



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 du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences de la Nature et de la Vie**

Filière : **Biologie**

Option : **Microbiologie appliquée**

Thème :

***Evaluation de la qualité microbiologique
des eaux de consommation***

Présenté par :

M^{elle} HADJI Aicha

M^{me} HADJI Imane

Jury de soutenance :

Présidente : **M^{me} NAILI. O** (MCB) Univ. AbbèsLaghrou - Khenchela

Encadreur : **M^{me} HANOUN. S** (MAB) Univ. AbbèsLaghrou - Khenchela

Examinatrice : **M^{me} BENRERDJEM. L** (MAA) Univ. AbbèsLaghrou- Khenchela

2019- 2020

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents: *Akila et Abd El Aziz.*

Mes chers frères: *Djoud et Naoufel* et Mes sœurs: *Sara et Ines.*

Ma grand-mère et mon grand-père: *Aicha et Mohammed.*

L'esprit pur de mon oncle: *Abd El wahab.*

Mes oncles: *Taher et Brahim.*

Mon futur époux: *Maamar.*

Mon binôme: *Imen.*

Toute la famille: *Hadji.*

Mes amies, tout particulièrement: *Asma, Soumia, Mouna, Malika, Aicha, Djihan, Salima, Nadjet...*

Tous les étudiants de microbiologie.

AICHA

Dédicace

Je dédie ce modeste à :

Ma tendre mère: Zahra et mon cher père: AbdAl aali.

Mes très chers frères: Yacine, Badr Eddine, Radouane, Sofiane.

Mes grands-pères.

Ma chère grand-mère.

Mes oncles.

Mon binôme : Aicha.

Ma chère sœur : Zineb.

Mon fiancé.

Tous mes amis.

Toute ma famille.

L'esprit de mon oncle : Abd El wahab et Ma grand-mère : Zineb

Tous ceux qui me sont chers de loin et de près.

Imane

REMERCIEMENT

*Avant tout, nous tenons à remercier **Dieu** le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier notre promotrice Madame **Hanoun Saida** pour l'honneur qu'elle nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.*

*Nous remercions particulièrement Madame **benredjem.l** qui a accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à madame **Naili.O** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider la commission d'examen de ce mémoire.*

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie.

Nous remercions également tous nos collègues et amies pour leurs esprit de groupe pendant l'étude.

Résumé

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit. Elle constitue un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne.

Cependant, le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été long temps d'ordre sanitaire. Ce problème découlé de l'existence de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

La présence de ces micro-organismes (bactéries, virus et parasites) dans les eaux de consommation est le plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages, à une défaillance du traitement de désinfection ou à une contamination de l'eau lors de son transport ou stockage dans le réseau.

Pour éviter ces contaminations et consommer une eau potable, elle doit répondre à certaines caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques, pour cela, il est nécessaire d'effectuer de façon permanente des analyses pour s'assurer que l'eau distribuée répond aux normes.

Mots clés : eau, qualité, microbiologique, consommation.

Abstract

Water is part of our natural environment, just like the air we breathe and the earth that carries and nourishes us. It is one of the familiar and indispensable elements of our daily life.

However, the major problem with water for human consumption has long been a health issue. This problem arises from the existence of microorganisms (bacteria, viruses, protozoa, parasites) which can transmit many dangerous infections in humans.

The presence of these micro-organisms (bacteria, viruses and parasites) in drinking water is most often due to a deterioration in the quality of the water resource, poor protection or lack of maintenance of catchment structures, a failure of the disinfection treatment or contamination of the water during its transport or storage in the network.

To avoid these contaminations and to consume drinking water, it must meet certain physicochemical and bacteriological characteristics. For this, it is necessary to carry out permanent analyzes to ensure that the water distributed meets the standards.

Key words: water, quality, microbiological, consumption.

المخلص

يعتبر الماء جزءا من محيطنا الطبيعي، مثل الهواء الذي نتنفس والأرض التي تحملنا وتغذيها. فهو بذلك أحد المكونات اللازمة لحياتنا اليومية.

لكن المشكلة الأساسية لماء الشرب كانت دائما ذات أبعاد صحية. حيث أن وجود الكائنات المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات هو ما يتسبب في عملية نقل الكثير من العدوى للإنسان.

إن وجود هذه الكائنات الدقيقة في مياه الشرب هو في الغالب نتيجة لتدهور في جودة الموارد المائية وذلك لنقص في كفاءة الأعمال التي تجري على منشآت التجميع أو في عمليات التطهير وهذا ما يؤدي الى تلوث هذه المياه أثناء عمليات التخزين والتوزيع

لذلك من أجل أن تكون المياه خالية من الملوثات وتلبي الحاجيات الاستهلاكية للمواطن بكل سلامة ، يتوجب خضوعها إلى المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية. و هذا يتطلب إجراء فحوصات دورية للتأكد من مطابقتها للمواصفات .

الكلمات المفتاحية: الماء, نوعية, ميكروبيولوجية, استهلاك.

Table des matières

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations	III
Sommaire	
Introduction	1
Chapitre I. Généralités sur l'eau	
1. Définition de l'eau.....	2
2. L'importance de l'eau.....	2
2.1. L'eau domestique.....	2
2.2. L'eau dans l'industrie.....	2
2.3. L'eau dans l'agriculture.....	2
2.4. L'eau dans l'organisme humain.....	3
2.5. L'eau dans l'aliment.....	3
3. Les principales sources naturelles de l'eau.....	3
3.1. Les eaux de mer.....	3
3.2. Les eaux de surfaces.....	4
3.3. Les eaux souterraines.....	4
3.4. Les eaux de pluie.....	4
4. La pollution des eaux.....	4
4.1. Définition.....	4
4.2. Principaux types des polluants.....	5
4.2.1. Les polluants biologiques.....	5
4.2.2. Les Polluants physiques	5
4.2.3. Les polluants chimiques.....	5
4.3. Les sources de pollution.....	6
4.3.1. Domestiques.....	6
4.3.2. Industrielles.....	6
4.3.3. Agricoles.....	6
4.4. Les conséquences de la pollution.....	7
5. Traitement de l'eau de consommation.....	7

5.1. Prétraitement.....	7
5.2. Préoxydation.....	8
5.3. Clarification.....	8
5.4. Filtration.....	8
5.5. Désinfection.....	8
Chapitre II. Qualité de l'eau de consommation	
1. Les paramètres organoleptiques.....	9
1.1. Couleur.....	9
1.2. Goûts et odeurs.....	9
2. Les paramètres physiques.....	9
2.1. Turbidité.....	9
2.2. Température.....	10
2.3. Potentiel d'hydrogène (pH).....	10
2.4. Conductivité électrique(CE).....	10
2.5. Alcalinité.....	11
2.6. Résidu sec(RS).....	11
2.7. Oxygène dissous.....	11
2.8. Matières en suspension(MES).....	12
3. Les paramètres chimiques.....	12
3.1. La dureté.....	12
3.2. Les sels minéraux.....	13
3.3. Les éléments traces métalliques.....	15
4. Paramètres microbiologiques.....	16
4.1. Flore microbienne de l'eau.....	16
4.2. Paramètres bactériologiques de l'eau.....	17
4.2.1. Germes totaux.....	17
4.2.2. Les bactéries indicatrices de contamination fécale.....	18
4.2.2.1. Coliformes totaux.....	18
4.2.2.2. Coliformes thermotolérants (fécaux).....	18
4.2.2.3. Streptocoques fécaux ou entérocoques.....	18
4.2.3. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (CSR).....	19
4.2.4. Les bactéries pathogènes.....	20

4.2.4.1. <i>Salmonella</i>	20
4.2.4.2. <i>Campylobacter</i>	20
4.2.5. Recherche des bactériophages.....	20
4.2.6. Les virus.....	21
4.2.7. Les parasites.....	21
4.2.8. Les protozoaires.....	21
5. Les maladies à transmission hydrique.....	22
5.1. Les maladies d'origine bactérienne.....	23
5.2. Les maladies d'origine virale.....	23
5.3. Les maladies d'origine parasitaire.....	24
5.4. les Maladies d'origine protozoaire.....	24
5.5. Le programme national de lutte contre les MTH.....	25
Conclusion	26
Références bibliographiques	

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobométric turbidity unity).....	10
Tableau 2 : Classification des eaux selon la conductivité.....	11
Tableau 3 : La potabilité en fonction des résidus secs.....	11
Tableau 4 : Les paramètres physiques de l'eau potable selon JORA et OMS.....	12
Tableau 5 : Classification des eaux selon la dureté totale (°F).....	13
Tableau 6 : Les paramètres chimiques de l'eau potable Selon l'OMS et le journal officiel algérien.....	16
Tableau 7 : Les Facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien....	19



Liste des Figures

Figure .1 : Evolution des maladies à transmission hydrique en Algérie22



Liste des abréviations

% : Pour cent

°C : degré Celsius

CE : Conductivité électrique

CSR : *Clostridium* Sulfito-Réducteurs

°F: degré français

JORA : Journal officiel de la république algérienne

MES : Matières en Suspension

NTU : Unité néphélogométrique de turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PH : Potentiel hydrogène

RS : Résidu sec

TH : Titre Hydrométrique

UCV : Unité de couleur vraie

E. coli : *Escherichia coli*

MTH : Maladie à transmission hydrique

mg/L: Milligramme par litre

H₂O : l'eau

ARN : Acide ribonucléique

H⁺: Ions d'hydrogène

ml : Millilitre

S/cm : Siemens/ Centimètre

μs /cm : Micro siemens/Centimètre

L : Litre



Introduction

L'eau est un élément vital, essentiel et indispensable pour déterminer la vie sur la terre. C'est la matière essentielle dans la plupart des domaines : mis à part son large utilisation en alimentation humaine, animale et dans les différentes activités dans le secteur industriel, agricole...etc. Elle représente également le constituant majoritaire du corps humain. **(Bengarnia, 2016).**

Aujourd'hui la pollution de l'eau est considérée comme un problème mondial, l'origine de cette pollution est variée, elle peut être thermique, radioactive ou due au transport de matières en suspension. Cette dernière, elle peut être chimique qui est d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques ... ou biologique principalement liée aux eaux usées urbaines. Cette dernière véhicule les micro-organismes pathogènes (bactéries pathogènes, virus et parasites), **(Hamed et al, 2012)**, elle peut être ainsi une source de nombreuses maladies dites maladies à transmission hydrique (MTH). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année des maladies diarrhéiques dues à la contamination de l'eau de boisson car l'eau est le vecteur privilégié de nombreuses pathologies à transmission hydrique qui sont aussi à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par des microorganismes est une source d'infections très importante selon le type de micro-organismes, la dose infectieuse et les voies d'exposition aux agents infectieux. Parmi ces principales pathologies humaines transmissibles par l'eau : la fièvre typhoïde, le choléra, l'hépatite A, E, la légionellose, les mycoses pulmonaires, les affections ORL et la méningo-encéphalite Amibiennes **(Ayad, 2017).**

Par conséquent, l'eau polluée devient dans ce cas une menace pour la vie et un obstacle pour la santé et les progrès des populations.

De ce fait, l'examen microbiologique de la qualité d'eau est nécessaire afin de fournir des informations nécessaires sur sa potabilité pour éviter les risques de la consommation de l'eau contaminée. **(Fondation Nationale de la Santé, 2013)**

Chapitre I: Généralités sur l'eau**1. Définition de l'eau**

L'eau est un élément essentiel à la vie, elle est considérée parmi les éléments anciens et de base avec le fer, l'air et la terre. C'est un liquide incolore, insipide et composé de deux atomes d'hydrogène atome d'oxygène (H₂O). C'est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne).

Dans la nature l'eau peut se trouver sous trois forme variées: l'état solide, l'état liquide et gazeux selon les conditions particulières de température et de pression **(Bengarnia, 2016)**.

2. L'importance de l'eau**2.1. L'eau domestique**

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différent fin. Un habitant consomme 230 l par jour et il n'en utilise que 1% pour la boisson, 6% sont utilisés pour la préparation de nourriture, 39% au bain-de douche, 20% aux sanitaire, 12% au lavage de linge, 10% à la vaisselle, 6% au lavage des voitures et l'arrosage des jardins 6% et 6% pour des usages domestiques divers **(Bengarnia, 2016)**.

2.2. L'eau dans l'industrie

En industrie, les usages principaux de l'eau sont de trois sortes:

- C'est est une utilité: elle participe de façon indirecte à la production (la production de vapeur, eau chaude, eau de refroidissement, ...).
- elle intervient en amont du processus de fabrication: ce sont les opérations de lavage et de transport des matières premières.
- elle intervient dans le processus de fabrication: elle est utilisée directement dans les industries comme: solvant, matière première, agent de fabrication ou fluide de nettoyage des équipements ou des produits fabriqués **(Cheret, 2017)**.

2.3. L'eau dans l'agriculture

L'agriculture est l'un des secteurs qui utilisent le plus d'eau, en terme de consommations, l'agriculture occupe le premier rang devant les usages domestiques, elle représente 79% de la consommation totale de l'eau.

Les trois usages principaux de l'eau agricole concernent l'irrigation de terre, l'élevage, l'alimentation du bétail et l'élimination des effluents et des plantations forestière **(Tiberghien, 2012)**.

2.4. L'eau dans l'organisme humain

La teneur en eau varie d'un tissu à l'autre: 83% pour le sang, 70% pour les muscles, 40% à 60% pour le squelette et 15% à 35% pour le tissu adipeux. La proportion globale en eau dans l'organisme humain varie donc en fonction de la composition des différents tissus (ceci diffère selon: le poids, l'âge, le sexe,..) elle est en moyenne de 60% (**Jacotot et al., 2003**).

L'eau est nécessaire à la vie car elle assure l'équilibre osmotique, le transport des substances dissoutes et les déchets du métabolisme, elle permet aux muscles de se contracter efficacement et finalement l'eau régularise la température du corps par la transpiration (**Poirier, 2004**).

2.5. L'eau dans l'aliment

L'eau représente un constituant alimentaire fondamental qui agit sur la valeur nutritive des aliments mais aussi sur leurs propriétés sensorielles : texture, arôme, saveur. C'est un facteur de mauvaise conservation du fait de l'action des enzymes et des microorganismes indésirables, elle joue également un rôle essentiel dans la conduite des procédés de conservation et de transformation (**Le Meste et al., 2002**).

Les produits alimentaires bruts ou manufacturés contiennent des quantités variables d'eau que l'on exprime en pourcentage du poids total de matière (**Grosclaude, 1999**).

3. Les principales sources naturelles de l'eau

Il existe quatre sources naturelles principales: Les eaux de mer, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de pluie. Chacun de ses types possède des caractères qui reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnemental.

3.1. Les eaux de mer

Les eaux de mer sont caractérisées par leur salinité qui varie de 33000 à 37000 mg/L. Cette valeur varie selon les saisons et les régions des eaux de mer (**Boeglin, 2001**).

Elles contiennent des composés minéraux cationiques (sodium, magnésium, calcium), des composés anioniques (chlore, brome, iode, fluore, sulfates, bicarbonates) et des gaz dissous (gaz carbonique, oxygène, azote) (**Bousseboua, 2002**).

3.2. Les eaux de surfaces

Les sources des eaux de surface sont les nappes souterraines ou les eaux de ruissellement (fleuves, rivières...), qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents (**Ayad, 2017**).

Ces eaux superficielles doivent subir un traitement pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement (**Molinie, 2009**).

3.3. Les eaux souterraines

Elles proviennent de la gravitation des eaux de pluie à travers le sol jusqu'aux couches imperméables où elles s'accumulent en nappes plus ou moins importantes et profondes.

Théoriquement, les eaux souterraines sont protégées par la capacité filtrante du sol qui les sépare de la surface et de ses sources de pollution. Les eaux de ce type sont largement exploitées et sont souvent de qualité suffisante pour être distribuées sans traitement. Les nappes moins profondes ou situées dans les zones d'agriculture ou industrielles sont beaucoup plus vulnérables à la contamination, notamment par les pesticides et les engrais (**Bousseboua, 2002**).

3.4. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine, elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissout, comme les sels de magnésium et de calcium; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

La variation de précipitation de pluie dans le temps et les difficultés de captage ont créé des difficultés pour exploiter cette source d'eau (**Desjardin, 1997**).

L'usage de l'eau de pluie permet de profiter d'une eau gratuite, elle peut avoir de multiples usages: arrosage du jardin, remplissage des bassins et nettoyage des surfaces... (**Gonthiez, 1997**).

4. La pollution des eaux

4.1. Définition

La pollution des eaux est un problème global dont la gravité et la nature varient d'une région à l'autre (**Raven et al., 2008**).

C'est une altération, dans un sens défavorable, d'une ou de plusieurs caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques provoquée par le rejet de produits liquides, solides ou gazeux (Marcel, 1974).

4.2. Principaux types de polluants

4.2.1. Les polluants biologiques

Les polluants d'origine biologique sont répartis en deux catégories: les microorganismes et les matières organiques biodégradables.

Les origines de ces microorganismes sont des matières fécales dont elles représentent environ 10%. On trouve principalement des bactéries mais aussi des protozoaires, des champignons et des virus.

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale des eaux de surface et des eaux peu profondes, son origine principale est le drainage des sols où s'accumulent des matières végétales plus ou moins décomposées (Bousseboua, 2002).

4.2.2. Les polluants physiques

Les principaux agents de la pollution physique sont: la chaleur, les matières solides en suspension et la radioactivité.

- La chaleur: la température affecte sur l'oxygène à mesure qu'elle diminue sa solubilité, parce qu'elle favorise le développement des micro-organismes qui consomment l'oxygène.
- Les matières solides en suspension: certaines particules très petites transitent par les précipitations et les eaux superficielles.
- La radioactivité: la plus dangereuse car elle ne peut se détruire et elle ne se dégrade qu'au bout de plusieurs décennies ou qu'après plusieurs siècles (Touharia, 2013).

4.2.3. Les polluants chimiques:

Les origines du polluant chimique sont nombreuses et divers, elles comprennent: les sels minéraux dissous, les métaux lourds, les pesticides, les détergents et les hydrocarbures. On distingue selon la nature de la pollution chimique deux catégories:

Les éléments chimiques minéraux et les éléments chimiques organiques (Touharia, 2013).

4.3. Les sources de pollution

4.3.1. Domestique

Elle provient des habitations. Elle se passe à travers les réseaux d'assainissement qui collecte les déchets de chaque foyer vers une station de traitement des eaux usées. Elle se caractérise par quatre éléments essentiels:

- De concentrations élevées en matières organiques ;
- Des sels minéraux dont l'azote et le phosphore ;
- Des détergents;
- Des germes fécaux (**Genin et al., 2003**).

4.3.2. Industrielle

Les sources industrielles de pollution de l'eau sont nombreuses, elles sont dues à l'utilisation de l'eau dans les processus comme (refroidissement, lavage...) et l'activité des usines (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc.), ce qui mène à une eau polluée à tous les sous-produits et déchets possibles de l'activité humaine qui sont :

- La matière organique et la graisse.
- Les hydrocarbures.
- Les acides, les bases et les produits chimiques divers.
- Les métiers radioactive.

Les effets des pollutions industrielles varient selon le type de substances rejetées, on peut citer : l'augmentation de température, la disparition de la majeure partie de la faune... (**Genin et al., 2003**).

4.3.3. Agricole

L'usage généralisé et intensif des engrais chimiques (les principaux étant les nitrates, les chlorures de potassium, les phosphates et superphosphates) et les pesticides (herbicides, insecticides, et fongicides) polluent particulièrement les nappes et les eaux superficielles et les eaux souterraines par l'infiltration des pluies et des eaux d'arrosage (**Marcel, 1974**).

4.4. Les conséquences de la pollution

La pollution des eaux possède plusieurs conséquences sur :

- le milieu: par phénomène d'eutrophisation, qui est une forme de pollution dont les conséquences s'observent sur les écosystèmes aquatiques et les usage des eaux douces, qui génère un certain nombre de problèmes de qualité d'eau que le producteur d'eau potable doit affronter (**El Haouati et al., 2013**).
- la biodiversité : car les composés toxiques (comme les hydrocarbures ...) provoquent l'empoisonnement et la dégradation de la flore et de la faune (**Assaad, 2014**).
- Sur la santé humaine: l'OMS estime que l'eau sale est à l'origine de 9,1% des maladies et de 6% des décès enregistrés chaque année dans le monde. Ces problèmes dus à une mauvaise qualité biologique de l'eau sont aussi bien connus, ce sont les maladies liées au péril fécal (eaux souillées), diarrhées infectieuses en particulier le choléra et les shigelloses, la fièvre typhoïde et l'hépatite virales A et E (**Aubry et Gauzère, 2012**).

5. Traitement de l'eau de consommation

Qu'elles que soit d'origine souterraine ou superficielle, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles sont. Il est souvent nécessaire de leur effectuer un traitement plus ou moins approprié. L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé. Donc pour pouvoir être consommées sans danger, les eaux doivent être traitées. Les étapes de traitement sont les suivantes: (**Ayad, 2017**).

5.1. Prétraitement

Avant de commencer le traitement de l'eau, tous les éléments nocifs possibles doivent être retirés, le prétraitement est principalement de trois types:

- **Le dégrillage:** permet d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles (**Bakiri, 2007**).
- **Tamissage:** est une opération préconisée sur les eaux peu chargées en matières en suspension avant le traitement. Il permet d'éliminer des objets plus fins qui n'ont pas été éliminés par le dégrillage (**Ayad, 2017**).
- **Dessablage:** Il consiste à l'élimination des sables présent dans les eaux. C'est une opération indispensable pour éviter les dépôts dans la canalisation, pour protéger les pompes et les autres organes mécaniques contre l'abrasion et pour éviter de perturber les autres stades de traitement (**Bassompierre, 2007**).

5.2. Préoxydation

Elle est réalisée par des agents tels que le chlore et l'azote qui agissent sur les métaux et les matières organiques (**Bakiri, 2007**).

5.3. Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) (**Ayad, 2017**). Elle se déroule en trois étapes :

- **La coagulation:** pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération, ce procédé est caractéristique par l'injection et la dispersion rapide de produit chimique (**Desjardins, 1997**).
- **La floculation:** provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants (**Bakiri, 2007**).
- **Décantation:** le principe de séparation solide liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation (**Bassompierre, 2007**).

5.4. Filtration

Après décantation des précipités coagulés, l'eau subit une filtration lente sur sable fin où rapide sur sable gros, destinée à retenir physiquement les particules non décantées, elle permet de débarrasser l'essentiel de sa charge organique, microbienne et chimique mais elle peut contenir des solutions des polluants organiques responsables de goût et d'odeur indésirables. Une filtration complémentaire est réalisée sur charbon actif qui élimine par adsorption les polluants organiques résiduels (**Bousseboua, 2002**).

5.5. Désinfection

C'est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies hydriques. Ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, on peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont: le chlore, le dioxyde de chlore et l'ozone (**Ayad, 2017**).

Chapitre II : Qualité microbiologique de l'eau**1. Les paramètres organoleptiques****1.1. Couleur**

La coloration d'une eau est dite apparente lorsque les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier, 2009**).

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) ou également à certaines matières organiques. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire.

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore. Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV (**Maiga, 2005**).

1.2. Goûts et odeurs

L'eau de consommation ne doit pas posséder un goût et une odeur « désagréables ». La plupart des eaux qu'elles que soit traitées ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Il n'existe que quatre saveurs fondamentales: salée, sucrée, aigre et amère. Les odeurs sont dues grâce à la présence dans l'eau des substances relativement volatiles, ces substances peuvent être inorganiques ou organiques, et des composés résultant de la décomposition de matières animale ou végétale ou encore dus à la pollution (**Maiga, 2005**).

2. Les paramètres physiques**2.1. Turbidité**

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble, elle est déterminée dans les eaux par la présence de matière en suspension fines comme l'argile, les limons, les grains et les microorganismes. Une faible turbidité, peut être due également à la présence de matière colloïdale d'origine organique ou minérale (**Rejseki, 2002**).

Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension, la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte (**Ghazli et Zaid, 2013**).

Les différentes classes de turbidités usuelles sont représentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétric turbidity unity) (Arrouf, 2018).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

2.2. Température

La température des eaux joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, dans la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels de l'eau avec une bonne précision. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques, et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Ghazali et Zaid, 2013).

2.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH (potentiel d'Hydrogène) permet de mesurer la concentration des ions d'hydrogène H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

Les valeurs du potentiel d'Hydrogène dans les eaux naturelles se situent entre 6,5 et 8,5 (Ghazali et Zaid, 2013).

2.4. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, la conductivité est déterminée par la quantité des solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau, ainsi plus la concentration en solide dissout sera importante plus la conductivité sera élevée, la mesure ne permet toutefois pas de déterminer quels sont les ions qui produisent cette conductivité.

L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm) (Brémaud, 2006).

Le tableau 2 montre la classification des eaux selon la conductivité.

Tableau 2. Classification des eaux selon la conductivité (Sari, 2014).

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)
Eau pure	< 23
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisée	1000 à 2500

2.5. Alcalinité

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bases et des sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte de la présence d'hydrogénocarbonates, d'autres sels d'acides faibles peuvent aussi d'être dosés et interfèrent dans la mesure (acides humiques, phosphates, citrates,...) (Rodier *et al.*, 2009).

2.6. Résidu sec

Le résidu sec détermine ou mesure la quantité de matières minérales dissoutes dans l'eau. Il donne une indication du degré de minéralisation de l'eau. Il informe également sur la teneur en substances dissoutes non volatiles. Le résidu sec est obtenu après évaporation de l'eau à 180°C. Suivant le domaine d'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 3 000 mg/l (Mekaoussi, 2014).

Le tableau 3 montre la potabilité en fonction des résidus secs.

Tableau 3. La potabilité en fonction des résidus secs (Arrouf, 2019).

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

2.7. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau, il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique (Ghazali et Zaid, 2013).

2.8. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière (**Les données de l'IBGE, 2005**).

Les principaux paramètres physiques de l'eau potable sont mentionnés dans le tableau 4

Tableau 4. Les paramètres physiques de l'eau potable selon JORA et OMS (**Zouag et Belhadj, 2017**).

Paramètres	Selon le JORA (2011)	Selon l'OMS (2000)	Unité
Température	25	25	°C
pH	6,5-8.5	6,5 - 8.5	/
Conductivité	1000	2800	µs /cm
Oxygène dissout	5	5	mg/l

3. Les paramètres chimiques

3.1. La dureté

La dureté de l'eau représente un paramètre important qui influe sur la qualité de l'eau, elle est caractérisée par sa teneur en sels de calcium et magnésium, que l'on nomme dureté totale, titre ou degré hydrotimétrique, de plus une eau est riche en calcium et en magnésium, plus elle est dite dure, inversement, une eau pauvre en calcaire est dite douce. La dureté de l'eau s'exprime par un indice ou titre hydrotimétrique TH, exprimé en degrés français (°F) (**Brémaud et al., 2006 ; Allain et al., 2007**).

Le tableau 5 montre la classification des eaux selon la dureté totale (°F)

Tableau 5 : Classification des eaux selon la dureté totale (°F) (**Brémaud *et al.*, 2006 ; Allain *et al.*, 2007**).

Dureté totale "TH"(en°f)	Type d'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
Plus de 30	Eau dure

3.2. Les sels minéraux

Les sels minéraux dissous sont soit des ions positifs (cations) soit des ions négatifs (anions).

➤ Cation

- **Le calcium**

Très abondant naturellement, ses sources dans les eaux sont les roches et les minéraux. Des concentrations élevées en calcium peuvent causer des maladies intestinales et les calculs rénaux (**Diab, 2016**).

- **Le sodium**

Le sodium est considéré comme un élément ubiquiste dans les eaux de surface et souterraines. La quantité de sodium d'origine naturelle est dépendante de la composition chimique du sol ou de la roche et la présence d'autres composés. Le sodium peut aussi avoir une origine anthropogénique par contamination avec les sels de déglçage pour les routes (**Bisson et Gaudreau, 1992**).

- **Le potassium**

Il est largement répandu dans l'environnement, y compris dans les eaux naturelles, cependant, durant le traitement des eaux, le permanganate de potassium est parfois utilisé en tant qu'oxydant ce qui entraîne la libération du potassium dans l'eau potable (**Diab, 2016**).

- **Magnésium**

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (**Nouayt *et al.*, 2015**).

- **Ammonium**

Par mesure de précaution, une concentration supérieure à 0,05mg/l, en ammonium laisse suspecter une pollution récente d'origine industrielle ou humaine. En effet, la concentration maximale admissible est de 0,5mg/L (**Kouidri, 2006**).

- **Anion**

- **Le fluor**

Le fluor est considéré parmi les ions le plus abondants dans le monde. On le trouve dans les roches, le sol, l'air et l'eau. Les composés fluorés sont des sels qui se forment quand l'élément fluor se combine avec des minéraux dans le sol ou des roches (**Diab, 2016**).

- **Le sulfate**

Les sulfates peuvent être trouvés dans toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfatés est l'oxydation des minerais de sulfites. D'autres origines sont l'érosion des roches et l'eau de mer (**Diab, 2016**).

- **Le phosphore**

Est un élément indispensable au développement de tous les organismes vivants. Le phosphate existe dans la nature souvent en complexe couplé avec des composés organiques.

La plus grande partie du phosphore que l'on retrouve dans les eaux provient des rejets d'eaux résiduaires et des activités agricoles (**Diab, 2016**).

- **Les nitrates**

Présents à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau, mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. La norme de potabilité pour l'eau a été fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l l'eau ne doit pas être consommée (**Ghazali et Zaid, 2013**).

- **Le Chlorure**

En général, le chlorure est présent dans les eaux à l'état brut et transformé à des concentrations allant de petites traces jusqu'à plusieurs centaines de mg/l. Il est présent sous la forme de chlorures de sodium, et de calcium et de magnésium. (**Fondation Nationale de la Santé, 2013**).

- **Les nitrites**

Les nitrites sont considérés comme des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique leurs faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). Une concentration supérieure à 0,10 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde (**Ghazali et Zaid, 2013**).

3.3. Les éléments traces métalliques**• Le fer et le manganèse**

Le fer et le manganèse, abondants à l'état naturel dans tous les type de roches, se retrouvent à l'état dissous dans un grand nombre d'eaux souterraines, peuvent être d'origine naturelle ou résultent de l'activité humaine.

Le passage du fer en milieu aqueux s'effectue par dissolution des minéraux des roches ou lessivage des sols. Des concentrations importantes de manganèse précipitent au fond des océans (**Lopoukhine, 1999**).

• le plomb

La contamination de plomb est une menace sérieuse pour la santé des personnes. Ce métal lourd, incolore, insipide et inodore peut passer pratiquement inaperçu dans l'eau potable.

Il est présent dans l'eau potable via la corrosion des canalisations, des soudures et du matériel de plomberie de maison..., dont le pH est inférieur à 7. Les concentrations du plomb dans l'eau du robinet sont plus élevées au début de l'écoulement de l'eau et décroissent à mesure que celle-ci s'écoule (**Blaurock-BuschPhD, 2014**).

• L'Arsenic

L'arsenic est un élément naturel très répandu dans la croûte terrestre. Il est présent dans certaines réserves d'eau potable, y compris les puits. L'exposition à des fortes concentrations d'arsenic peut avoir des effets sur la santé, il faut les limiter le plus possible (**Ministre de la Santé, 2006**).

• Le cuivre

Les principales sources de cuivre dans l'eau potable sont dues à la corrosion des systèmes de plomberie dans les foyers. Le cuivre peut s'infiltrer dans l'eau principalement par les tuyaux, les robinets et les raccords. La quantité de cuivre dans l'eau dépend également des types et de la quantité d'autres minéraux présents dans l'eau et du temps pendant lequel l'eau est restée dans les tuyaux... (**Blaurock-BuschPhD, 2014**).

Les paramètres chimiques de l'eau potable selon l'OMS et le journal officiel algérien sont montrés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Les paramètres chimiques de l'eau potable selon l'OMS et le journal officiel algérien. (Zouag et Belhadj, 2017).

Paramètre	Unité	Selon l'OMS 200	Selon JORA
Calcium	mg/l	100	75-200
Sodium	mg/l	150	200
Potassium	mg/l	12	20
Magnésium	mg/l	50	150
Ammonium	mg/l	0.5	0.5
Fluor	mg/l	1.5	1.5
Sulfate	mg/l	250	200-400
Phosphore	mg/l	5	5
Nitrate	mg/l	50	50
Chlorure	mg/l	600	200-500
Nitrite	mg/l	0.1	0.1
Fer	mg/l	0.2	0.3
manganèse	mg/l	0.5	0.5
plomb	mg/l	0.05	0.055
Arsenic	mg/l	0,05	0.05
Cuivre	mg/l	1	1.5
Dureté totale	°F	50	150

4. Paramètres microbiologiques

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes: agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues.

4.1. Flore microbienne de l'eau

Les micro-organismes dans l'eau sont très variés, leur nature dépend de celle de l'eau analysée (eau de captage ou distribution, eau de traitement ...), ces micro-organismes sont classés en trois types :

- ✓ Les germes typiquement aquatiques : ce sont des bactéries (*Vibrions, Pseudomonas...*).
- ✓ Les germes telluriques: ce sont des bactéries sporulées (*Bacilles, Clostridium...*) ou appartenant aux genres *Streptomyces* et des spores fongiques.
- ✓ Les germes de pollution humaine ou animale: ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origines intestinales (*E-coli, Salmonella* et *Streptocoques fécaux...*)

On peut aussi également rencontrer dans l'eau des parasites (kystes d'amibes) et des virus (poliomyélite virus des hépatites virales) (**Hamed et al., 2012**).

4.2. Paramètres bactériologiques de l'eau :

L'eau doit être présentée également une potabilité du point de vue bactériologique, en effet celle-ci étant destinée à la consommation humaine, une eau potable doit satisfaire les conditions bactériologiques.

Le dénombrement des bactéries consiste à la recherche des germes aérobies, la quantification des germes indicateurs de contamination fécale: les coliformes fécaux et *Streptocoques fécaux*, la recherche des germes anaérobies sulfite réducteurs et il implique aussi la recherche de certains germes pathogènes (*Salmonella, ...*) (**Hamed et al., 2012**).

4.2.1. Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux, ou mésophiles aérobies en fonction de leur condition de développement, est utilisé comme inducteur de pollution :

- Soit dans le milieu naturel de très bonne qualité microbiologique pour contrôler une possible contamination bactérienne (eau souterraines ...).
- Soit dans les réseaux : une augmentation de la concentration bactérienne après la station de traitement peut être le signe d'une multiplication bactérienne dans les réseaux ou d'une intrusion de bactérie à l'intérieur de celui-ci.

Parmi les bactéries recherchées on peut distinguer deux catégories différentes sur le plan hygiénique: les microorganismes qui se développent à 20 C° et les microorganismes qui se développent à 37C°. La charge totale des mésophiles n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux. Ce dénombrement est souvent considéré comme accessoire par rapport aux autres dénombrements réalisés dans le contrôle bactériologique de l'eau (**Rejseki, 2002;Diop, 2006**).

4.2.2. Les bactéries indicatrices de contamination fécale

4.2.2.1. Coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*, ce sont des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, oxydase négative, capables de croître en présence des sels biliaires et qui fermentent le lactose avec la production d'aldéhyde en 48 heures à température de 35 à 37°C.

A partir de leur habitat on peut distinguer deux groupes de coliformes :

- Les coliformes thermotolérants ou coliformes fécaux.
- Les coliformes psychrophiles (aquatique ou terrigène) (**Rejseki, 2002**).

Les coliformes sont indicateurs de contamination fécale importante car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud (**Rodier et al., 2009**).

4.2.2.2. Coliformes thermotolérants (fécaux)

Sous-groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2$ C° à 24 heures, ils sont rencontrés dans les matières fécales humaines ou animales, constitue donc un inducteur de contamination fécale, dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia coli* d'origine exclusivement fécale (**Rejseki, 2002 ; Fondation Nationale de la Santé, 2013**).

- *Escherichia coli* : bactérie du groupe coliformes fécaux qui fermente le lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz à $44,5 \pm 0,2$ C° pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, n'hydrolyse pas l'urée, elle est considérée comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de la présence éventuelle de micro-organismes pathogènes (**Fondation Nationale de la Santé, 2013**).

4.2.2.3. Streptocoques fécaux ou entérocoques

Ce sont les streptocoques du groupe D. Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négative et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* (**Seghir, 2008**).

L'apport des *Entérocoques* par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles; leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne, la résistance des entérocoques aux agents désinfectants est

également plus importante, probablement du fait de leur mode de regroupement en chaînette et comparable à celle des entérovirus, cette propriété pourrait permettre aux entérocoques de mieux représenter la contamination virale d'une eau (**Rejseki, 2002**).

En plus, le rôle principal des Streptocoques fécaux était de faire partie du rapport coliformes fécaux/Streptocoques fécaux utilisé comme indicateur de la nature de la source fécale, donc la détermination pratique de l'origine de la pollution fécale est indiquée par le rapport CF/SF :

- Si le rapport CF/SF est supérieur ou égal à 4 ($CF/SF \geq 4$), la source probable de contamination est les déchets humains.
- Si le rapport CF/SF est inférieur ou égal à 0,7 ($CF/SF \leq 0,7$), la source probable de contamination est les déchets de bétail ou de basse-cour.
- Si le rapport CF/SF est compris entre 0,7 et 4 ($0,7 < CF/SF < 4$), la source probable de contamination est à la fois les déchets humains et animaux (**Debabza, 2005**).

4.2.3. Clostridium Sulfito-Réducteurs (CSR)

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau d'alimentation, les *Clostridium*s sulfito-réducteurs, ils sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. Ce sont des bactéries sporulantes, ces formes de spores sont plus résistantes que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. (**Rodier et al., 2009**).

Le tableau 7 montre les facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien

Tableau 7 : Facteurs microbiologiques selon l'OMS et le journal officiel algérien (Zouag et Belhadj, 2017).

Facteur	Selon l'OMS	Selon le JORA
Germes Totaux	100/100 ml	100/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml
<i>Streptocoques</i> fécaux	0/100 ml	0/100 ml
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	0/100 ml	0/100 ml

4.2.4. Les bactéries pathogènes

La présence des bactéries pathogènes d'origine fécale joue un rôle de signal d'alarme. En fait, seules les Salmonelles et les Shigelles sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies, les risques sanitaires sont provenant de microorganismes d'origine fécale et non fécale et ils ne peuvent être évalués que par la recherche des pathogènes: *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus* sont les plus fréquemment recherchés (Debabza, 2005).

4.2.4.1. *Salmonella*

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles Gram négatif, non sporulantes, aérobies anaérobies facultatives, réduisent les nitrates en nitrites, fermentent le glucose mais pas le lactose et oxydase négative (Korsak et al., 2004).

Les Salmonelles sont particulièrement des parasites du tube digestif de l'homme et des animaux. La contamination humaine se fait habituellement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. C'est derniers sont le plus souvent d'origine animale (coquillages, viande hachée, œufs). La contamination des aliments peut aussi être d'origine humaine et liée à des manipulations par un personnel porteur de salmonelles (Bengarnia, 2016).

4.2.4.2. *Campylobacter*

Les Campylobacters sont des bâtonnets minces, tournés en spirale, sporulés, Gram négatif, mobiles avec un mouvement caractéristique en tire-bouchon grâce à un flagelle polaire unique à une ou deux extrémités de la cellule. Ces bactéries sont présentes dans l'intestin de nombreuses espèces animales, en particulier d'animaux domestiques. La plupart des *Campylobacters* sont véhiculées aux milieux aquatiques par les résiduaire des abattoirs (Bengarnia, 2016).

4.2.5. Recherche des bactériophages

Certaines bactéries sont infectées par des « virus » que l'on appelle bactériophages. Ils ne sont pas pathogènes pour l'homme, mais leur présence peut traduire la présence de bactéries d'origine fécale et donc une pollution. Les bactériophages sont plus résistants à la désinfection par le chlore que les bactéries indicatrices, ils peuvent constituer un indicateur de l'efficacité de la désinfection.

Deux types de phages sont recherchés, les coliphages (infectent *E. coli*) et les bacteriophage ARN F spécifiques (infectent des cellules hôtes possédant des pili sexuels dits F) (Rodieretal., 2009).

- Les coliphages : sont des bactériophages qui infectent spécifiquement *E.coli* et qui l'utilisent comme hôte et se présentent ainsi dans la matière fécale humaine ou animale et aussi dans l'environnement dans la mesure obligatoire ou les hôtes bactériens y sont présents. On distingue deux groupes de coliphages utilisés comme inducteur de contamination fécale : les coliphages somatiques et les coliphage F-ARN. (Bengarnia, 2016).

4.2.6. Les virus

Les virus hydriques sont des virus entériques impliqués dans des épidémies de maladies gastro-intestinales et d'hépatite aiguës, selon le type de l'eau, ces épidémies sont dues grâce à une contamination par la matière fécale ou à un traitement de l'eau potable inadéquat qui ne permet pas d'inactiver les virus, ce qui permet de les trouver dans l'environnement. Les virus les plus fréquemment sont les norovirus, l'hépatite A et E, les astrovirus, les entérovirus et les rotavirus (Meunier, 2014).

4.2.7. Les parasites

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries. En effet suite à des épidémies parfois importantes, des parasites ont été identifiés et peuvent donc maintenant être recherchés dans les eaux. L'OMS, en 2003, a classé les parasites parmi les agents pathogènes émergents. Des études ont montré leur grande résistance à certains agents chimiques et aux variations des conditions environnementales (température, pH...). Ils sont généralement éliminés lors des procédés physiques de traitement des eaux comme la floculation ou la sédimentation. Ces parasites sont principalement *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* (Rodier, 2009).

4.2.8. Les Protozoaires

Les protozoaires sont des microorganismes diversifiés. Ce sont des organismes libres qui peuvent vivre dans l'eau douce et qui ne présentent aucun risque pour la santé humaine. Cependant, certains protozoaires entériques, comme *Giardia* et *Cryptosporidium*, sont pathogènes et ont été associés à des éclosions de maladies liées à l'eau potable. Ils peuvent se retrouver dans l'eau à cause d'une contamination directe ou indirecte par les matières fécales des humains ou des animaux (Santé Canada, 2012).

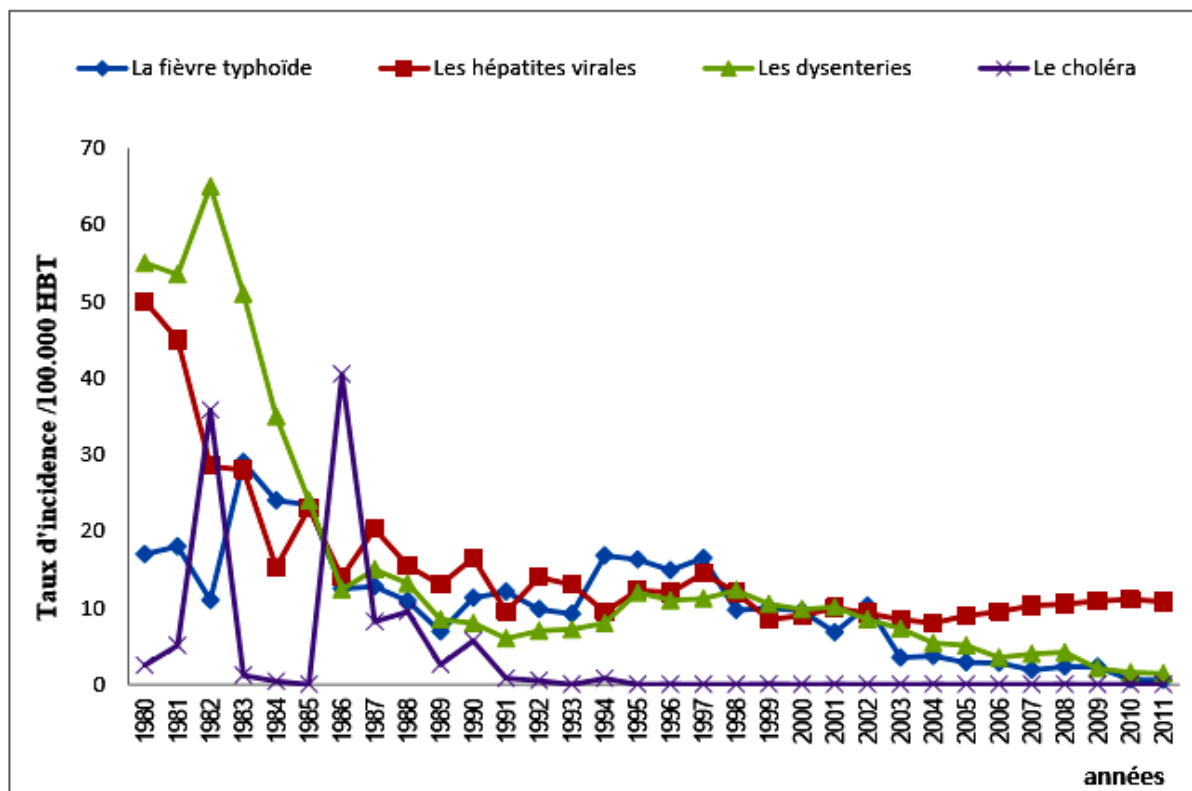
5. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydriques (M T H) sont des maladies « de l'eau sale » dues à l'eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques, aujourd'hui, on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission (**Baziz, 2008**).

Chaque année dans le monde, des milliers de personnes dans le monde perdent leur vie à cause des maladies liées à l'eau. Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé, pas moins de deux millions de morts et les enfants en constituent le grand nombre. L'Algérie traverse depuis quelques années une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies à transmission hydrique caractéristiques des pays en développement (**Kherifi et Bekiri, 2016**).

Les maladies hydriques représentent 39 % de l'ensemble des maladies déclarées. On estime que le taux d'incidence global des maladies à transmission hydrique à travers le pays est de l'ordre de 30 cas pour 100.000 habitants (**Saidani et Hammadi, 2017**).

La figure 1 montre l'évolution des maladies à transmission hydrique en Algérie



La figure 1 : l'évolution des maladies à transmission hydrique en Algérie (**Saidani et Hammadi, 2017**).

5.1. Les maladies d'origine bactériennes

Les maladies hydriques d'origine bactérienne englobent le choléra, la fièvre typhoïde et les dysenteries.

➤ Le choléra

Le choléra est une maladie diarrhéique aiguë consécutive à une infection de l'intestin par *vibrio cholerae*. La maladie a des symptômes qui sont : une diarrhée aqueuse abondante, des vomissements et des crampes au niveau des jambes. Ces symptômes proviennent d'une perte rapide de fluides organiques provoquant une déshydratation et un état de choc, sans traitement, les patients dans cet état peuvent mourir en quelques heures (Willey et al., 2018).

➤ La fièvre typhoïde et paratyphoïde

Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes sont des infections bactériennes systémiques à point de départ digestif. Les bactéries responsables appartiennent au genre *Salmonella* : *S. enterica* sérotype Typhi ou Paratyphi (A, B ou C). Les patients se contaminent généralement grâce à l'ingestion d'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 des complications intestinales, cardiaques ou neurologiques qui peuvent être mortelles sans traitement (létalité de 10 à 20%) (Sciensano, 2018).

➤ La shigellose

Les shigelles sont responsables de la shigellose (autrefois dénommée dysenterie bacillaire), est une infection de l'intestin. Les symptômes sont variables, caractérisés par une déshydratation, une forte fièvre et des crampes abdominales sévères. La période d'incubation de la shigellose est de 1-7 jours, la mort chez les adultes est rare, mais chez les enfants la maladie peut être extrêmement grave.

La grande majorité des cas de shigellose est provoquée par la transmission des bactéries d'un individu à un autre par voie orale-fécale. La transmission par l'eau est également importante, notamment là où l'hygiène laisse à désirer (Huss, 1996).

5.2. Les maladies d'origine virale

➤ Les hépatites infectieuses

Il existe plusieurs types d'hépatites mais seuls les types A et E sont à transmission hydrique et peuvent atteindre des proportions endémiques. Elles se manifestent par une infection du foie s'accompagnant de vomissements, de céphalées et de fièvres pouvant entraîner la mort par insuffisance hépatique (Cherif Ibrahima, 2006).

➤ La poliomyélite

L'agent responsable est un entérovirus, membre de famille des *Picornaviridae*. Le virus transmet par la voie fécale-orale, les virions du poliovirus sont très stables, particulièrement à pH acide, et restent infectieux pour d'assez longues périodes dans les aliments et l'eau, La période d'incubation moyenne est de 6 à 20 jours.

Le virus a une grande affinité pour les cellules nerveuses motrices de la corne antérieure de la moelle épinière. Il se multiplie à l'intérieur de ces cellules et les détruit. Il en résulte une paralysie motrice et musculaire (Willey et al., 2018).

5.3. Les maladies d'origine parasitaire**➤ L'onchocercose**

On la trouve particulièrement en Afrique et elle engendre la cécité. Le parasite responsable est un ver véhiculé par une mouche c'est la simulie, dont les larves vivent dans les eaux courantes. Pour tuer cette larve et éradiquer la maladie, les eaux des rivières doivent être traitées aux insecticides pendant parfois plusieurs années (Ayad, 2017).

➤ La schistosomose

Ce sont des zoonoses ou anthroponoses dues à des trématodes: les schistosomes. Ils parasitent les plexus veineux péri vésicaux, péri rectaux ou intestinaux.

La schistosomose est une parasitose responsable de la deuxième endémie parasitaire mondiale liée à l'eau après le paludisme. Sa répartition est tropicale et intertropicale (TidianiCissé, 2011).

5.4. Les maladies hydriques d'origine protozoaire**➤ L'amibiase**

Les personnes sont infectées par les protozoaires *Entamoeba*. Il est admis que deux espèces d'*Entamoeba* infectent les humains, *E. dispar* et *E. histolytica*, les deux provoquent une amibiase ou dysenterie amibienne.

L'infection débute par l'ingestion de kystes matures présents dans l'eau, la nourriture ou sur les mains contaminées par des matières fécales.

Les symptômes de l'amibiase varient très fort depuis une infection asymptomatique jusqu'à une dysenterie fulgurante (des diarrhées épuisantes sanguinolentes et glaireuses), une appendicite et des abcès dans le foie, les poumons ou le cerveau (Willey et al., 2018).

➤ **La giardiase**

La giardiase est une maladie intestinale cosmopolite très fréquente, elle affecte davantage les enfants que les adultes, elle est provoquée par *Giardia intestinalis* : un protiste flagellé, la transmission se fait le plus fréquemment par de l'eau de distribution contenant des kystes.

La giardiase varie en gravité et les porteurs asymptomatiques sont fréquents, elle peut être aiguë ou chronique, les symptômes apparaissent généralement une semaine après l'infection et peuvent persister de 6 à 8 semaines ou plus en l'absence de traitement. La giardiase aiguë est caractérisée par une forte diarrhée, des douleurs épigastriques et des crampes. La giardiase chronique est caractérisée par diarrhée intermittente avec des périodes d'apparition et de rémission des symptômes (Willey et al., 2018).

5.5. Le programme national de lutte contre les MTH

Le programme de la lutte contre les M T H comprend:

- des actions relevant de secteurs de l'hydraulique (réseau de distribution et d'assainissement, épuration des eaux, ...).
- des actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôle systématique 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).

Le programme de lutte contre les M T H est coordonné à plusieurs niveaux (Commune, Daïra, Wilaya et le ministère de la santé) (Baziz, 2008).

Conclusion

Conclusion

La bonne qualité de l'eau destinée à la consommation constitue un élément très important pour protéger la santé publique. Dans cette optique, la maîtrise du risque microbiologique de l'eau demeure une priorité pour les autorités sanitaires en raison des effets sur la santé engendrés par une eau contaminée. Des niveaux seuils ont été fixés en fonction des eaux à analyser et des paramètres à rechercher, Pour cela nous effectuerons de façons permanentes certaines analyses pour s'assurer que l'eau distribuée répond aux normes.

L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est pas généralement utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements pour pouvoir être consommée sans danger par la population, ou pour des usages spécifiques (industriels, agricole...), pour cela la technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour pallier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau et pour éliminer tous les germes pathogènes. Le laboratoire d'analyses microbiologiques a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement, il permet d'effectuer de façons permanentes certaines analyses pour s'assurer que l'eau distribuée répond aux normes. La chaîne de traitement conventionnelle des eaux de surfaces destinées à la consommation comprend dans la plupart du temps les six étapes suivantes : prétraitement, coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection. Cette chaîne de traitement a été conçue à la base pour la réduction de la turbidité en éliminant toutes sortes de matières en suspension.

Par ailleurs, la chloration domestique est l'une des méthodes les plus largement utilisées pour assurer la désinfection de l'eau. Le chlore tue les organismes pathogènes à condition d'assurer un temps de contact suffisant (minimum 30 minutes). Selon l'OMS, l'eau de boisson doit contenir entre 0.5 et 1 mg/l de chlore résiduel libre. Si l'eau est stockée dans de bonnes conditions (dans un réservoir opaque et fermé), ce chlore résiduel éliminera tout risque de nouvelle contamination après le traitement.

La filtration également permet de retenir les éléments solides (ainsi que les micro-organismes) et d'améliorer ainsi la qualité physique et microbiologique d'une eau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Allain G., Allain T., Allgayer R., Breitenstein A. (2007). Encyclopédie visuelle de l'aquarium. Ed. Artemis. P.335.

Arrouf F. (2018). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de citernes dans la région de Khenchela. Mémoire présenté En vue de l'obtention du diplôme de master, Université Abbes Laghrour (Khenchela). P. P.11-13.

Assaad A. (2014). Pollution anthropique de cours d'eau. Caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux. Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur, Université de Lorraine. P.44.

Aubry A., Gauzère B. (2012). Les maladies liées à l'eau. P.1.

Ayad W. (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et Bactériologique des eaux souterraines: cas des Puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar (Annaba). P. P.5-33-34-37-41-42-43-45.

Bakiri Z. (2007). Traitement des eaux usées par des procédés biologique classique: expérimentation et modélisation. Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas-Sétif (Algérie). P.24-25.

Bassompierre C. (2007). Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers. De la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble. P. P.37-39.

Baziz N. (2008). Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire présenté En vue de l'obtention du diplôme de Magister, Université Colonel Elhadj Lakhdar Batna (Algérie). P.P. 75-84-85.

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 d'Oran (Algérie).P.P.4-5-15-16-28.

Bisson S., Gaudreau D. (1992). La consommation de l'eau potable et la santé: évaluation critique de l'état de la question selon la littérature épidémiologique. (Canada). P. 78.

Blaurock-Busch PhD E. (2014). La désintoxication douce, programme de détoxification naturelle. 1ère édition. Ed. Micro trace Minerals gmbh, Paris (France). P.P.35- 36.

Références bibliographiques

- Boeglin J. (2001).** Propriétés des eaux naturelles (technique de l'ingénieur traité environnement. G1. P.110.
- Bousseboua H. (Janvier 2002).** Elément de microbiologie générale. Ed. Université Mentouri Constantine (Algerie). P.P.180-181-182-185.
- Brénaud C., Claisse J-R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E. (2006).** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Ed. Educagri, (Dijon Cedex). P. 220.
- Cheret S. (2017).** Les grandes catégories d'usage de l'eau dans l'industrie.
- Cherif Ibrahima K. (2006).** Etude de qualité microbiologique des eaux des boissons conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, Université cheikh Anta Diop de Dakar. P. 14.
- Desjardins R. (1997).** Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Presses internationales polytechnique, Québec. (Canada). P.3.
- Diab W. (2016).** Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani; Liban. Thèse En vue de l'obtention de Titre de Docteur en Géosciences, L'Université Libanaise & L'Université de Lorraine(Liban). P. 21 -22 -32.
- DebabzaM. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba. Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba (Algérie). P. 40-42.
- Diop C. (2006).** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. Mémoire de 4ème Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).P. 43.
- EL Haouati H., Guechaoui M., Arab A. (2013).** Effet de l'eutrophisation sur les milieux aquatiques : Barrage de Hammam, (Tlemcen). P. 223.
- Fondation Nationale de la Santé. (2013).** Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau. 4ème édition. Ed. Brasilia.P. P.12- 48.
- Genin B., Chauvin C., Ménard F. (2003).** Cours d'eau et indices biologiques (pollution-méthodes-IBGN). 2ème édition. Ed. Educagri, Dijon Cedex. P. P. 37-39- 40.

Références bibliographiques

- Ghazali D., Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc). Larhyss Journal.P. P.28-29-31-32 -33.
- Gonthiez B. (2013).** Récupérer et utiliser l'eau de pluie, 3ème édition. Ed. Eyrolies. P. 12 - 37.
- Grosclaude G., Brulé G. (1999).** L'eau Tome2. Usages et polluants .P.72.
- Hamed M., Guettache A., Bouamer L. (2012).** Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA. Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des sciences et technologies département des sciences, (Bechar).P.P.14-15-19.
- Huss H. (1996).** Assurance de qualité des produits de la mer (FAO ; document technique sur les pêches No 334). P. 23.
- Jacotot B., Campillo B., Bresson J., Corcos M., Hankard R., Jeammet P., Peres G. (2003).** Nutrition humaine. Ed. Masson, Paris. P.P.3-4.
- Kherifi W., Bekiri F. (2016).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie. P.74.
- Korsak N., Clinquart A., Daube G. (2004).** Salmonella spp. Dans les denrées alimentaires d'origine animale. Un réel problème de santé publique. Département des sciences des denrées alimentaire faculté de Médecine vétérinaire université de liège. P. 174.
- Kouidri B Z. (2006).** Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf –Eltorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables. Mémoire de master, Université Hassiba Benbouali, (chlef).P. 19.
- Les données de l'IBGE (Novembre 2005).** "L'eau à Bruxelles". Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'environnement. P. 2.
- Le Meste M., LorientD., Simatos D. (2002).** L'eau dans les aliments. Ed. Technique & documentation.
- Lopoukhine M. (1999).** Le traitement du fer et du manganèse dans les eaux minérales. Ed. Brgm r40566. P.P. 3- 11.
- Maiga A. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de Consommation produite et distribuée par L'Edmsa dans la ville de Bamako. Evaluation saisonnière. Thèse de Doctorat, Université de Bamako (Mali). P.P.20-21.

Références bibliographiques

Marcel M C. (1974). Les types de pollution de l'eau (1). N 82. P.P.186-188.

Mekaoussi N. (2014). Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est algérien). Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar, (Batna). P. 13.

Meunier C. (2014). Virus entériques transmissibles par voie alimentaire. Détection, typage, pour voir infectieux et nouvelles technologies. Thèse de Doctorat. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) P.13.

Ministère de la Santé, (2006): L'arsenic dans l'eau potable, (Canada).
<https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/hl>

Molinie L. (2009). Dispositifs rustiques d'alimentation et de traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées. Agro Paris Tech. Montpellier. Cedex. P.7.

Nouayti N., Khattach D., Hilali M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), (Maroc). P. 1074.

Poirier J. (2004). L'indispensable pour vivre en santé. Ed. Merlin. P.68.

Raven P.H., Berg L.R., Hassenzahl D.M. (2008). Environnement. 6ème édition. Ed. Groupe de Boeck,parice. P. 551.

Rejseki F. (2002). Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Ed. Centre régional de documentation pédagogique. P.P.45-142-143-144-147-148.

Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll. (2009). L'analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod. (France). P.P.33-107- 754-775-784- 839- 840.

Saidani F., Hammadi S. (2017). Contribution à l'étude de la dynamique et des impacts des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de Bouira. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master, Université Bouira. P.P. 6-7.

Santé Canada. (2012). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Document technique Protozoaires entériques: Giardia et Cryptosporidium. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).P.1.

Références bibliographiques

Sari H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen). Mémoire de Master, Université Abou –Bekr Belkaid (Tlemcen).P.13.

SCIENSANO, (2018). Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. Fiche informative. P. 1.

https://www.wiv-isp.be/matra/Fiches/Fi%C3%A8vre_Typhoide.pdf

Seghir K. (2008). Protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien).Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution, Faculté des Sciences de la Terre de BadjiMokhtar.P.93.

Tiberghien F. (2012). Eau et agriculture. problématique actuelles .P.P. 37-43.

TidianiCissé M. (2011). Morbidité et mortalité parasitaire et fongique dans les services de médecine interne et maladies infectieuses et tropicales du CHU point G. Thèse pour obtenir le grade de docteur en médecine, Université de Bamako. P. 30.

Touahria K. (2013). Evaluation de la qualité des eaux de forages par comparaison de leurs caractéristiques physico-chimiques (région de Tébessa). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de magister. Département des Sciences de la matière, (Souk-Ahras). P.43.

Zouag B., Belhadj Y. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologie de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta Tlemcen .Mémoire de fin d'étude pour l'obtention diplôme docteur en pharmacie, Université de Abou Beker Belkaid (Tlemcen). P.P. 17-18.

Wiley J. M., Sherwood L. M., Woolverton C.J., Prescott. L. M. Traduction de Coyette J., Joseleau J-P., Perraud R. (2018). Microbiologie de prescott, 5ème édition. Ed. De Boeck supérieur, (Paris). P.P. 889- 853- 917- 91