

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE  
SCIENTIFIQUES**

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département de sciences Agronomiques**

*Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master en science  
agronomique*

**Spécialité : Eau et Environnement**

**Thème**

**Suivi de la qualité bactériologique des eaux de consommation  
avant et après distribution du barrage Taksebt T.O**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : KRIKEB Yasmine**

**M<sup>elle</sup> : SIAD Khadidja**

**Soutenu devant le jury :**

**Mr BERRADJ.O**

**Maitre de conférences B**

**U.M.M.T.O Président**

**Dr. METAHRI M.S**

**Maitre de conférences A**

**U.M.M.T.O Promoteur**

**Mme. AISSAOULD**

**Doctorante**

**U.M.M.T.O Examinatrice**

**Promotion : 2019/2020**

## **REMERCIEMENTS**

Après avoir remercié le Dieu Tout-Puissant et Miséricordieux, nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont participé à la préparation de ce mémoire, que ce soit de près ou de loin.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr Metahri MS Maître de conférences "A" : Encadreur, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Aux membres du jury, Qui ont donné la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

- Mr Berradj O Maître de conférences "B" : Président
- Melle Pissaoui Doctorante : Examinatrice

Enfin nous remercions tous les enseignants du Département de SNT de l'Université Mouloud Mammeri Tizi -Ouzou, pour leur contribution dans notre formation, et en particulier les enseignants du département d'agronomie.

## *Dédicaces*

*Avec l'aide et la grâce de Dieu*

*On a achevé ce modeste travail dont je dédie :*

*A mon cher papa pour sa compréhension,  
Sa patience et son soutien moral et financier.*

*A ma chère maman pour son amour*

*Et sa tendresse.*

*A mes chers frères : Mustapha et Nabil*

*A mes chères sœurs Kahina, Sadjia, Warda, Nabila et Sabrina.*

*A mes chers neveux et*

*Djugurtha, Alimass, Aghilas, Aylan et Islam.*

*A mes deux chères nièces : Thiziri et Meriem*

*A mes chères tantes*

*A mes oncles, mes cousins et cousines chacun son nom*

*A Mon cher binôme Yasmine*

*A toute ma famille et mes amis (e)*

*A toute la promotion eau et environnement 2020*

*Khadija*

## *Dédicaces*

*Avec l'aide et la grâce de Dieu.*

*On a achevé ce modeste travail dont je dédie :*

*À mon cher papa pour sa compréhension,  
Sa patience et son soutien moral et financier.*

*À ma chère maman pour son amour*

*Et sa tendresse.*

*À mon cher Grand – père « Amar »*

*À ma chère grande –mère « Dahbia » que*

*Dieu la garde pour nous*

*À mes deux chères sœurs Chahar et Aya*

*À mes deux chers frères Massinissa et Amir.*

*À mes tantes Wiza, Thassadit et Nouara*

*À mes oncles Boualem, Kamel et Kamid*

*À ma chère amie : Sarah*

*À Mon mari : Rachid*

*À Mon cher binôme **Khadija***

*À toute ma famille et mes ami(e)s*

*À toute la promotion eau et environnement 2020*

*Yasmine*

## *Sommaire*

	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
	Introduction générale	1
<b>Chapitre I Généralité sur l'eau</b>		
<b>I.1.</b>	Répartition de l'eau sur la terre	3
<b>I.2</b>	Cycle de l'eau	3
<b>I.3.</b>	Différentes sources d'approvisionnement en eau	4
<b>I.3.1</b>	Sources d'approvisionnement conventionnelles	4
<b>I.3.1.1</b>	Eaux superficielles	4
<b>I.3.1.2</b>	Eaux souterraines	4
<b>I.3.2</b>	Ressources non conventionnelles	5
<b>I.3.2.1</b>	Eaux de mer	5
<b>I.3.2.2</b>	Eaux usées	5
<b>I.4</b>	Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	5
<b>Chapitre II La pollution du l'eau</b>		
<b>II.1</b>	Définition de la pollution de l'eau	7
<b>II.2</b>	Types de pollution	7
<b>II.2.1</b>	Pollution physique	7
<b>II.2.2</b>	Pollution chimique	7
<b>II.2.3</b>	Pollution biologique	8
<b>II.3</b>	Maladies d'origine hydrique	8
<b>II.3.1</b>	Maladies d'origine bactérienne	8
<b>II.3.1.1</b>	Fièvre typhoïdes et paratyphoïde	8
<b>II.3.1.2</b>	Choléra	9
<b>II.3.1.3</b>	Légionnaire	10
<b>II.3.1.4</b>	Gastroentérites aiguës et diarrhées	11
<b>II.3.2</b>	Maladies hydriques d'origine virale	12
<b>II.3.3</b>	Maladies d'origine parasitaire	13
<b>Chapitre III : les paramètres de la qualité de l'eau</b>		
<b>III.1</b>	Définition de l'eau potable	15
<b>III.2</b>	Paramètres globaux de la qualité des eaux	15
<b>III.2.1</b>	Caractères organoleptiques	15
<b>III.2.2</b>	Paramètres physico-chimiques	16
<b>III.2.3</b>	Caractéristiques bactériologie	23
<b>III.2.3.1</b>	Germes totaux	24
<b>III.2.3.2</b>	Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale	24
<b>III.2.3.3</b>	Coliformes totaux	24
<b>III.2.3.4</b>	Coliformes fécaux	25
<b>III.2.3.5</b>	Streptocoques fécaux	25
<b>III.2.3.6</b>	Clostridium sulfito-réducteurs	25
<b>III.2.3.7</b>	Bactéries pathogènes	26
<b>III.3</b>	Facteurs d'environnement affectants la survie des bactéries dans l'eau potable	26
<b>III.3.1</b>	Température	26

<b>III.3.2</b>	Potentiel d'hydrogène pH	26
<b>III.3.3</b>	Oxygène dissous	26
<b>Chapitre IV : Les étapes de traitement des eaux superficielles</b>		
<b>IV.1</b>	Définition du traitement	27
<b>IV.2</b>	Etapes de traitements des eaux de surface	27
<b>IV.3</b>	Fonctionnement de la station de traitement du barrage de Taksebt	29
<b>Chapitre V :Partie expérimentale</b>		
<b>IV.4</b>	Etapes de traitements de barrage de taksebt	30
<b>IV.4.1</b>	Dissipation, mélange et répartition Arrivée d'eau brute	30
<b>IV.4.2</b>	Décantation	32
<b>IV.4.3</b>	Filtration aquazure V	33
<b>IV.4.4</b>	Post-chloration :	33
<b>IV.4.5</b>	Etapes de traitement des boues	34
<b>IV.5</b>	Analyses bactériologiques :	34
<b>IV.5.1</b>	Méthodes d'échantillonnage	34
<b>IV.5.2</b>	Transport des échantillons	34
<b>IV.6</b>	Méthode d'Analyses	35
<b>IV.6.1</b>	Analyses physicochimiques	35
<b>IV.6.2</b>	Méthodes par filtration sur membrane :	35
<b>IV.6.3</b>	Méthode par incorporation	35
<b>IV.6.4</b>	Préparation de milieu de culture	35
<b>IV.7</b>	Milieus de cultures	36
<b>IV.8</b>	Préparation des dilutions décimales	36
<b>IV.8.1</b>	Dilutions	36
<b>IV.9</b>	Résultats et discussion	37
<b>IV.9.1</b>	Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée	37
<b>IV.9.2</b>	Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau du robinet	39
<b>IV.10</b>	Interprétation des résultats	39
<b>IV.10.1</b>	Coliformes totaux	40
<b>IV.10.2</b>	Coliformes fécaux	40
<b>IV.10.3</b>	Streptocoques fécaux	41
<b>IV.10.4</b>	Clostridium sulfito-reducteurs	41
<b>IV.10.5</b>	Germes totaux à 37°C	42
<b>IV.10.6</b>	Germes totaux à 22°C	43
	Conclusion générale	44

## *Liste des figures*

<b>La figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Répartition de l'eau sur la terre	<b>3</b>
<b>2</b>	Le phénomène de l'osmose et osmose inverse	<b>5</b>
<b>3</b>	L'incidence de la Fièvre Typhoïde en Algérie (2000-2011) (BAZIZ, 2008).	<b>9</b>
<b>4</b>	L'incidence du Cholera en Algérie (1981-2001) (NDIAYE, 2008).	<b>10</b>
<b>5</b>	L'incidence de Choléra dans le monde (N'DIAY, 2008).	<b>10</b>
<b>6</b>	L'incidence de dysenterie en Algérie (2000-2011) (BAZIZ, 2008).	<b>12</b>
<b>7</b>	L'incidence des Hépatites en Algérie (1985-2007).	<b>13</b>
<b>8</b>	Chaine de traitement (VALENTIN, 2000).	<b>27</b>
<b>9</b>	Ouvrage d'entrée	<b>32</b>
<b>10</b>	Les deux filières de décanteurs	<b>32</b>
<b>11</b>	Les deux filières de filtre a sable	<b>33</b>
<b>12</b>	Cuve de contact pour la poste chloration	<b>34</b>
<b>13</b>	Préparation des dilutions décimales (ED : eau distillée, d : taux de dilution)	<b>37</b>
<b>14</b>	Variation des coliformes fécaux 44°C en fonction du temps	<b>40</b>
<b>15</b>	Variation des streptocoques fécaux à 37°C en fonction du temps	<b>41</b>
<b>16</b>	Variation des sulfito-reducteurs a 37°C en fonction du temps	<b>41</b>
<b>17</b>	Variation des germes totaux à 37°C en fonction du temps	<b>42</b>
<b>18</b>	Variation des germes totaux à 22°C en fonction du temps	<b>43</b>

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Principales différences entre les eaux de surface et souterraine (DEGREMONT, 2005).	<b>6</b>
<b>2</b>	Infections d'origine parasitaire transmise par l'eau (REJSEK, 2002)	<b>14</b>
<b>3</b>	La qualité de l'eau en fonction de la dureté	<b>18</b>
<b>4</b>	Relation entre la résistivité de l'eau et la conductivité mesurée (REJSEK, 2002).	<b>18</b>
<b>5</b>	La potabilité en fonction des résidus secs (RODIER et al, 2009)	<b>19</b>
<b>6</b>	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (SAMAK ,2002)	<b>19</b>
<b>7</b>	Les paramètres indésirables de l'eau (VILAGINES, 2003).	<b>21</b>
<b>8</b>	Les espèces dominantes dans l'eau en fonction de Ph	<b>23</b>
<b>9</b>	Etapas et unités de traitement d'une eau de surface (DESJARDINS, 1997)	<b>27</b>
<b>10</b>	Récapitulatif des différentes analyses bactériologiques de l'eau brute	<b>37</b>
<b>11</b>	Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée de barrage de Taksebt	<b>38</b>
<b>12</b>	Résultats d'analyses bactériologiques de l'eau de robinet	<b>39</b>

## *Liste des abréviations*

<b>Abréviation</b>	<b>Significatif</b>
<b>Al</b>	Aluminium
<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	Sulfate d'alumine
<b>ASR</b>	Anaérobie sulfito-reducteurs
<b>CAP</b>	Charbon Actif en Poudre
<b>Cl<sub>2</sub></b>	Dichlore
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b><i>E.coli</i></b>	<i>Escherichia Coli.</i>
<b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Acide sulfureux
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfure d'hydrogène
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Acide sulfurique
<b>HAP</b>	hydrocarbure aromatiques polycyclique
<b>KCl.</b>	Chlorure de potassium
<b>KMnO<sub>4</sub></b>	Permanganate de potassium
<b>Kpa</b>	Kilo pascal
<b>Max</b>	Maximum
<b>MES</b>	Matière En Suspension
<b>Min</b>	Minimum
<b>Mn</b>	Magnésium
<b>Na Cl</b>	Chlorure de sodium
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniac
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ammonium
<b>O<sub>2</sub></b>	Dioxygène
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>Pb</b>	Plomb
<b>PCA</b>	Plate count agar
<b>PCB</b>	Polychlorobiphényle
<b>Ph</b>	Potentiel hydrogène
<b>RS</b>	Résidu sec
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Sulfate
<b>SP</b>	Spesies en anglais
<b>TA</b>	Titre Alcalimétrique simple
<b>TAC</b>	Titre Alcalimétrique Complet
<b>TDS</b>	Totale des solides dissous
<b>TH</b>	La dureté ou titre hydrotimétrique
<b>UFC</b>	Unité formant colonie
<b>VHA</b>	virus de l'hépatite A
<b>VHE</b>	le virus de l'hépatite E
<b>Zn</b>	Zinc



# *Introduction*

### *Introduction*

L'eau est un élément indispensable aux êtres vivants. Sans eau, il n'y aurait pas de vie sur terre. Elle constitue 70 % du poids du corporel humain. Elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels : la boisson, la préparation des repas, l'hygiène, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail, l'entretien de l'habitation, les loisirs, la fabrication dans l'industrie. Après avoir été captée, traitée, transportée, distribuée et puis consommée, l'eau est rendue à la nature via les réseaux d'assainissement vers les stations d'épuration. Après un parcours plus ou moins long, que l'on appelle le cycle de l'eau, nous pourrions la capter de nouveau pour satisfaire nos besoins (LIVRE BLEU, 2002). Une eau destinée à la consommation humaine est propre lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme d'être préjudiciable à la santé des individus (JOHN et DONALD, 2010).

Ces dernières années la qualité de l'eau ne cesse de se détériorer par l'activité anthropique généralement non contrôlés, ce qui a conduit à la mise en place des traitements de plus en plus puissants, dans un but de potabilisation en premier temps et secundo, facilité son épuration après usage afin de garantir les objectifs de qualité des milieux récepteurs (ROUABHIA *et al.*, 2004).

Le traitement de l'eau potable doit répondre aux objectifs de qualité à savoir l'hygiène, la sécurité, le confort et le plaisir. A cet effet, des examens physicochimiques et microbiologique dans le temps et dans l'espace permettraient de fournir des informations fiables quant à la potabilité de l'eau, c'est à dire sans risque d'ingestion d'éléments toxiques ou pathogènes, provenant généralement d'une contamination industrielle ou par, des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud (BROUILLET et QUELLET, 2013).

Parmi les nombreux micro-organismes qui peuplent les eaux de surface et souterraines, les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et les Clostridium sulfite-réducteurs sont les indicateurs les plus utiles pour estimer la contamination bactériennes (FEWTRELL *et al.* 2010).

C'est dans cette optique de prévention et de contrôle que s'inscrit notre travail qui consiste à l'analyse et le suivi bactériologique de l'eau brute, l'eau traitée et l'eau des réseaux de distribution provenant du barrage de Taksebt Tizi-Ouzou.

Pour mener à bien notre étude, nous l'avons organisé comme suit :

- *Le premier chapitre* est un rappelle sur l'eau d'une façon générale.

- *Le deuxième chapitre* est la pollution de l'eau.
- *Le troisième chapitre* est consacré aux paramètres de l'eau
- *Le quatrième chapitre* parle de la partie expérimentale.

Notons que pour réaliser ce travail, nous avons utilisé les résultats des camarades des précédentes promotions.

*Chapitre I*  
*Généralités sur l'eau*

## I. Généralités sur l'eau

### I.1. Répartition de l'eau sur la terre

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans les différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans. L'eau peut être présente sous forme gazeuse, liquide et solide. Selon DITTMAN (2009), le volume approximatif de l'eau de la Terre (toutes les réserves d'eau) est de 1,360 milliard km<sup>3</sup>. Ce volume est reparti comme suit :

- 1,320 milliard km<sup>3</sup> (97,2 %) se trouve dans les océans
- 25 millions km<sup>3</sup> (1,8 %) se trouve dans les glaciers et les calottes glaciaires.
- 13 millions km<sup>3</sup> (0,9 %) sont des eaux souterraines,
- 250 000 km<sup>3</sup> (0,02 %) sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers, et les fleuves,
- 13 000 km<sup>3</sup> (0,001 %) sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné.

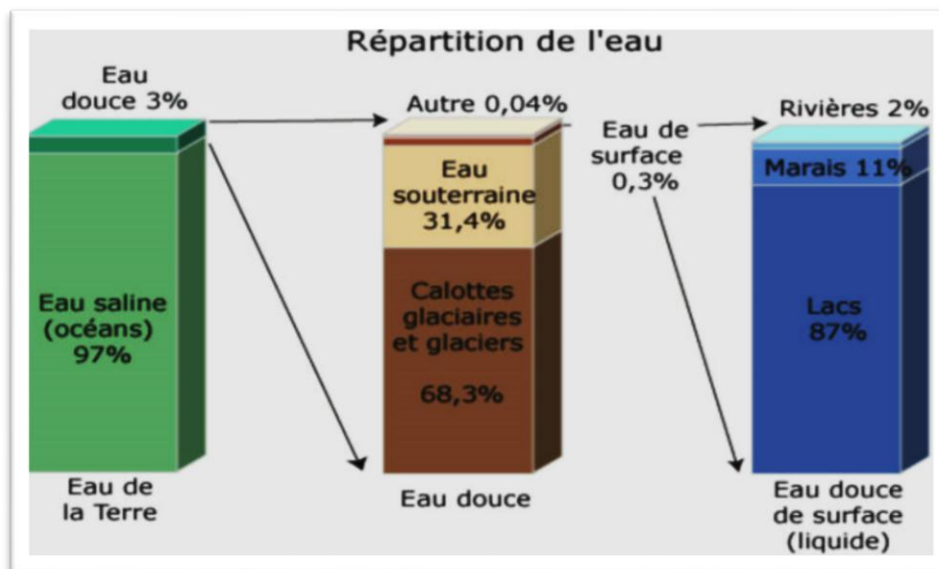


Figure 01 : Répartition de l'eau sur la terre

### I.2. Cycle de l'eau

Chacun sait que l'évaporation qui s'effectue au-dessus des océans, grâce à l'énergie solaire, conduit à la formation des nuages, lesquels, poussés par les vents, se résolvent en Pluie ou en neige à la faveur d'une variation de température, donnant lieu à ce que l'on appelle les précipitations atmosphériques.

Sur les continents, l'eau ainsi tombée a des destinées diverses ; une partie s'évapore, une autre ruisselle, une autre s'infiltre. Ces manifestations se produisent suivant des proportions

variables, ou interviennent la topographie, la constitution géologique du sol, le climat et la température, etc.

Finalement toutes les eaux retournent à la mer par un système d'hydrographie de surface ou souterraine plus ou moins complexe (DUPONT, 1981).

### **I.3. Différentes sources d'approvisionnement en eau**

#### **I.3.1. Ressources d'approvisionnement conventionnelles**

Elles comprennent les eaux superficielles et les eaux souterraines.

##### **I.3.1.1. Eaux superficielles**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages..). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (LOUNNAS, 2009).

##### **I.3.1.2. Eaux souterraines**

Les nappes souterraines sont contenues dans des terrains réservoirs appelés aquifères. La porosité et la structure du terrain déterminant le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre (ou phréatique si elle est suffisamment proche de la surface pour être accessible par puits). Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de pluie. Le niveau de cette nappe change en fonction de la quantité d'eau retenue. Une nappe peut être captive si elle est emprisonnée entre deux couches de terrains imperméables. Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement profondes ; elles sont dites artésiennes quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (DEGREMONT, 2005).

### I.3.2. Ressources non conventionnelles

#### I.3.2.1. Eaux de mer

Les eaux de mer sont une ressource d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Elles sont caractérisées par leur concentration en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/l (DESJARDINS, 1997). Le mode de potabilisation de ces ressources est l'osmose inverse dont le principe repose sur la formule suivante :

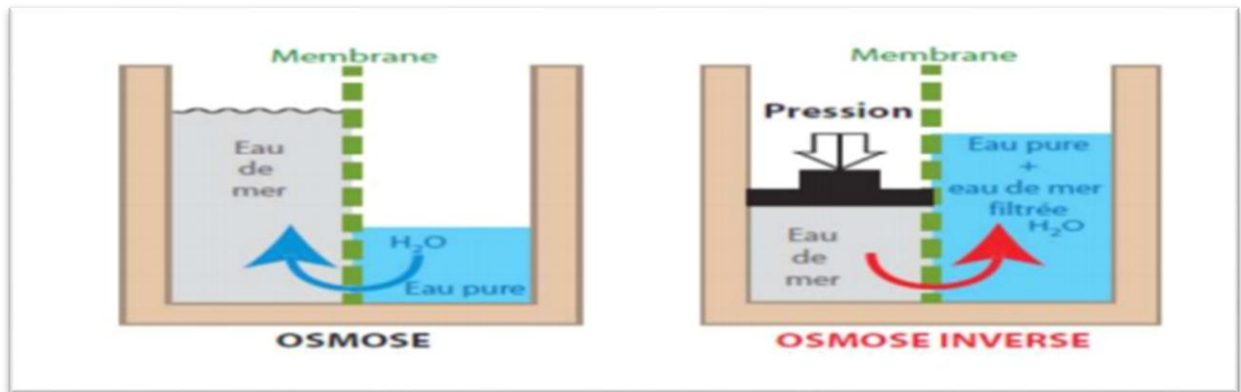


Figure 02 : Le phénomène de l'osmose et osmose inverse

#### I.3.2.2. Eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en diverses substances et parfois toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et avec leurs charges polluantes. Elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollutions et de nuisances (METAHRI, 2012).

Les eaux usées, une fois traitées, peuvent être réutilisées à différentes fins dans nombreux pays, en particulier dans les régions à stress hydrique. Cette pratique devrait se répandre à l'avenir particulièrement pour l'irrigation des cultures et en industrie (WITGE, 2009).

### I.4. Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines

Chacun de ces deux types d'eau présente des caractéristiques spécifiques qui le différencient de l'autre, c'est ce que l'on veut mettre en évidence à travers le tableau 1 qui récapitule l'ensemble de ces différences.

**Tableau 1** : Principales différences entre les eaux de surface et souterraine (DEGREMONT, 2005).

<b>Caractéristiques</b>	<b>Eau de surface</b>	<b>Eau souterraines</b>
<b>Température</b>	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
<b>Turbidité MES</b>	variable parfois élevé	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
<b>Couleur</b>	Liée aux MES en suspension (argile, algue,..) sauf pour les eaux acides et très douces	Due aux solides dissous ou due à une précipitation (Fe Mn)
<b>Minéralisation globale (salinité, TDS)</b>	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Sensiblement constante, plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fer et Mn en Solution</b>	Généralement absent, sauf à la profondeur des lacs et des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Présent
<b>CO<sub>2</sub> agressif</b>	Généralement absent Souvent	présent en grande Quantité
<b>O<sub>2</sub> dissout</b>	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées.	Absent la plupart du temps
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Généralement absent	Souvent présent
<b>NH<sub>4</sub></b>	Présent Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
<b>Nitrates</b>	Généralement faible	Teneur parfois important
<b>Silice</b>	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
<b>Micropolluants d'origine organique et minérale</b>	Présent dans l'eau des pays industrialisés, mais susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Généralement absents mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme
<b>Organismes Vivants</b>	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
<b>Solvants chlorés</b>	Rarement présent	Souvent présent (pollution des nappes)

***Chapitre II***  
***Pollution de l'eau***

## II. Pollution de l'eau

### II.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution est un changement défavorable des propriétés physique, chimique et biologique de l'eau et la rendant impropre à sa vocation initiale établi. Elle peut induire un effet toxique (MOHAMED, 2014).

### II.2. Types de pollution

Trois grandes familles caractérisent la pollution :

- Pollution physique
- Pollution chimique
- Pollution biologique

#### II.2.1. Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. Selon KALLE (1963), on distingue :

- **Pollution solide** : elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert ;
- **Pollution thermique** : causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants ;
- **Pollution radioactive** : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs.

#### II.2.2. Pollution chimique

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, etc.), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles(PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc. (KALLE, 1963).

### II.2.3. Pollution biologique

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine (PARLANTI et WÖRZ, 2000).

## II.3. Maladies d'origine hydrique

### II.3.1. Maladies d'origine bactérienne

#### II.3.1.1. Fièvre typhoïdes et paratyphoïde

Causée par salmonella typhi ; découverte et souvent distinguée sous le nom d'Ebthela thyphosa en 1880 par Ebarethella. En condition naturelle, ce microbe peut survivre pendant des jours et des mois, dans l'eau, sol et les fèces et dans la glace, il peut survivre pendant 5mois. La bactérie peut s'introduire dans l'organisme par voie orale. Sa multiplication peut s'effectuer dans le foie, vésicule biliaire, tractus biliaire et le duodénum. Après une période approximative de 2 semaine, le microorganisme évacuer avec l'urine ou les fèces. Les porteurs typhoïdiques peuvent diffuser les bactéries même après leur guérison (COURS Dr METAHRI, 2020).

La bactérie traverse sans léser la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques. Après incubation elle se répand dans la circulation sanguine ce qui conduit à une septicémie. Elle libère lors de son élimination une endotoxine neurotrope qui lèse le système abdominal provoquant des ulcérations. La toxine peut être également responsable de trouble plus généraux par atteintes du système nerveux central

Ces séptémies due au salmonelle sont caractérisées par la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, peut avoir des complication graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, callapus cardiovasculaire, atteinte hépatique, respiratoires, neurologique. Des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (ROLAND, 2003).

- **Evolution de la fièvre typhoïde** : Les typhoïdes touchent dans le monde 500000 personnes et provoquent 25000 morts par an particulièrement fréquentes dans les pays en voie de développement (N'DIAYE, 2008).

En Algérie, la situation épidémiologique de la fièvre typhoïde est nettement améliorée au cours de ces dernières années. Le taux d'incidence de la fièvre typhoïde est stable, il est passé de 0,62. en 2010 à 0,59 cas pour 100.000 habitants en 2011 (BAZIZ, 2008).

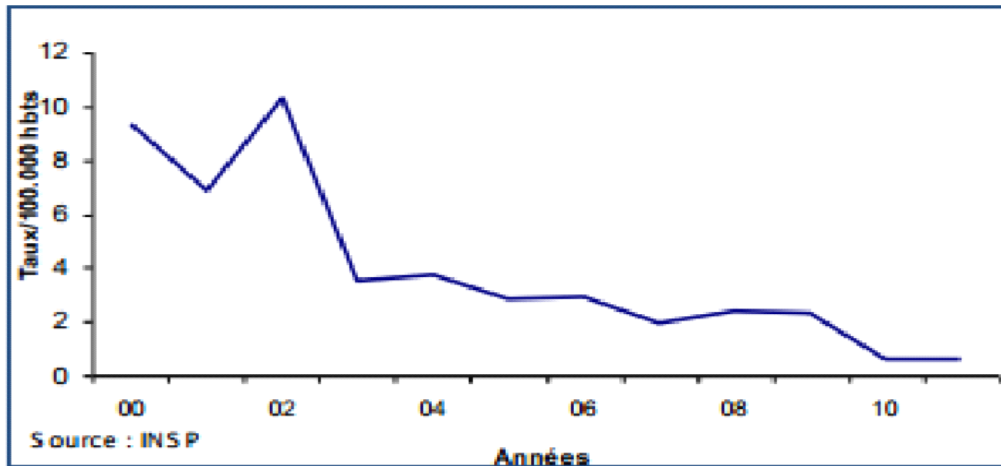


Figure 03 : L'incidence de la fièvre Typhoïde en Algérie (2000-2011) (BAZIZ, 2008)

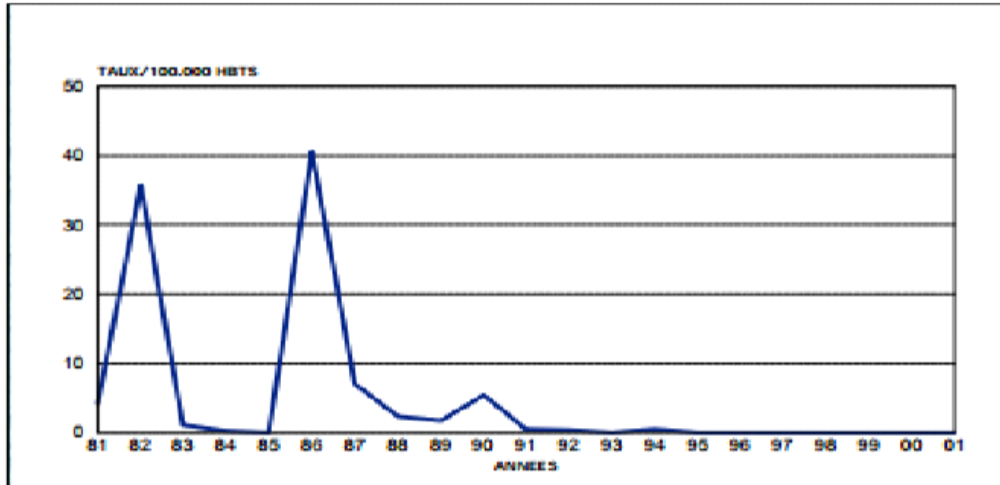
### II.3.1.2. Choléra

C'est une maladie à transmission orofécale due par *Vibrio cholerae* qui libère une exotoxine thermolabile et entraîne une hypersécrétion d'eau. Le volume d'eau éliminé peut atteindre 15 à 20 L par jour. La dose infectante est importante, de l'ordre de  $10^8$  bactéries (TOURAB, 2013).

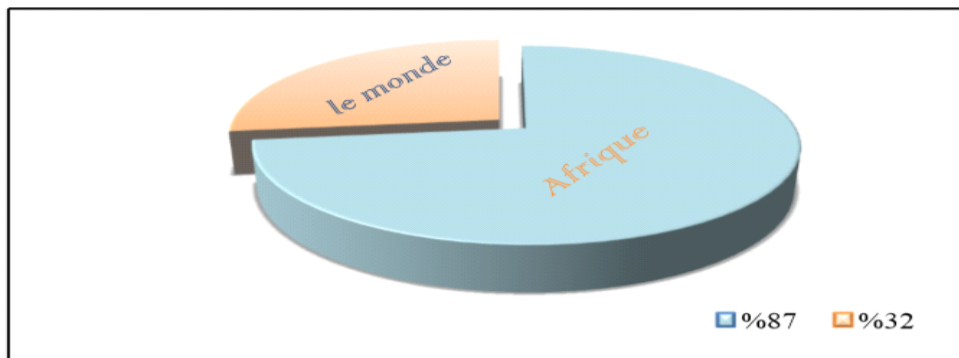
Le choléra est une maladie à incubation courte allant de quelques heures à 5 jours. Il se caractérise par une diarrhée profuse à grains riz formes, accompagnée de vomissement et de douleurs épigastriques, avec anurie et crampes musculaires. Son évolution est mortelle en absence de réhydratation et d'antibiothérapie. Compte tenu de sa transmission hydrique, la chloration des eaux de distribution publique s'avère être une nécessité et une importante sécurité. Ces mesures préventives se sont arrivées jusqu'à présent, particulièrement efficaces (ROLAND, 2003).

#### ➤ Evolution des épidémies de choléra en Algérie

En Algérie, ce pire est revenu. Le choléra, introduit en 1971 et constater 1332 cas et 110 décès, le pic choléra peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique national en 1986 (8000 cas clinique de choléra et 450 décès), le nombre de cas de cette maladie est à diminué sensiblement depuis le début des années 1990 (N'DIAYE, 2008).



**Figure 04 :** L'incidence du Cholera en Algérie (1981-2001) (N'DIAYE, 2008)



**Figure 05 :** L'incidence de Choléra dans le monde (N'DIAYE,2008)

### II.3.1.3. Légionnaire

L'agent causal de la maladie des légionnaires (légionellose) est légionnelles, cette maladie est caractérisée par une pneumonie aigue présentant un large spectre de signes clinique allant de la toux avec fièvre modérée jusqu'à la détresse respiratoire. Au début d'affection, les symptômes ne sont pas spécifiques : fièvre, myalgies, anorexie, céphalées. Dans 20% à 40% des cas, on observe des symptômes gastro-intestinaux. Les légionelloses extra pulmonaires sont rares. Elles peuvent être responsables de sinusites, pancréatites, péritonites et pyélonéphrites.

Le réservoir est principalement hydrique. Les sources de contamination incriminées lors d'épidémie sont les installations qui favorisent la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une température avoisinante 37°C suivie d'une aérosolisation (ROLAND, 2003).

#### II.3.1.4. Gastroentérites aiguës et diarrhées

➤ *Escherichia coli*

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau. Sont telles que ces bactéries ont été retenue comme germes -tests de contamination fécal de l'eau.

Bien qu'une fort nombreuse, ces bactéries ne sont guère pathogènes : 5 à 6% des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans le sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires (ROLAND, 2003).

➤ *Compylobacter jejuni*

Bien qu'étant l'une des causes le plus courantes de gastroentérites, cette bactérie a été reconnue comme agent d'infection gastro-intestinale. Les manifestations de l'infection vont de la forme asymptomatique a l'atteinte sévère avec fièvre, crampes abdominales, diarrhées durer plus qu'une semaine (ROLAND, 2003).

➤ *Yersinia Enterocolitica*

De nombreuse espèces animales constituent le réservoir de cette bactérie : porcs, lapins, mulots. Le lait, les coquillages, les crèmes glacées et les crudités (carottes salades, légumes) peuvent et ont conduit à des milliers d'infection. En ce qui concerne l'eau, sa transmission est oro-fécale. Elle provoque une entérocolite souvent sanglante qui régresse au bout d'une semaine. Des complications abdominales peuvent néanmoins survenir laissant penser parfois à une crise d'appendicites (ROLAND, 2003).

➤ *Salmonella sp.*

Il existe plusieurs centaines de salmonelles dont la classification a été modifiée de nombreuse fois et qui n'est pas toujours pas bien stabilisée. Leur transmission par voie hydrique est soro-fécale (ROLAND, 2003).

➤ *Shigella dysenriae*

Les dysenteries bacillaires sont dues à des bactéries de genre shigella et ne représente que de l'ordre de 0,7 % des gastroentérites de patients hospitalisés dont 80% sont des enfants de 1 à 15 ans. Elles sont caractérisées par un syndromes gastro-intestinal comportant des douleurs abdominales. Des expulsions de selles non fécales nombreuse de 4 à 20 par jour sanguinolents

et glaireuses. Elles s'accompagnent d'un amaigrissement et de la dégradation de l'état général (ROLAND, 2003).

### ➤ La situation épidémiologique du Shigellose

Pour les pays pauvres, la shigellose constitue un véritable défi de santé publique, c'est la plus meurtrière des maladies diarrhéiques : elle tue chaque année entre 700 000 et 1 million de personnes dans le monde.

En Algérie, la situation épidémiologique concernant les dysenteries s'est nettement améliorée avec une nette diminution du taux d'incidence passé de 1,57 en 2010 à 1,44 cas pour 100.000 habitants en 2011 (BAZIZ,2008).

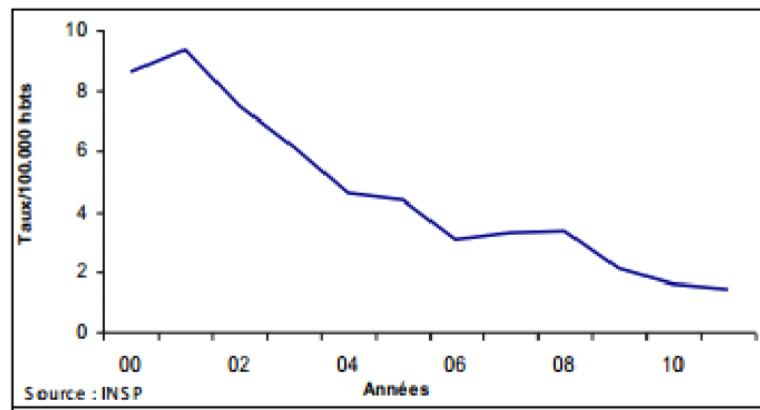


Figure 06 : L'incidence de dysenterie en Algérie (2000-2011) (BAZIZ, 2008)

### ➤ AEROMONAS

Bien que le genre *Aeromonas* soit peu cité pour ce qui concerne son association avec les gastroentérites. Dans sa forme légère la gastroentérite provoquée par les *Aéromonas* se présente comme une diarrhée aqueuse, très semblable à celle causé par de nombreux autres entéropathogènes et ce n'est que très rarement qu'elle présente un caractère cholériforme (ROLAND, 2003).

## II.3.2. Maladies hydriques d'origine virale

### ➤ Hépatites virales

Les deux principaux virus responsables d'hépatites virales aiguës sont le virus de l'hépatite A (VHA) et le virus de l'hépatite E (VHE). Tous deux sont transmis par voie oro-fécale et

peuvent provoquer de grandes épidémies. L'eau joue un rôle majeur dans leur transmission. Toutefois, ils correspondent à deux modèles épidémiologiques différents.

Les épidémies ne s'observent que dans les pays à niveau d'hygiène insuffisant et sont généralement liées à une contamination massive de l'eau. Elles se caractérisent par un taux de létalité élevée (ANONYME 2).

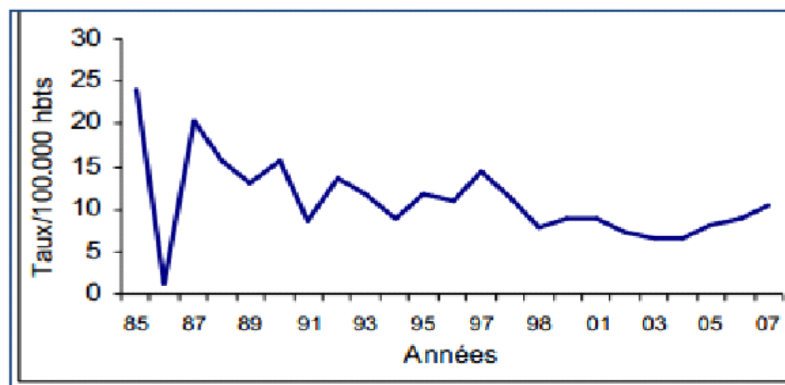


Figure 07 : L'incidence des Hépatites en Algérie (1985-2007) (ANONYME 2)

### ➤ Poliomyélite

La poliomyélite est une infection entérovirale due entérovirus poliovirus, la polio se diffuse par contact d'homme à homme, entrant généralement dans le corps par la bouche à cause de la contamination par des fèces de l'eau ou de la nourriture. La maladie est généralement mortelle si les cellules nerveuses du cerveau sont attaquées (poliomyélite bulbaire), entraînant une paralysie des muscles essentiels, tels que ceux contrôlant l'ingestion, les battements du cœur et la respiration (BAZIZ, 2008).

Les cas de polio ont diminué de plus de 99% depuis 1988. La réduction est le résultat d'un effort global pour éradiquer cette maladie (N'DIAYE, 2008).

L'Institut National de Santé Publique (I.N.S.P) estime un taux d'incidence de 5, 6% pour la poliomyélite parmi les MTH-2011. La wilaya de Tébessa constate 2 cas (BAZIZ, 2008).

### II.3.3. Maladies d'origine parasitaire

On distingue deux types différents d'organismes impliqués dans ces infections : les protozoaires et les helminthes (ROLAND, 2003).

**Tableau 2 :** Infections d'origine parasitaire transmise par l'eau (REJSEK, 2002)

<b>Type de l'organisme</b>	<b>Nom</b>	<b>Maladie</b>	<b>Type de contamination</b>
<b>Protozoaire</b>	<b>Amibe</b>	<b>Amibiase</b>	<b>Ingestion des kystes</b>
<b>Protozoaire</b>	<b>Cryptospridium parvum</b>	<b>Gastro-entérite</b>	<b>Ingestion</b>
<b>Protozoaire</b>	<b>Giardia lamblia intestinal</b>	<b>Gastro-entérite</b>	<b>Ingestion des kystes</b>
<b>Protozoaire</b>	<b>Plasmodium</b>	<b>Paludisme</b>	<b>Piqûre d'Anophèle</b>
<b>Protozoaire</b>	<b>Trypanosome</b>	<b>Maladie du sommeil</b>	<b>Piqûre par GLOSSINE</b>
<b>Helminthe</b>	<b>Anguillule</b>	<b>Anguillulose</b>	<b>Contacte ou ingestion</b>
<b>Helminthe</b>	<b>Ankylostoma doudinale</b>	<b>Ankylostomose</b>	<b>Contacte</b>
<b>Helminthe</b>	<b>Fasiola hepatica</b>	<b>Douve de foie</b>	<b>Ingestion</b>
<b>Helminthe</b>	<b>Filaire</b>	<b>Filariose</b>	<b>Ingestion</b>

# *Chapitre III*

## *Paramètres de qualité de l'eau*

### **III. Paramètres de qualité de l'eau**

#### **III.1. Définition de l'eau potable**

L'OMS (2004), définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et à des substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempte d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

#### **III.2. Paramètres globaux de la qualité des eaux**

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

##### **III.2.1. Caractères organoleptiques**

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipité etc.).

###### **➤ Couleur**

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER *et al.*, 2009).

###### **➤ Odeur et saveur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, le déceler (RODIER *et al.*, 2009).

###### **➤ Turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de

l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (RODIER *et al.*, 2009).

### III.2.2. Paramètres physico-chimiques

#### ➤ Température

Il est important de connaître la température de l'eau. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels, des gaz, la dissociation des sels dissous, la conductivité électrique et la détermination du pH. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau (RODIER *et al.*, 2009).

#### ➤ Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions  $H^+$ . Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Un pH inférieur à 5 ou supérieur à 9, réduit considérablement le nombre d'espèces végétales et animales (MEGHZILI, 2002).

#### ➤ Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène ( $H^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $HCO_3^-$ ), carbonate ( $CO_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $OH^-$ ). On distingue deux types d'alcalinité :

#### • Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Correspondant à la neutralisation de toutes les espèces carboniques présentes ( $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ), qui vire au rouge à Ph 4.4 en présence hélianthine :



$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] ;$$

Dans les eaux naturelles, le  $pH < 9$  d'où la concentration  $[OH^-] < 10^{-2} \text{ mmol/l}$  donc négligeable face à celle de  $[CO_3^{2-}]$  et des  $[HCO_3^-]$ .

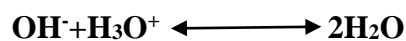
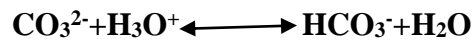
$$TAC = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

La  $[\text{HCO}_3^{2-}]$  initiale = TAC - 2TA

La TAC s'exprime en meq/l ou en degrés français (°F).

• **Titre Alcalimétrique simple (TA) (alcalinité composite)**

Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $\text{OH}^-$  et à la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3 (REJSEK, 2002)



TA c'est la quantité nécessaire pour 1 litre avec ces réactions ;

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}]$$

Dans les eaux naturelles ; pH inférieure à 9 d'où la concentration de  $\text{OH}^-$  inférieure à  $10^{-2}$  mmol/l donc négligeable face à la concentration  $\text{CO}_3^{2-}$  et donc

$$2\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}]$$

1° F = 0.2 meq/l et 1 meq de TA correspond à une mmole de  $\text{CO}_3^{2-}$  (COURS Dr METAHRI, 2020).

➤ **Dureté**

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau est une grandeur reliée à la somme des cations alcalino-terreux présent dans une eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Une eau est dite « dure » lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et  $\text{CaCO}_3$  et, par oppositionnelle est dite douce, lorsqu'elle contient peu de ces ions.

L'ensemble de ces paramètres s'exprime en degré français (°F), en milliéquivalent par litre ou  $\text{CaCO}_3$  mg/l, avec les correspondances suivantes (REJSEK, 2002).

$$1^\circ\text{F} = 4 \text{ mg/l de } \text{Ca}^{2+} = 2.5 \text{ mg/l de } \text{Mg}^{2+} = 10 \text{ mg/l de } \text{CaCO}_3$$

**Tableau 3** : la qualité de l'eau en fonction de la dureté

la dureté	la qualité de l'eau
<b>0&lt;TH&lt;10 °F</b>	Eau très douce
<b>10&lt; Th&lt;20 °F</b>	Eau douce
<b>20&lt;TH&lt;30 ° F</b>	Eau moyennement dure
<b>30&lt;TH&lt;40 ° F</b>	Eau dur
<b>TH&gt;40 °F</b>	Eau très dure

➤ **Conductivité électrique**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes ; La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement comme le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et Plus la conductivité mesurée est élevée. Elle est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente et proportionnelle à la minéralisation. La conductivité s'exprime en Siemens par mètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en Ohm par mètre (REJSEK, 2002).

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = 1000\ 000 / \text{Conductivité}$$

**Tableau 4** : Relation entre la résistivité de l'eau et la conductivité mesurée (REJSEK, 2002).

Types d'eau	Conductivités/cm	Résistivité
<b>Eau pure</b>	< 23	> 30000
<b>Eau douce peu minéralisé</b>	100 à 200	5000 à 1000
<b>Eau de minéralisation moyenne</b>	250 à 500	2000 à 40000
<b>Eau très minéralisé</b>	1000 à 2500	400 à 1000

La conductivité est une mesure simple permettant de vérifier l'efficacité et la stabilité d'un traitement de déminéralisation ou de minéralisation. Une conductivité élevée traduit, soit

un pH anormal, soit le plus souvent une salinité élevée, celle-ci pouvant être naturellement ou due à des rejets salins (RODIER *et al.*, 2009).

➤ **Résidu sec à 105 °C**

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût. Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :

$$(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) = 1/2 [\text{HCO}_3^-]$$

**Tableau05** : la potabilité en fonction des résidus secs (RODIER *et al.*, 2009)

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS <1000	Moyenne
3000 < RS < 4000	Mauvaise

➤ **Minéralisation globale**

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous est élevée, donne un goût salé, cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODIER *et al.*, 2009)

**Tableau 6** : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (SAMAK, 2002)

Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation d'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 400	Peu accentuée
Entre 400 et 600	Moyenne
Entre 600 et 1000	Importante
>1000	Excessive

## **Calcium**

Le calcium est l'un des éléments constitutifs majoritaires des roches carbonatées. C'est le composant majeur de la dureté de l'eau. Des concentrations en calcium de plus de 200mg/l diminuent les possibilités d'utilisation de l'eau (formation de dépôts calcaires) (COLLI, 2004). Le manque de calcium est l'une des principales causes de l'ostéoporose. Cependant, la consommation abusive de calcium (plus de 2,5 g/jours) sans avis médical peut conduire au développement des cailloux rénaux, et à des problèmes au niveau des vaisseaux sanguins (MAIGA, 2005).

## **Magnésium**

Est un élément indispensable à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (MAIGA, 2005). Des concentrations élevées en magnésium influence le goût de l'eau et présente un éventuel laxatif (SAMAK, 2002).

## **Sodium**

Dans les eaux naturelles, le sodium est essentiellement présent sous forme ionique. Sa concentration est très variable selon une région à l'autre. Le sodium est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme et il est également important pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Cependant, trop de sodium peut endommager les reins et augmenter les risques d'hypertension (ANONYME 1).

## **Potassium**

Le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le potassium joue un rôle important dans le système hydrique de l'homme et il intervient dans les fonctions nerveuses. Toutefois, quand les reins fonctionnent mal ; il y a une accumulation de potassium, ce qui peut entraîner une perturbation des battements du cœur (CHERY, 2006).

## Chlorure

Les  $\text{Cl}^-$  sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ . Les teneurs rencontrées dans les eaux naturelles sont généralement de 10 à 20 mg /l, mais peuvent atteindre des valeurs plus importantes en contact de certaines formations géologiques (POTELON et ZYSMAN, 1998).

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l et de la corrosion des métaux.

## Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites par exemple). Les eaux traitées au sulfate d'aluminium ajouté lors du traitement en mesurant la teneur en sulfates avant et après la coagulation, bien qu'une légère fraction d'ions  $\text{SO}_4^{2-}$  soit entraînée par adsorption avec le floc (LOUNNAS, 2009).

### ➤ Paramètre indésirable

**Tableau 7** : les paramètres indésirables de l'eau (VILAGINES, 2003).

Eléments Indésirables	Origines	Effets
Aluminium (Al)	Roches ; sols ; -industrielles : Métallurgie, alumine et Pétrochimique	Affection du cerveau de nature non inflammatoire

Fer (Fe) -	Naturelle : eaux souterraines et roches sédimentaires ; -lessivage des dépôts d'ordures	-coloration rouge et gout métallique, -odeur de poisson -obstruction des canalisations
------------	--	--

### ➤ Paramètres de pollution

#### Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux, et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. (POTELON et ZYSMAN, 1998).

#### Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Ils sont solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les effluents industriels, agricoles, urbains, et les produits des activités humaines élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surface et souterraines (POTELON et ZYSMAN, 1998).

#### Azote ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque, qui correspond aux formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) et non ionisé ( $\text{NH}_3$ ). Les concentrations de celui-ci sont très variables. Habituellement, les eaux profondes sont pauvres en ammonium ; cependant, celles issues de sols riches en substances humiques ou en fer sont susceptibles de présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l, mais, le plus souvent, cette présence résulte de rejets animaux

ou humains et c'est pourquoi, elle est considérée comme un signe de contamination d'une eau superficielle ou souterraine (REJSEK, 2002).

➤ **Eléments fondamentaux de l'eau**

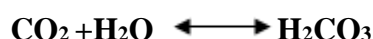
- Proton :  $H^+$  ou  $H_3O^+$
- Ion hydroxyde :  $OH^-$
- Carbonique libre :  $CO_2$  et  $H_2CO_3$
- Ion bicarbonate :  $HCO_3^-$
- Ion carbonate:  $CO_3^{2-}$
- Ion calcium:  $Ca^{2+}$ .

Ces paramètres sont liés entre eux par les relations suivantes

- ✓ Ionisation de l'eau



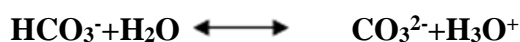
- ✓ Equilibre gaz carbonique-acide carbonique



- ✓ Dissociation de l'acide carbonique



- ✓ Equilibre bicarbonates-carbonates



- ✓ Le  $CO_2$  total correspond aux formes carboniques suivantes:  $H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$

- ✓ Le  $CO_2$  libre correspond à :  $H_2CO_3$

**Tableau 08** : les espèces dominantes dans l'eau en fonction de pH

Ph	Espèces dominantes
pH < 6.4	$H_2CO_3$
6.4 < pH < 8.41	$H_2CO_3$ et $HCO_3^-$
pH > 8.41	$CO_3^{2-}$

### III.2.3. Caractéristiques bactériologie

Généralement, toutes les ressources hydriques lacs, rivières, fleuves, aussi bien les nappes phréatiques un peu profondes, contiennent 3 type des germes : typiquement aquatique,

tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal) ; que ce soit le type du germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme (DEBABZA, 2005). En définitive, La majorité des micro-organismes proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de la pollution microbiologie nous oblige de faire un traitement de désinfection avant distribuer l'eau au publique (BELALA, 2006).

L'analyse microbiologique de l'eau destinée à la consommation est basée sur la recherche des "microorganismes indicateurs de contamination fécale". Ces indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel (MANCEUR *et al.*, 2016)

### **III.2.3.1. Germes totaux**

Sa recherche vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, le dénombrement des bactéries aérobies à 22°C et 37°C s'effectue dans La gélose glucosée à l'extrait de levure ou PCA. La charge mésophile totale n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais quand même peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux et tous produits alimentaires. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER, 2005).

### **III.2.3.2. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale**

Ces bactéries ont été choisies parce qu'elles sont présentes en grand nombre dans les selles des animaux à sang chaud qui sont des sources fréquentes de contamination assez grave, qu'elles sont détectables facilement. Trois indicateurs sont à noter : les Coliformes totaux, Coliformes fécaux, et les streptocoques fécaux (DAHEL, 2009).

### **III.2.3.3. Coliformes totaux**

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C, ils sont sensibles au chlore. Ils se répartissent en deux catégories :

- Les germes thermophiles ;
- Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène).

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (RODIER, 2005).

#### **III.2.3.4. Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles (DEBABZA, 2005).

Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E. coli* présumés qui correspondent à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44°C.

#### **Escherichia - Coli**

L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. Selon l'OMS (2004), n'énonce que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (MAIGA, 2005).

#### **III.2.3.5. Streptocoques fécaux**

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Il se répartissent en deux genres : Entérocoques et *Streptococcus*. Ce sont les streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field plus résistants à la désinfection, d'où ils présentent un intérêt en tant qu'indicateurs d'efficacité du traitement (RODIER, 2005).

#### **III.2.3.6. Clostridium sulfito-reducteurs**

Ce sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6µm de long et 1 à 2µm de large c'est des germes ubiquistes produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens*. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique (BAKER et GENTY, 1999).

L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection ; ne peut s'éliminer que par la filtration en cas de présence (HELENE, 2000).

### **III.2.3.7. Bactéries pathogènes**

Les bactéries pathogènes jouent le rôle de signal d'alarme. En fait, seules les Salmonella et les Shigella sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies. Ces dernières années cependant, une certaine importance a été attribuée aux Yersinia, Campylobacter, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Legionella pneumophila, Aeromonas hydrophila et Vibrio cholerae (MANCEUR *et al.*, 2016).

## **III.3. Facteurs d'environnement affectants la survie des bactéries dans l'eau potable**

### **III.3.1. Température**

La survie des bactéries diminue avec la température. En moyenne l'optimum de température de stockage avoisine les 15 à 20 °C, il y a aussi des microorganismes vivant à une température proche de 37 °C. Dans le cas particulier des bactéries thermophiles, l'optimum de survie est à environ 45°C (MICHEL *et al.*, 2000).

### **III.3.2. Potentiel d'hydrogène pH**

Le pH ou potentiel Hydrogène de l'eau mesure sa concentration en ion H<sup>+</sup>. Il traduit son caractère acide ou basique, Le pH de l'eau influe sur la vie des bactéries (acidophiles, neutrophiles et basophiles). L'eau potable doit avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 (normes OMS) (VINASSÉHO, 2007).

### **III.3.3. Oxygène dissous**

La solubilité de l'oxygène dissous est fonction de la température, de la pression de l'atmosphère et de la salinité, L'oxygène dissous est influencé par la présence de végétaux, les matières organiques, des organismes et des germes aérobies, etc. (VINASSÉHO, 2007).

***Chapitre IV***  
***Etapes de traitements***  
***de l'eau de surface***

## IV : Etapes de traitements

### IV.1. Définition du traitement

La production d'eau potable peut être définie comme la manipulation d'une source d'eau pour obtenir une qualité de l'eau qui satisfait à des buts spécifiés ou des normes érigées par la communauté au travers de ses agences régulatrices (HERNANDAISE, 2006).

### IV.2. Les étapes de traitements des eaux de surface

Les étapes de traitement sont représentées sur la figure 08 et le tableau 09 :

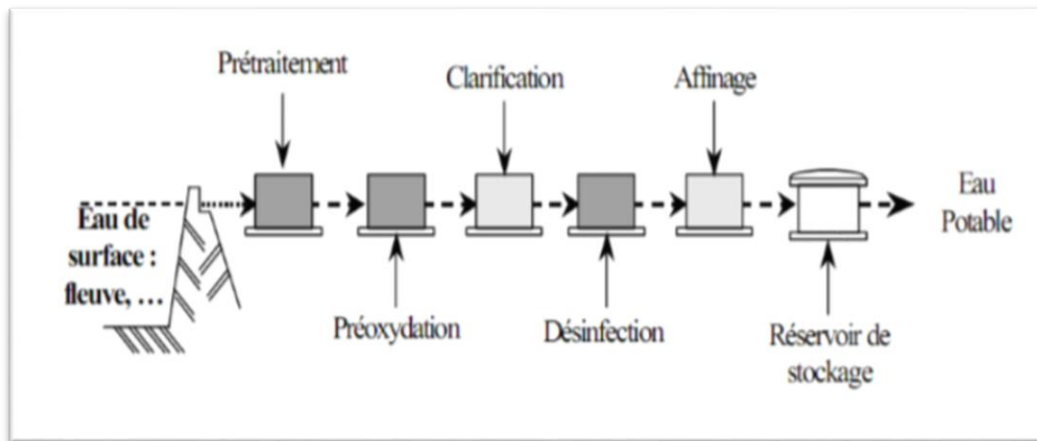


Figure 08 : Chaîne de traitement (VALENTIN, 2000)

Tableau 9 : étapes et unités de traitement d'une eau de surface (DESJARDINS, 1997)

Unité ou étape	Fonction	Commentaires
<b>Prise d'eau</b>	Relier la rivière ou le lac au puits d'eau brute Acheminer l'eau à l'usine de traitement	Aucun entrainement de la vase et des matières flottantes vers le puits d'eau brute
<b>Grillage</b>	Arrêter les impuretés grossières	Installé dans le puits d'eau brute Nettoyage manuelle ou mécanique
<b>Pompe à basse pression</b>	Refouler l'eau de puits d'eau brute jusqu'à la première unité de traitement	Capacité totale de ronflement = consommation quotidienne maximale Pression=135kpa

<b>Pré désinfection ou peroxydation</b>	Réduire la concentration de microorganismes Oxyder la matière organique	Ozone, dioxyde de chlore ou chlore
<b>Micro tamisage</b>	Arrêter les particules fines en suspension	Inutile en cas de coagulation, floculation décantation
<b>Coagulation</b>	Déstabiliser les particules en suspension Amorcer la formation d'un floc	Dans un mélangeur rapide
<b>Floculation</b>	Agglutiner les particules d'impuretés Augmenter les volumes des particules de floc	
<b>Décantation</b>	Eliminer les particules de floc	Liquide surnageant acheminé vers les filtres boues formée par les particules de floc évacué vers le réseau d'égouts
<b>Filtration</b>	Arrêter les petites particules de floc contenues dans l'effluent du décanteur	Dernière étape permettant de réduire la turbidité et la couleur
<b>Désinfection</b>	détruire les microorganismes nuisibles à la santé	Chlore, dioxyde de chlore ou ozone
<b>Fluoruration</b>	Ajouter des ions fluorure a l'eau traitée	Concentration optimale d'ion fluorure dans les eaux de consommation = 1.2mg/l
<b>Réservoir</b>	Conserver l'eau traitée jusqu'à son utilisation	
<b>Pompes à haute pression</b>	Refouler les eaux traitées vers les consommateurs	Capacité=consommation horaire maximale Pression=2600kpa

### ➤ Coagulation et la floculation

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1m en chute libre peut être de plusieurs années. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation (CLAUDE, 2002).

L'origine des colloïdes est très diverse. On peut citer l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la décomposition des matières organiques, le diversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles (CLAUDE, 2002).

➤ **Décantation-flottation**

Ces procédés sont des méthodes de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculations. Si la densité de ces floccs est supérieure à celle de l'eau, il y a décantation. L'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers les filtres à sable. Dans le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation est à appliquer (CLAUDE, 2002).

➤ **La filtration**

La filtration est un procédé permettant la séparation solide liquide au travers d'un milieu poreux (sable). Elle permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs (DESJARDAINS, 1990).

➤ **La désinfection**

C'est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes de l'eau. Il peut résister dans l'eau quelques germes banals car la désinfection n'est pas une stérilisation (CARDOT, 1999).

# *Chapitre V*

## *Partie expérimentale*

## V : Partie expérimentale

### V.1. Fonctionnement de la station de traitement du barrage de Taksebt

Le barrage de TAKSEBT est réalisé dans la région de l'Oued Aissi, affluent du Sébaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger. Il a été inauguré le 2002, pour alimenter en eau potable des wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger.

Parmi ses objectifs, l'augmentation de la qualité, la quantité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable des villes d'Alger et de Tizi-Ouzou, ainsi que le couloir Taksebt – Alger.

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m<sup>3</sup>/j basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m<sup>3</sup>/j. Cet approvisionnement se fait à partir du barrage après son passage à travers un système de dégrillage pour éliminer les objets volumineux puis pompé par 6 pompes dont deux servent de secours en cas de panne, et acheminé vers la station de traitement.

### V.2. Etapes de traitements de barrage de taksebt

L'eau brute arrivant à la station est traitée pour l'eau potable, notamment :

#### V.2.1. Dissipation, mélange et répartition (arrivée d'eau brute)

Ouvrage de tranquillisation et préchloration, mélange hydraulique des réactifs avec addition de permanganate, acide sulfurique, sulfate d'aluminium et charbon actif en poudre.

##### ➤ Chlore en pré-chloration Cl<sub>2</sub>

Utilisée pour limiter la présence d'organismes (algues, bactéries et plancton) susceptibles de proliférer dans les filières de traitement et les matières organiques. Cette opération oxyde une partie du fer et du manganèse. Le taux d'injection est déterminé par un test de "demande en Chlore".

##### ➤ Permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub>

Utilisé pour la précipitation du manganèse ou contrôler la charge biologique.

##### ➤ Charbon actif en poudre (CAP)

Sert à contrôler le goût et l'odeur de l'eau en comptant les micropolluants d'origine organique.

➤ **Sulfate d'alumine  $Al_2(SO_4)_3$**

Utilisé pour coaguler les matières en suspension colloïdales très fines afin de faciliter la clarification dans les décanteurs.

➤ **Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ )**

L'injection d'acide sulfurique permet d'ajuster le pH qui doit être proche de 6,4 à 7 pour optimiser la coagulation. Le taux d'injection de l'acide sulfurique est déterminé par un test appelé le " jars test".

Ces réactifs dosés en fonction des besoins déterminés par le débit et la qualité de l'eau brute. Ensuite, l'ouvrage de répartition permet de diriger le débit soit :

- a) Vers les décanteurs pulsatube, via les déversoirs de répartition, au niveau des quels le polymère est ajouté ;

**Décanteurs pulsatube**

A la sortie de la chambre de répartition, l'eau est acheminée dans les décanteurs dont le débit maximal théorique unitaire est de  $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ , correspondant à une vitesse ascensionnelle de  $7,55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ .

Le principe est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Une partie de MES décantées est conservée au fond de l'ouvrage, formant un lit de boue. La station a huit décanteurs destinés à clarifier l'eau. Ils délivrent une eau clarifiée dont la qualité doit répondre aux normes. L'eau clarifiée est évacuée par des orifices submergés (goulottes d'eau clarifiée) dans des rigoles de décantation. Les boues sont collectées dans des trémies et évacuées.

- b) Vers les flocculateurs et les filtres directement, via les canaux de by-pass des décanteurs  
Canal By-Pass (Parsl) et flocculateurs : le canal de By-Pass est utilisé lorsque la qualité de l'eau brute d'érigée depuis l'ouvrage de répartition ne nécessite pas l'utilisation de la décantation. Le débit est mesuré au passage dans un canal de mesure de type Parshall. L'injection de polymère s'effectue par une rampe avec deux points d'injection qui peut être isolée par une vanne manuelle.

L'eau est ensuite dirigée vers les flocculateurs rotatifs à barrière d'une vitesse périphérique ajustable de 0,25 à 1 m/s qui ont comme fonction le mélange de l'eau et le polymère pour multiplier la surface de contact.

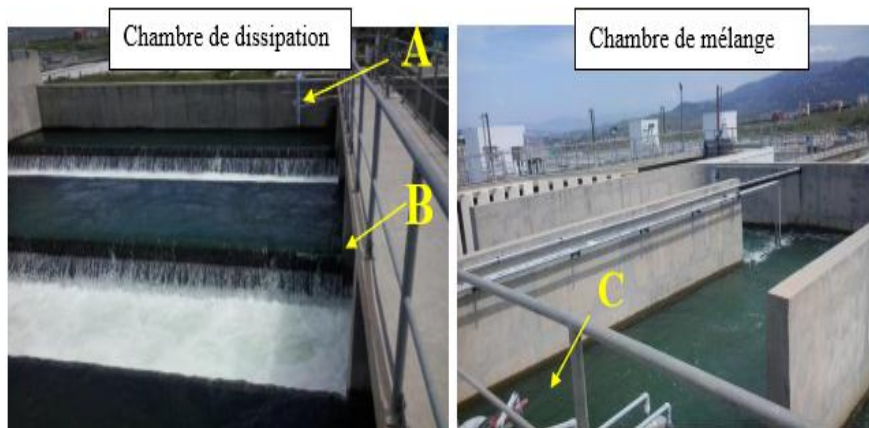


Figure 09 : Ouvrage d'entrée

- A : point d'injection du chlore pour la pré-chloration ;
- B : déversoir d'arrivée d'eau ;
- C : point d'injection du sulfate d'alumine.

### V.2.2. Décantation

Au niveau de la station, les décanteurs utilisés sont de type lamellaire. Ces derniers consistent à multiplier dans un même ouvrage les surfaces de séparation eau / boues en disposant dans la zone de décantation des faisceaux lamellaires parallèles et inclinés par rapport à l'horizontale de  $60^\circ$ . L'eau s'écoule de bas en haut et les solides s'accumulent sur la plaque inférieure et glissent jusqu'au fond du bassin de décantation.



Figure 10 : Les deux filières de décanteurs.

### V.2.3. Filtration aquazure V

Est réalisée par des filtres sous pression, constitués d'une seule couche de sable de silice fin de 1,20 m d'épaisseur et de granulométrie comprise entre 0,6 mm et 0,8 mm. L'eau venant des décanteurs ou flocculateurs est répartie depuis un déversoir qui permet l'équi-répartition des débits entre les filtres à sable en services de granulométrie homogène (type aquazure V), les filtres fonctionnent en alternance par groupe de 12. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable puis collectée par des buselures traversant la dalle planchée qui supporte les matériaux filtrants,

Le lavage des filtres se fait contre-courant en inversant le sens d'écoulement de l'eau c'est-à-dire de bas en haut en se servant de l'eau filtrée provenant du deuxième filtre.



**Figure 11** : Les deux filières de filtre à sable.

### V.2.4. Post-chloration :

Cette étape est réalisée par l'injection de 1,05 mg/l d'hypochlorite de sodium afin d'assurer un taux de chlore résiduel entre 0,2 à 0,6mg/l chez le dernier abonné. Le débit de refoulement de l'eau traitée est de 350 m<sup>3</sup>/heure.



**Figure 12** : Cuve de contact pour la post-chloration

### **V.2.5. Etapes de traitement des boues**

Les eaux de lavage des filtres sont d'abord concentrées dans les déssableurs avant d'être mélangées aux boues extraites des décanteurs. Les boues sont ensuite épaissies dans les épaisseurs avant d'être pompées dans la lagune de stockage de boue.

## **V.3. Analyses bactériologiques**

### **V.3.1. Méthodes d'échantillonnage**

Le prélèvement d'échantillons d'eau est une opération délicate : les échantillons doivent être uniformes, représentatifs et obtenus sans modifier les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau.

L'échantillon d'eau pour l'analyse microbiologique a été pris dans une bouteille en verre stérile. Lors de l'échantillonnage, celui-ci doit être effectué de la manière la plus stérile possible et le flacon doit être fermé immédiatement après son remplissage.

### **V.3.2. Transport des échantillons**

Toute analyse doit être effectuée le plus tôt possible car Les paramètres initiaux de l'eau peuvent changer pendant le transport. Comme la température. Les échantillons sont transportés à basse température dans une glacière isotherme pour ne pas affecter la flore bactérienne de l'eau.

## V.4. Méthode d'Analyses

### V.4.1. Analyses physicochimiques

Cette analyse détermine la qualité physico-chimique de l'eau et pour comparer nos résultats à ceux des normes et de la littérature. Les paramètres étudiés sont

La température et le pH :

- Utilisez le thermomètre de type "HANNA HI 9812" pour déterminer la température, qui est équipé d'une électrode combinée qui a été étalonnée avant chaque opération. La température exprimée en degrés Celsius (°C) se lit directement sur le cadran du thermomètre (KASSIM, 2005).
- Un pH-mètre "HANNA HI 9812" équipé d'une électrode combinée selon la norme AFNOR. La méthode consiste à immerger l'électrode dans l'échantillon dans le bécher et à lire la valeur directement après avoir stabilisé l'affichage sur l'échelle du pH-mètre (KASSIM, 2005)

### V.4.2. Méthodes par filtration sur membrane

On procède à la filtration sur un dispositif de filtration de 100 ml d'eau avec membrane, puis la membrane est mise en culture sur une gélose nutritive (figure), avant d'être incubée pour une durée déterminée et à température idéale suivant les germes.

Cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer, à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries recherchées dans un échantillon ;(les entérocoques intestinaux, les coliformes, E. coli et les ASR). L'utilisation de cette méthode nécessite plusieurs réactifs spécifiques et matériels.

### V.4.3. Méthode par incorporation

Combiner 1 ml d'échantillons d'eau dans des boîtes, ajouter 15 à 20 ml d'agar fondu, mélanger et solidifier. Après incubation pendant un certain temps, compter les colonies en fonction des bactéries à la température idéale.

Cette méthode est utilisée pour l'ensemencement des germes revivifiables. L'utilisation de cette méthode nécessite plusieurs réactifs spécifiques et matériels.

### V.4.4. Préparation de milieu de culture

Utiliser un bain marie à une température de 100 °C pour faire fondre la gélose stérile, une fois fondue, maintenir le milieu à 45°C jusqu'à l'utilisation et réactifs

### V.5. Milieux de cultures

Milieux de cultures utilisés pour la recherche et dénombrement des microorganismes revivifiants à 22°C et à 37°C - Gélose PCA.

- Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et d'Escherichia coli - Gélose Tergitol. - Bouillon au Tryptophane. - Réactif de Kovacs. - Disques d'oxydase.
- Milieux de cultures utilisés pour la recherche et le dénombrement des Entérocoques intestinaux - Gélose de Slanetz et Bartley - Gélose Bile Esculine Azoture (B. E.A)
- Milieux de cultures et additifs utilisés pour la recherche et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies Sulfite-Réductrices « Clostridia » - Gélose base Viande-Foie. - Additif Alun de Fer. - Additif Sulfite de Sodium.
- Milieux de cultures et additifs utilisés pour la recherche et le dénombrement des Staphylocoques

- Gélose Chapman au mannitol. - Peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. - Bouillon B.H.I.B. - Plasma Humain.

### V.6. Préparation des dilutions décimales

Conformément aux normes AFNOR NF VO8-010 et ISO 6887-1, des dilutions décimales successives sont préparées pour chaque échantillon à l'aide d'eau distillée stérile.

Elles sont effectuées dans des conditions aseptiques et minutieuses. Les dilutions suivent des séries logarithmiques dont les termes sont en progression géométriques : 0.1 ; 0.01; 0.001 ; etc. ...

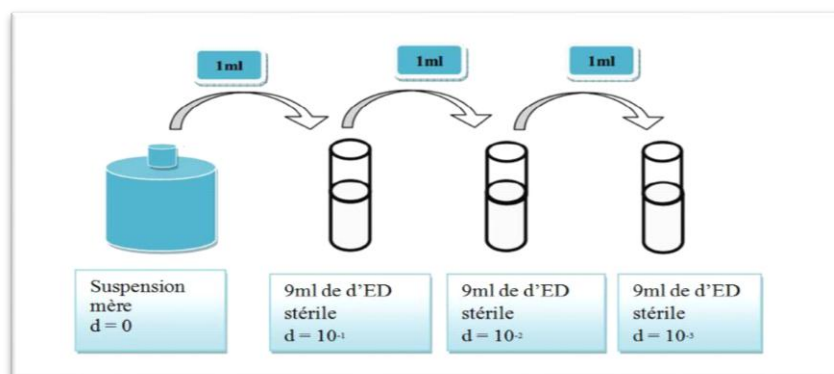
#### V.6.1. Dilutions

-Dilution 10<sup>0</sup> : Consiste à la prise directe de la solution mère.

- Dilution 10<sup>-1</sup> : Dans un tube à essai contenant 9ml d'eau distillée stérile, on ajoute 1ml d'eau à analyser (10<sup>0</sup>).

- Dilution 10<sup>-2</sup> : Dans un deuxième tube à essai, on ajoute 1ml de la dilution 10<sup>-1</sup> à 9ml d'eau distillée stérile.

- Dilution 10<sup>-3</sup> : Dans un troisième tube à essai, on ajoute 1ml de la dilution 10<sup>-2</sup> à 9ml d'eau distillée stérile.



**Figure 13** : Préparation des dilutions décimales (ED : eau distillée, d : taux de dilution)

## V.7. Résultats et discussion

Les principaux résultats utilisés dans cette partie expérimentale sont tirés d'une étude réalisée par des camarades de la promotion 2018 (SAADI *et* MECHACHE, 2018) dont le stage pratique réalisé au niveau de cette station à partir du 25 mai jusqu'au 25 juin.

Les résultats sont illustrés dans le tableau 10.

**Tableau 10** : récapitulatif des différentes analyses bactériologiques de l'eau brute

DATE	BIOLOGIE							
	COLI TOT A37° UFC/ml	COLI FEC 44° ufc/ml	Sulfreducteur Ufc/ml	Sulfito- reducteur	Germe totaux 22°ufc/ml	Germe totaux 37°ufc/ml	Chlorophylle Ug/l	Alguescell/ml
29/05/2018	<300	3	0	4	0	4	–	–
05/06/2018	<300	10	0	8	102	30	–	–
12/06/2018	<300	1	0	6	44	60	–	–
19/06/2018	<300	0	0	9	115	140	–	–
MIN	0	0	0	4	0	4	0	0
MAX	0	10	0	8	115	140	0	0
Moy	0	3.50	0	6	65	59	0	0

### V.7.1. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée

Après tout le processus de traitement sur le site, l'eau devient potable et peut être distribuée. Le tableau suivant présente les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau après un mois de traitement

**Tableau 11** : résultats des paramètres bactériologiques de l'eau traitée de barrage Taksebt

Date	Biologie							
	Coli tot 37°C UFC/100 ml	Coli fec 44°C UFC/100 ml	Strept f 37°Cufc/100 ml	Germe totaux 22°Cufc/100 ml	Germes totaux 37°Cufc/100 ml	Sulf réducteur 37°Cufc/100 ml	Chlorophyle µg/l	Algue CELL/ml
25/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
26/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
27/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
28/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
29/05/2018	0	0	0	0	0	0	-	-
30/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
31/05/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
01/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
02/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
03/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
04/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
05/06/2018	0	0	0	0	0	0	-	-
06/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
07/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
08/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
09/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
10/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
11/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
12/06/2018	0	0	0	0	0	0	-	-
13/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
14/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
15/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
16/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
17/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
18/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
19/06/2018	0	0	0	0	0	0	-	-

20/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
21/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
22/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
23/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-
24/06/2018	0	0	0	-	-	-	-	-

### V.7.2. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau du robinet

Afin d'évaluer la qualité bactériologique de la distribution d'eau du barrage de Taksebt, ils ont réalisé des analyses complémentaires dans le laboratoire de traitement des eaux de l'Université Mouloud Mammeri à Tizi-Ouzou. Les échantillons d'eau ont été prélevés directement du robinet du laboratoire « traitements des eaux » de l'Université (au niveau de BASTOS) ; sachant que les eaux traitées du barrage de Taksebt alimentent les réseaux de distribution d'eau de l'université. Les analyses obtenues ont été réalisées par la méthode de recherche en milieu liquide. Le résultat du test montre le résultat indiqué dans le tableau suivant :

**Tableau 12 :** Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau du robinet

Biologie Date	La flore saprophyte pathogène UFC/100ml	Coliformes fécaux UFC/100ml	Clostridium sulfito-réducteurs UFC/100ml
08/04/2018	0	0	0
09/04/2018	0	0	0
10/04/2018	0	0	0
Min	0	0	0
Max	0	0	0
Moy	0.00	0.00	0.00

### V.8. Interprétation des résultats

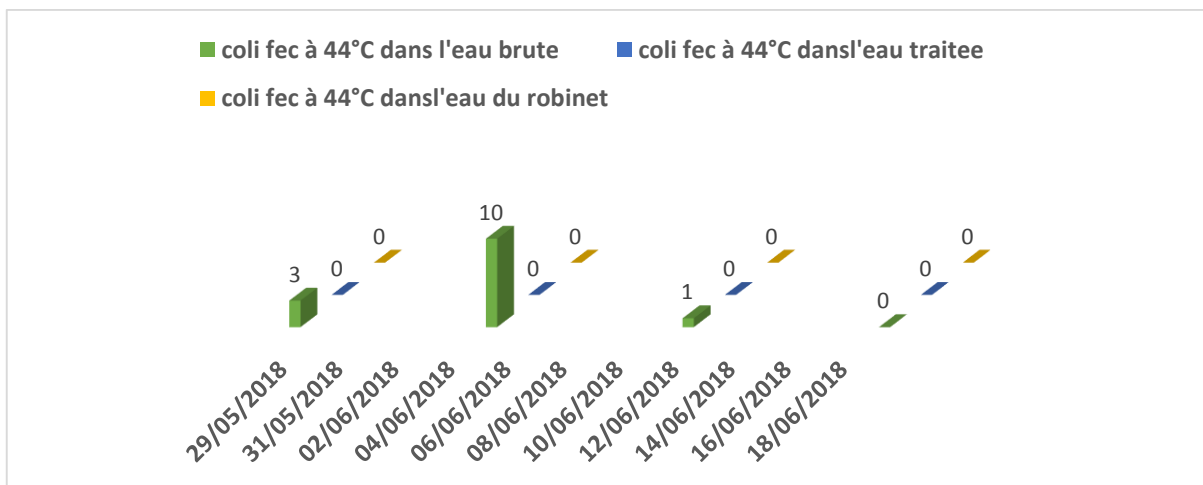
En comparant les résultats donnés dans les trois tableaux, par rapport à l'eau brute, les paramètres bactériologiques de l'eau traitée et de l'eau du robinet ont des changements évidents. Cela prouve que le traitement de l'eau dans la station Taksebt est efficace et contrôlable.

### V.8.1. Les coliformes totaux

Pour l'analyse réalisée de l'eau avant traitements ou les eaux d'entrées, le nombre total de coliformes est inférieur à 300 UFC / 100 ml, alors que, après traitement, nous constaté une absence totale.

La présence de coliformes totaux dans le réseau de distribution d'eau potable est due à la multiplication des bactéries (formation de biofilms sur les parois des conduites d'eau potable), notamment lorsque la concentration en chlore libre est faible (LEE *et al.*, 2006).

### V.8.2. Les coliformes fécaux



**Figure 14** : Variation des coliformes fécaux 44°C en fonction du temps

Pour les eaux brutes, la charge bactérienne varie de manière très importante entre la fin de mois de mai et le mois de juin. La charge bactérienne la plus élevée est enregistrée au début de mois de juin (10UFC/ 100 ml) et la plus basses est notées au 12/06/2018 (1UFC/100 ml).

Le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée et l'eau de robinet est nul autrement dit ne dépasse pas les normes de potabilité de l'OMS et même les normes algériennes qui fixent des concentrations maximales admissibles de (00 UFC/100) ml ce qui explique la bonne acceptabilité pour la consommation.

V.8.3. Streptocoques fécaux

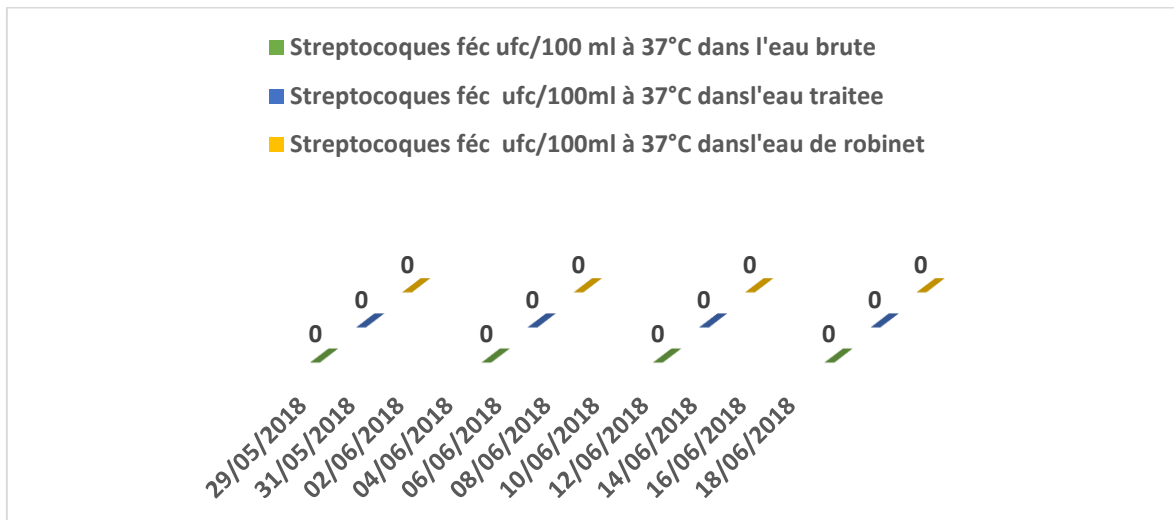


Figure 15 : Variation des streptocoques fécaux à 37°C en fonction du temps

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux à sang chaud (RODIER *et Al*, 2009).

La recherche des Streptocoques fécaux au niveau de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt et au niveau du laboratoire de l'université nous a permis de constater une absence totale de ces bactéries.

Les streptocoques fécaux au niveau de cette station répondent aux normes de l'Organisation mondiale de la santé.

V.8.4. Clostridium sulfito-réducteurs

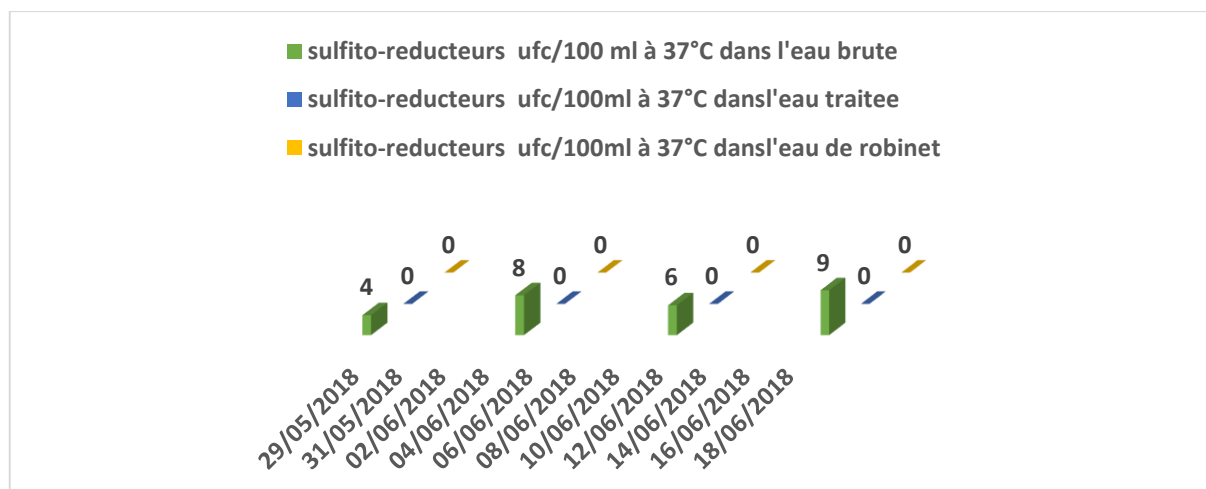
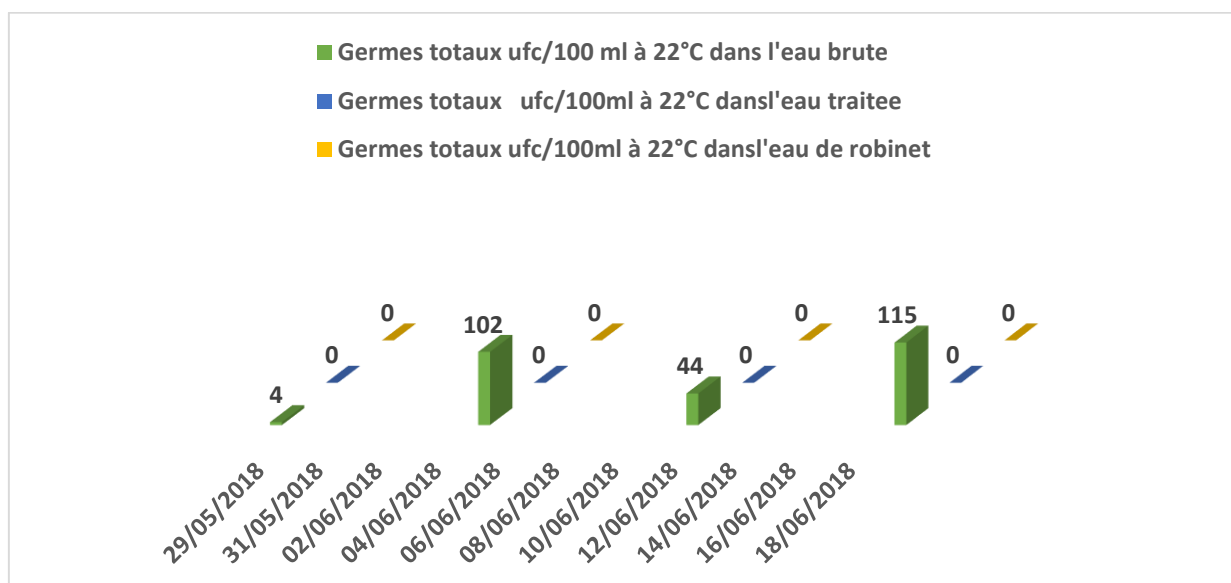


Figure 16 : Variation des sulfito-réducteurs à 37°C en fonction du temps

Les anaérobies *sulfito-réducteurs* sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (GEORGES et PIERRE, 2002).

La recherche des anaérobies sulfito-réducteurs au niveau de la station de traitement des eaux du barrage de Taksebt avant le traitement nous a permis de constater une variation des teneurs de ces dernières entre 4 UFC/100 ml à 9 UFC/100 ml et une absence totale dans les eaux traitées et de robinet.

#### V.8.5. Germes totaux à 37°C



**Figure 17** : Variation des germes totaux à 37°C en fonction du temps

La numération bactérienne totale de l'eau du barrage TAKSEBT à 37 °C montre que dans l'eau brute la teneur minimale est de 4 UFC / 100 ml et la maximale est de 140 UFC / 100 ml. Une absence totale pour l'eau traitée et de robinet.

Le nombre total de bactéries dans les échantillons étudiés à 37 °C est inférieur au nombre requis par la norme de l'OMS, ce qui peut s'expliquer par l'absence de pollution majeure provenant de sources domestiques ou industrielles.

## V.8.6. Germes totaux à 22°C

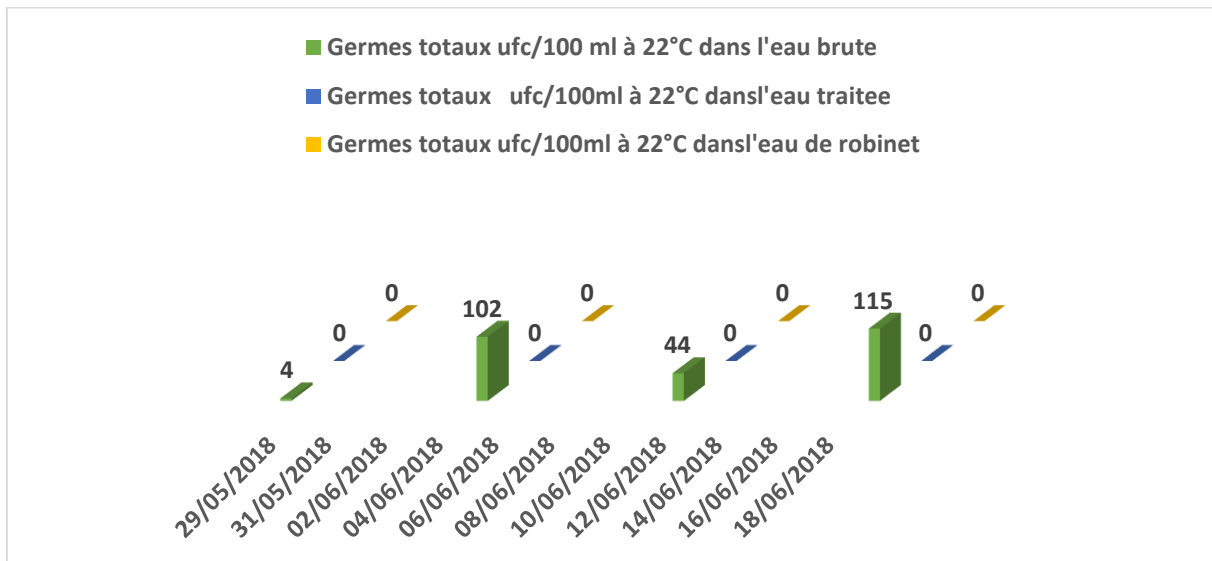


Figure 18 : Variation des germes totaux à 22°C en fonction du temps

Les résultats de dénombrements des germes totaux à 22°C sont présentés dans la figure montre que pour les eaux brutes ; les résultats varie entre (0 UFC/100 ml) a (115UFC/100ml), tandis qu'une absence totale pour les eaux traitées el de robinet.

***Conclusion***

### *Conclusion*

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau destiné à la consommation humaine traitée au niveau de l'usine de potabilisation du barrage de taksebt. Le choix de notre étude a été porté sur le barrage de taksebt puisqu'il représente le principal ouvrage hydraulique fournissant de l'eau potable pour une bonne partie de la population de Tizi-Ouzou, Alger et Boumerdes.

Les résultats relatifs aux dénombrements bactériologiques ont permis de montrer que le degré de pollution bactériologique sur les eaux brutes est très variable dans le temps. L'examen analytique de l'eau brute du barrage de taksebt présente une eau de qualité bactériologique acceptable, En effet les résultats d'analyse indiquent que l'eau renferme certaines bactéries mais reste toujours inférieure aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Bien que nous avons constaté que les eaux après le traitement présentent une qualité bactériologie irréprochable car, les résultats d'analyses sont conformes aux normes algériennes ainsi que les directives de l'OMS pour les eaux de consommations.

L'eau analysée à la sortie de la station de traitement TAKSEBT et dans le réservoir de Hasnaoua II est aussi de bonne qualité bactériologique. Sur le plan organoleptique, les trois wilayas sont alimentées par une eau inodore, incolore et agréable à boire et qui répond aux normes démontrant ainsi l'efficacité des différentes étapes de potabilisation appliquées au niveau de cette station.

Au final, nous dirons que la disponibilité et la distribution d'une eau potable aux consommateurs répondant au condition d'hygiènes, sécurité, confort et plaisir, sont la résultante logique d'efforts consentis, au niveau du contrôle permanent de la qualité et de la surveillance rigoureuse à tous les stades en allant du captage jusqu'aux robinets des consommateurs. Il faut donc en prendre soin et arrêter d'en gaspiller !

***Références  
bibliographiques***

### *Références bibliographiques*

- ❖ **ABDESSAMAD D. (2005)**. L'eau matière stratégique et enjeu de sécurité au 21ème siècle Université Paris 10.
- ❖ **ANONYME 1. (2004)**. Effets du Potassium et du Sodium sur la Santé. Disponible sur Internet : [www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr) Edition Studyrama Perspectives.
- ❖ **ANONYME 2. (2000)**. Recherche et Gestion des savoirs RGS/AGC/SS, Revue de presse thématique n° 27 : Les maladies hydriques, p : 9. anthropogenic inputs. Organic geochemistry. Atmosphäre vorhandenen himmelblauen Fluoreszenz. Deutsche Hydrografische Zeitschrift.
- ❖ **BAKER A, GENTY D. (1999)**. Fluorescence wavelength and intensity variations of cave waters.
- ❖ **BELALA (2006)**. Mémoire de Magister, Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la wilaya de Bechare par filtration sur sable, Université Hassiba Benbouali des sciences et sciences de l'Ingénieur, Bechare (Algérie), p :128.
- ❖ **BERNARD C. (2007)**. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Edition Biblio bazaar.
- ❖ **BROUILLET. J, PICOT.B. (2008)**. Eco techniques d'assainissement des eaux usées domestiques évolution et perspectives, UMR 5569 hydroxiences \_ UMI faculté de pharmacie, BP 14491 34093 MONTPELLIER cédex5. France. P : 07.
- ❖ **CARDOT C. (1999)**. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Procédés physico chimique et biologique, cours et problèmes résolus. Ed. Ellipse
- ❖ **CHERY L. (2006)**. Qualité Naturelle des Eaux Souterraines : Méthodes de Caractérisation des Etats de Référence des Aquifères Français. Edition BRGM, Orléans, France.
- ❖ **CLAUDE C. (2002)**. Les traitements de l'eau
- ❖ **DAHEL Z. (2009)** Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2009, p : 69
- ❖ **DEBABZA. (2005)** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique
- ❖ **DEGREMONT. (2005)**. Memento Technique de l'eau, 10eme édition Lavoisier, Tome I, Paris.

Des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des

- ❖ **DESJARDINS R. (1990).** Le traitement de l'eau 2eme Ed. École polytechnique de Montréal.
- ❖ **DESJARDINS R. (1997).** Le traitement des eaux deuxième Edition de l'école polytechnique de Montréal.
- ❖ **Dittman M. (2009).** L'eau introduction.
- ❖ **FEWTRELL. L, SMITH K, KAY. D. (2010).** Assessment of infection risks due to urban flooding. In: G. Pender & H. Faulkner, eds. Flood risk science and management. New York: Wiley-Blackwell, , 429– 441.
- ❖ **HELENE. (2000).** Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc-Roussillon(France), p : 81 Journal of Hydrology. 1999; 217:19–34.
- ❖ **JOHN. P, DONALD. A. (2010).** Microbiologie, 3ème Édition
- ❖ **Kalle K. (1963).** Über das Verhalten und die Herkunft der in den Gewässern und in der
- ❖ **Livre Bleu. (2002).** Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées. 2em édition. Belgique. BELGAQUA.
- ❖ **LOUNNAS A. (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de Skikda. Thèse de Magister, Université de Skikda.
- ❖ **MAIGA A.S. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière. Thèse de doctorat, Université de Bamako, Mali
- ❖ **MAIGA. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali p77.
- ❖ **MANCEUR et DJABELLAH. (2016).** Mémoire de Master, Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa Université Larbi Tébessi – Tébessa p12.chare (Algérie), 2006, p :128.
- ❖ **MEGHZILI B. (2002).** Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamadi- Krouma (Skikda). Essais d'optimisation. Thèse de magister Université de Biskra.
- ❖ **METAHRI M.S. (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP Est de

- la ville TO, thèse de doctorat, option génie des procédés, département d'agronomie, UMMTO, Algérie.
- ❖ **MICHEL P., DEANDRADE LIMA J. R. P., BRIGAS-POULIN P., RAVEL A., (2000).** Développement d'indices agro-écologiques pour évaluer la pression hygiénique de la production animale dans les régions rurales du Québec. Université de Montréal. 85 p. microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie), 2005.
  - ❖ **MOHAMED B.A.R. (2014).** Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Thèse de magister en Ecologie et Environnement.
  - ❖ **NTEMBUE C. (2013).** Mémoire de Licence en Santé publique, La problématique de l'approvisionnement en eau et son impact sur les maladies d'origine hydrique dans la ville de Mwene-Ditu en RDC, Université Morave de Mwene-Ditu RDC, p : 75
  - ❖ **PARLANTI E., WÖRZ K., GEOFFROY L. (2000).** Dissolved organic matter fluorescence spectroscopy as a tool to estimate biological activity in a coastal zone submitted to anthropogenic inputs. *Organic geochemistry* ; 31 :1765–1781.
  - ❖ **POTELON, J et ZYSMAN, K. (1998).** Le guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre du Cadre Territoria
  - ❖ **REJSEK F. (2002).** ANALYSE DES EAUX ; Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617-420-8 ; (M.96).
  - ❖ **RODIER J. (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8emeédition: Dunod, Paris
  - ❖ **ROLAND V. (2003).** Eau, environnement et santé publique.2eme édition, université rené-Descartes-paris
  - ❖ **ROUABHIA. (2004).** Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El MA EL Abiod (Algérie) sécheresse.
  - ❖ **SAMAK H. (2002).** Thèse analyse physico-chimiques et bactériologiques au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.spectroscopy as a tool to estimate biological activity in a coastal zone submitted.
  - ❖ **VINASSÉHO O.A. (2007).** Problématique de l'eau et de l'assainissement en milieu scolaire en République du Bénin : cas de la ville de Porto Novo, Université d'AbomeyCalavi.

*Annexes*

## Annexe 1 : Normes OMS pour les eaux de surfaces OMS 2011

Bactéries	Normes
Coliforme totaux	5000 UFC/100 ml.
Coliforme fécaux	2000 UFC/100 ml.
Streptocoque fécaux	1000 UFC/100 ml.
Clostridium	00 spores /20 ml.
Salmonelle	0 UFC / 20ml
Germe totaux à 37°C	3000 Germe /1ml
Germe totaux à 22°C	-
Vibrion	0 UFC:/ml

## Annexe 2 : Lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

Elément/ substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
<b>Aluminium</b>	Al		0,2 mg/l	0,2 mg/l
<b>Arsenic</b>	As		0,01 mg/l	0,01 mg/l
<b>Baryum</b>	Ba		0,7 mg/l	0,7 mg/l
<b>Béryllium</b>	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
<b>Bore</b>	B	< 1 mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l
<b>Cadmium</b>	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l	0,003 mg/l

<b>Chlore</b>	Cl <sup>-</sup>		Pas de valeur mais on peut noter un goût	Pas de valeur mais on peut noter un goût
---------------	-----------------	--	---	---

			à partir de 250 mg/l	à partir de 250 mg/l
<b>Chrome</b>	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l	chrome total : 0,05 mg/l
<b>couleur</b>			Couleur Pas de valeur guide	Couleur Pas de valeur guide
<b>Cuivre</b>	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l	2 mg/l
<b>Oxygène dissous</b>	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
<b>Fluorure</b>	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l	1,5 mg/l
<b>Dureté mg/l en</b>	CaCO <sub>3</sub>		500 ppm	200 ppm
<b>Sulfure D'hydrogène</b>	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L	0.05 à 1 mg/L
<b>Fer</b>	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
<b>Plomb</b>	Pb		0,01 mg/l	0,01 mg/l
<b>Manganèse</b>	Mn		0,4 mg/l	0,4 mg/l

<b>Mercure</b>	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l	inorganique : 0,006 mg/l
<b>Nitrate et nitrite</b>	NO <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
<b>Turbidité</b>			Non mentionnée	Non mentionnée
<b>Ph</b>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<b>Argent</b>	Ag	5 – 50 µg/l	< 0,1 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Sodium</b>	Na	< 20 mg/l	< 200 mg/l	Pas de valeur guide
<b>Sulfate</b>	SO <sub>4</sub>		250 mg/l	500 mg/l
<b>TDS</b>			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1200 mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<b>Zinc</b>	Zn		3 mg/l	3 mg/l

