diarrhée). Il existe des formes plus graves avec complications intestinales, cardiaques ou neurologiques qui peuvent être mortelles sans traitement (létalité de 10 à 20%) (Wallonie familles, 2018).



**Figure 4.** Bactérie *Salmonella typhimurium* (Site internet, 06)

### 4.2.3. Schigellose ou dysenterie bacillaire

Maladie universelle très contagieuse, épidémique ou endémique. Elle est due à divers espèces du genre *shigella*. Elle se traduit par un syndrome gastro-intestinal plus ou moins grave (Landreau et Sauter ,1983). Il affecte le tube digestif des humains et endommage la muqueuse intestinale. La diarrhée aqueuse ou sanglante, les crampes abdominales, les vomissements et les nausées sont des symptômes et peuvent être guéris avec des antibiotiques et bonnes pratiques d'hygiène. (Mehtab *et al.*, 2017).



**Figure 5.** Bactérie de dysenterie bacille de *shigella* (Site internet, 06)

### 4.2.4. Campylobactériose

Eau potable non traitée et contamination fécale de l'eau est la principale cause de diarrhée. *Campylobacter jejuni* a propagé la diarrhée de 4% à 15% dans le monde. Fièvre, douleurs abdominale, nausées, les maux de tête sont les principaux symptômes de la diarrhée. De bonnes pratiques d'hygiène et l'utilisation d'antibiotiques peuvent prévenir cette maladie (Mehtab *et al.*, 2017).

### 4.3. Maladies hydriques d'origine virale

#### 4.3.1. Les hépatites virales

L'hépatite est une maladie virale causée par l'eau contaminée et infecte le foie. La jaunisse, la perte d'appétit, la fatigue, l'inconfort et la forte fièvre sont des symptômes de l'hépatite. Si 'il persiste longtemps, il peut être fatal et entraîner la mort. Le vaccin est disponible pour l'hépatite et en adoptant de bonnes pratiques d'hygiène ; on peut contracter cette maladie (Mehtab *et al.*, 2017).

Deux types de virus responsables de la survenue d'hépatite sont excrétés dans les selles et sont susceptibles d'être transmis par la voie hydrique. Ce sont le virus de l'hépatite A(HAV) et le virus de l'hépatite E (HEV) (Schwartzbrod, 2000).

#### 4.3.2. Poliomyélite

Est une maladie infectieuse transmissible aiguë, essentiellement neurotrophe, immunisante, endémo-épidémique, due à un poliovirus sauvage, entérovirus de la famille des *Picornaviridae* (Bouamira et Djadi, 2017). Maux de gorge, fièvre, nausées, constipation et diarrhée et parfois paralysie sont des symptômes de poliomyélite. Le vaccin est disponible pour cette maladie (Mehtab *et al.*, 2017).

### 4.4. Maladies hydrique d'origine protozoaire

#### 4.4.1. L'amibiase

L'amibiase est une parasitose liée au péril fécal due à un protozoaire, *Entamoeba Histolytica*. La transmission de l'amibiase est essentiellement féco-orale. Elle s'opère par la contamination de l'eau, des aliments par les déjections humaines mais également par contact direct avec les mains ou les objets souillés (Zongo, 2015).

La transmission est consécutive à l'ingestion de kystes présents dans l'eau ou les aliments contaminés. Durant le passage dans le tractus gastro-intestinal, chaque kyste libère huit formes végétatives appelées trophozoïtes qui vont se loger dans le côlon (Stanley, 2003).

#### 4.4.2. Les giardases

La giardiose, appelée également giardiase ou lambliaose, est une protozoose digestive qui atteint de nombreuses espèces animales, notamment les carnivores domestiques ainsi que l'homme, causé par le parasite *Giardia* (Adam, 2001).

La présence sur la muqueuse intestinale de *giardia intestinalis* est responsable de cette affection caractérisée par des diarrhées malodorantes, des crampes, des vomissements et une perte de poids (**Chérif, 2016**).

### 4.5. La prévention et lutte contre les maladies à transmission hydrique

Dans les pays riches, ce groupe d'affections est relativement contrôlé, au contraire, dans les pays en voie de développement, ces maladies restent avec une charge de morbidité et de mortalité très élevée.

L'Algérie comme de nombreux pays en voie de développement vit une situation épidémiologique complexe, caractérisée par la coexistence de nombreuses affections émergentes à allure chronique et la persistance des maladies épidémiques dont la plus répandues restent sans aucun doute les maladies à transmission hydrique. Elle repose essentiellement sur un *programme national multisectoriel* de lutte contre ces affections.

Ce programme comprend :

- ✓ Des actions relevant du secteur de l'hydraulique (réseau de distribution et d'assainissement, épurations des eaux ...).
- ✓ Des actions qui doivent être menées par les services de la santé (surveillance épidémiologique, contrôles systématiques des aliments et de l'eau de boisson).
- ✓ Des actions qui sont prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le contrôle des puits) (**Bouziari, 2000**).

# Conclusion

### II. Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est de déterminer les caractéristiques microbiologiques de l'eau de robinet et aussi l'identification des germes pathogènes dans l'eau.

L'eau est un élément essentiel pour l'organisme humain et sa consommation journalière directe et indirecte est indispensable. Ceci implique une surveillance étroite pour son utilisation tant sur le plan bactériologique, organoleptique et physicochimique. Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire, grâce à l'existence des microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites), donc une eau potable ne doit pas contenir des microorganismes pathogènes et doit être libre de bactéries indicatrices de contamination fécale. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Donc les variations de la qualité microbiologique ont une influence particulièrement importante sur les usages sanitaires de l'eau.

### III. Références bibliographiques

1. **Adam R.D.**, (2001). Biology of *Giardia lamblia*. *Clin. Microbio. Rev.* 14(3): 447-475.
2. **Agnès, R., et Jean-Marc, G.**, (2006). Les biofilms bactériens. *Bacterial biofilms*. Communication présentée le 16 Mars 2006. P : 261-262.
3. **Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse**, (2010). Établissement public de l'Etat observatoire des couts .Pollution industrielle. République Française.
4. **Barberousse, H.**, (2006). Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation. *Ecologie, Environnement*. Museum national d'histoire naturelle-MNHN. Paris. p : 24.
5. **Bengarnia, B.**, (2016). Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni –Abbès, Ougarta et Zeghamra, Thèse de doctorat, Université Ahmed ben bêla Oran. P : 01-06.
6. **Bozzaoucha, A.**, (2004). « Maladies à déclaration obligatoire : maladies bénéficiant de programme de lutte », édition tome 1, Alger. P : 17.
7. **Bouziani, M.**, (2000). L'eau de la pénurie aux maladies. Editions IBN – KHALDOUN, Algérie. P : 21-39-59- 61- 75-76-77-78-131-139-149-150-151-227-231.
8. **Bouamira, M., Djadi, M.**, (2017). Mémoire de master en génie civil ; hydraulique/ Ressources hydrique : Maladies a transmission hydrique dans la wilaya de Bouira, Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira (Algérie).P :29.
9. **Chérif, I.K.D.**, (2016). Étude De La Qualité Microbiologique Des Eaux De Boisson Conditionnes En Sachet Et Vendues Sur La Voie Publique Dans La Région De DAKAR, Thèse de Doctorat En Approfondies De Productions Animales, Université CHEIKH ANTA DIOP de DAKAR. P : 11-14.
10. **CSHPF**, (1995). Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines section des eaux. P : 22.

11. **Debabza, M.**, (2005). Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji – Mokhtar, Annaba (Algérie).
12. **DIU Toxicologie Médicale**, (2017). Pollutions hydriques, Régis Moilleron. LEESU. Université paris-est Créteil val de marne; Agro Paris Tech; Ecole de ponts. P : 06.
13. **Emmanuel, J.**, (2006). La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Agence De L'eau Seine-Normandie. Direction des Bocages Normands 1, rue de la Pompe 14200 Hérouville-saint-Clair. P : 5-19.
14. **El Attiffi El Ouadrassi, A.**, (2011). La qualité microbiologique des eaux de baignade, Thèse de Doctorat, Université Mohamed V; Faculté de Médecine et de Pharmacie –RABAT- p : 17-18.
15. **Fondation Nationale de la santé**, (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau / National Health Foundation -4.ed.- Brasilia : FUNSA. p 57-58-150.
16. **Gamrasni, M.**, (1986). Le gout de l'eau, étude de synthèse, Association française pour l'étude des eaux; centre national documentation et l'information sur l'eau 21, rue Madrid, 75008. Paris. P : 07.
17. **Guillaume, G.**, (2015). Devenir dans l'atmosphère des virus entériques pathogènes de l'homme présents dans les eaux usées, thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse en Biologie ; Ecole doctorale « AGROSCIENCES & SCIENCES» ED 536, P : 15.
18. **Graziella, C., Jacques, V., et Guillaume, W.**, (2002). Démographie : analyse et synthèse 3r les déterminations de la mortalité, Editions de l'institut national d'étude démographiques, Paris cedex 20, France. P.248.
19. **Hertmann, P. Eau & santé, Université de Nancy.**, (1989). Membre du conseil scientifiques du programme de recherche Environnement & santé. P : 14-17.
20. **INRS (Institut National de la Recherche et de Sécurité)**, (2013). Station d'épuration des eaux usées, Prévention des risques biologiques. P : 17.

21. **Isabelle, L., Warwick. V.,** (2007). Les fleurs d'eau de cyanobactérie INRS rapport n°917. P : 01.
22. **Kouidri Nee Belala, Z.,** (2006). Etude et Traitement de L'eau du Barrage Djorf-Eltorba de la Wilaya de BACHAR Par Filtration Sur Sable, Mémoire De Magister, Université Hassiba Benboualide Chleff. P : 16-29.
23. **Khatun, R.,** (2017). Water Pollution: Causes, Consequences, Prevention Method and role special reference from murshidabad district. Researchs cholar, Department of Geography, Tilka Manjhi Bhagalpur University, BIHAR, INDIA. Vol 7, Issue 8, August 2017 269 ISSN 2250-3153. P: 269.
24. **Khettaf, S.,** (2018). Evaluation physico-chimique de l'eau d'un barrage et proposition d'un traitement adapté pour une eau de haute qualité, thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat troisième cycle, université El-Hadj Lakhdar-Batna1. P : 12.
25. **Landreau, A .Sauter, M.,** (1983). Elément de microbiologie des eaux, prévision et prévention de la pollution des eaux souterraines. Ministère de l'industrie et de la recherche ; bureau de recherche géologique et minières, Rapport du B.R.G.M.83.SGN386 EAU .P :06.
26. **Lé Virginie.,** (2008). Influence du cuivre sur les biomasses microbiennes dans les canalisations d'eau, Pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université Paris-Sud 11, Unité de formation et de recherche, Faculté de Pharmacie de Chatenay Malabry. P : 11-12.
27. **L'ORE,** « observation régional de l'environnement», (2016). L'eau en Poitou-Charentes, notion clé : qu'est –ce qu'une eau potable .P :01.
28. **M. Philippe Hartemann, M. Benoît Gassiloudm. Benoît Gassilloud, Mme Isabelle Joly, Mme Claire Lacroix, M. Yves Levi,** (2009). Risques liés à la présence de moisissures et levures dans les eaux conditionnées. Afssa, agence française de sécurité sanitaire des aliments.
29. **Manhal, A.,** (2014). Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique, Thèse de doctorat, Université de poitiers ; Ecole National

Supérieure de l'ingénieur de poitiers. Ecole doctorale : Science et Ingénierie pour l'information, Mathématique. P : 06-10

30. **Mehtab, H., Malik, M.F., Javed, A., Arshad, S., Asif, N., Sharon, Z., and Jaxeria, H.** (2017). Water pollution and human health. Department of zoology, University of Gujrat, Pakistan. Review Article, Environ Risk Assess Remediat 2017 Volume 1 Issue 3; ISSN: 2529-8046. P: 16-17.

31. **Orelien, F.**, (2016). Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous –bassin versant de Ravine Diable (Anse-à-Veau), Mémoire présent en vue de l'obtention du diplôme de master de spécialisation en science et gestion de l'environnement dans les pays en développement, Université Catholique de Louvain. Communauté Française de Belgique. p : 09-10.

32. **Pierre S., Gilles B., Tamara G., Alexandre G. & Sylvie T.**, (2009). La contamination microbienne du bassin de la seine. P : 11-12.

33. **Quevauviller, P.**, (2010). Protection des eaux souterraines, législation européenne et avancées scientifiques. Editions TEC &DOC. 11, rue Lavoisier75008. Paris. P : 01.

34. **Raoul, C.**, (2008). L'eau une histoire peu ordinaire du big Beng aux hommes. Editions Johnnet. P : 13.

35. **Rodier, J., Bernard, L., Nicole, M., et coll.**, (2009). L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition Entièrement mise à jour, PARIS P : 841.

36. **SDE**, (2005). En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information. Dakar : SDE.

37. **Sawadogo, B.**, (2018). Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso. Thèse en cotutelle pour obtenir le grade de docteur de l'Institut International d'Ingenierie de L'eau et de L'environnement (2iE). Université De Montpellier (UM). P : 15.

38. **Sialve, B et Steyer, J P.**, (2013). Les microalgues, promesses et défis. J. innovation Agronomiques 26. P : 26.

39. **Stanley S.L.**, (2003). Amoebiasis. *Lancet*. 361: 1025-34.
  40. **Sutherland, IW.**, 2001. *the biofilm matrix –an immobilized but dynamic microbial environment*. *Trends microbial*. 9,222-227.
  41. **Schwartzbrod, L.**, (2000). virus humains et santé publique conséquence de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture, Central collaborateur OMS, université de Nancy, France. P : 01-02.
  42. **Union Fédérale des Consommateurs**-Que Choisir 4 place Coimbra (Avenue de Pérouse), 13090 Aix-en –Provence. Dossier Eau Du Robinet, Eau De Source, Eau Minérale, Comment Choisir? P : 01.
  43. **Wallonie familles santé handicap AVIQ**, sciensano, (2018). Fièvres typhoïde et paratyphoïdes. P : 01.
  44. **Zongo, W.**, (2015). Diagnostic et différenciation de *entamoeba histolytica* et *entamoeba dispar* par PCR en temps réel. Mém. Master II de biologie moléculaire et de génétique moléculaire appliquée. Université Ouagadougou. 45p.
1. <http://www.cotebleue.org/pollbiolo.html>
  2. <https://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/maladie-hydrique/maladie-hydrique.htm>
  3. [expertou.com /services /analyse-bacteriologique.php](http://expertou.com/services/analyse-bacteriologique.php)[en ligne]
  4. [fr.dreamstime .com /image-stok-bactéries –choléra-image 11778901](http://fr.dreamstime.com/image-stok-bacteries-cholera-image-11778901)[en ligne]
  5. [http://doctissimo .fr/html/sante/encyclopedie/sa\\_1450\\_cholera .htm](http://doctissimo .fr/html/sante/encyclopedie/sa_1450_cholera .htm)[en ligne].
  6. [www.medicalnewstoday.com /articles/156859.php](http://www.medicalnewstoday.com /articles/156859.php) [en ligne].