

## Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### EAU POTABLE DE LA VILLE DE FES : TRAITEMENT ET MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES

#### Présenté par :

- ◆ NGOMO NGUIE Fernanda Cristela Asumu

#### Encadré par :

- ◆ Pr .BOULAHNA Ahmed(FST)

**Soutenu Le 05 Juillet 2021 devant le jury composé de :**

- Pr Ahmed BOULAHNA
- Pr Mohammed EL ASRI
- Pr Fouad OUAZZANI CHAHDI

**Année Universitaire 2020 / 2021**

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☒ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

Site web: <http://www.fst-usmba.ac.ma>

# DEDICACE

Avec l'expression de ma reconnaissance ,je dédie ce travail :

à mes chers parents **Natividad Nguie** et **Juan Ngomo**,les personnes les plus importantes dans ma vie,qui ont toujours su me donner les meilleurs conseils,pour tous les sacrifices qu'ils ont fait pour me donner les meilleures conditions de vie et pour son amour inconditionnel.

Veillez trouver en ce travail la preuve d'amour et du respect que je porte pour vous.

à mes chères sœurs, **Regina Cristina Mangué**,**Veridiana Dometila Oyana** et **Armenia Irene Mikue** pour la confiance qu'elles ont toujours depossé sur moi.

à ma chère tante,

Que ce travail puisse être le témoignage de mon amour et mon respect.

à mes chers amis pour tous les moments agréables et difficiles que j'ai partagé avec eux.

Je vous remercie pour croire en moi et me soutenir .

Merci infiniment .

fernanda

# REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Je remercie le **Pr Ahmed BOULAHNA** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Mes sincères remerciements et gratitude s'adressent aux Messieurs membres de jury d'avoir accepté de juger mon travail, **Pr Mohammed EL ASRI** et le **Pr Fouad OUZZANI CHAHDI** qu'ils trouvent ici l'expression de ma vive reconnaissance.

Je tiens à exprimer une gratitude au responsable de filière Génie chimique le **Pr Ahmed HARRACH**.

Je tiens également à remercier tous les professeurs et l'équipe administrative de la Faculté des Sciences et Technique de Fès, pour les efforts employés au cours de ma formation académique, pour leurs conseils et leurs encouragements.

Je leur souhaite une vie pleine de joie et de prospérité.

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau 1 :** Salinités des principales eaux de mer et océan.

**Tableau 2 :** Volume estimé des réserves d'eau douces sur terre.

**Tableau 3 :** Rapport entre la conductivité et la minéralisation.

**Tableau 4 :** Qualification des eaux en fonction de leur dureté.

**Tableau 5 :** Méthodes de recherche des indicateurs de contamination de l'eau de l'oued Sebou.

**Tableau 6 :** Paramètres de base de la qualité de l'eau potable.

## **LISTE DES FIGURES**

**Figure 1 :** cycle naturel de l'eau.

**Figure 2 :** Dégrilleur.

**Figure 3 :** Tamis.

**Figure 4 :** Etapes de production de l'eau potable.

**Figure 5 :** Les flacons stérilisés pour prélèvements de l'échantillon de bactérie.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**UV** : Ultraviolet

**IR** : Infrarouge

**DBO** : Demande biochimique d'oxygène

**DCO** : Demande chimique d'oxygène

**COT** : Carbone organique total

**PH** : Potentiel hydrogène

**NTU** : Néphélométrie turbidité unité

**CAP** : Charbon actif en poudre

**CAG** : charbon actif en grain

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**ARN** : Acide ribonucléique

**TH** : Titre hydrotimétrique ou dureté total

**EDTA** : Acide éthylène diaminetetracétique

**THMg<sup>2+</sup>** : Dureté magnésienne

**TAC** : Titre alcalimétrique complet

**FAMT** : Flore aérobie mésophile totale

**UCV** : Unités de couleur Vraie

**NH<sub>3</sub>**: ammoniac

**RADEEF** : Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé

**CT** : Coliformes totaux

**EI** : Entérocoques intestinaux

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1: GENERALITES SUR L'EAU .....</b>	<b>2</b>
1. Cycle de l'eau.....	2
2. Ressources Hydriques .....	2
2.1. Eaux souterraines .....	2
2.2. Eaux de surface .....	3
2.3. Eaux de pluie .....	3
2.4. Eaux de mer.....	3
3. Pollution de l'eau 3.1. Définition .....	5
3.2. Sources de la pollution de l'eau.....	5
<b>CHAPITRE 2 : TRAITEMENT DES EAUX .....</b>	<b>6</b>
1. Introduction .....	6
2. Critères de potabilisation de l'eau .....	6
- Les paramètres physico-chimiques.....	6
- Les paramètres organoleptiques .....	6
- Les paramètres microbiologiques.....	6
- Les paramètres liés aux substances indésirables .....	6
- Les paramètres liés aux substances toxiques .....	6
3. Les procédés de traitements.....	7
3.1. Prétraitements.....	7
3.2. Clarification.....	9
3.3. L'affinage .....	12
3.4. La désinfection .....	12
<b>CHAPITRE 3 : MILIEUX, MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>15</b>
1. Ressources en eau de la ville de Fès.....	15
2. Techniques de prélèvement d'échantillons d'eau.....	16
2.1. Prélèvements pour l'analyse physico-chimique .....	16
2.2. Prelevement pour les analyses bactériologiques.....	16
3. Analyses des facteurs physico-chimique.....	17

3.1. Paramètres organoleptiques.....	17
3.2. Paramètres physico-Chimiques .....	17
4. Analyses bactériologiques .....	25
4.1. Dénombrement des bactéries.....	25
4.2. Méthodes d'analyses .....	26
4.3. Protocole expérimental pour analyse bactériologique.....	26
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>30</b>

# INTRODUCTION GENERALE

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable. La dégradation de l'état de l'eau de consommation a différents impacts directs ou indirects sur la santé des populations humaines en contact avec cette eau. Tout ceci oblige à faire de plus en plus appel à des eaux d'origines diverses et notamment les eaux de surface. Les insuffisances existantes dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de ces eaux et à l'augmentation de certains micropolluants minéraux et surtout organiques indésirables dans les eaux destinées à la consommation (Achour, 2001).

Chaque jour, la Régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité de Fès (Radeef) met en distribution près de 194 000 m<sup>3</sup> d'eau potable en moyenne pour satisfaire les besoins de plus de 1 million d'habitants de la ville de Fès et de sa région. Elle assure qu'elle veille sur la qualité du liquide en réalisant une batterie de contrôles aux points de captage, en production, et en cours de distribution.

Cette étude porte sur les méthodes de traitement et mesures physico-chimiques et bactériologiques d'eau potable mises en œuvre par le laboratoire interne de la Radeef de Fès.

La présente étude est divisée en trois parties :

- Chapitre 1 : Généralités sur l'eau.
- Chapitre 2 : Traitement des eaux.
- Chapitre 3 : Milieux, Matériel et Méthodes.

# CHAPITRE 1: GENERALITES SUR L'EAU

## 1. Cycle de l'eau

L'eau est l'un des éléments fondamentaux de notre planète. Elle couvre 3/4 de sa surface.

Toute cette eau est présente sur terre sous 3 états :

- **liquide** (pluie, brouillard, cours d'eau, lacs, nappes, mers et océans)
- **solide** (neige, givre, glaces et glaciers)
- **gazeux** (vapeur d'eau).

L'eau passe d'un état à l'autre et circule en permanence sur notre planète : c'est le cycle de l'eau.

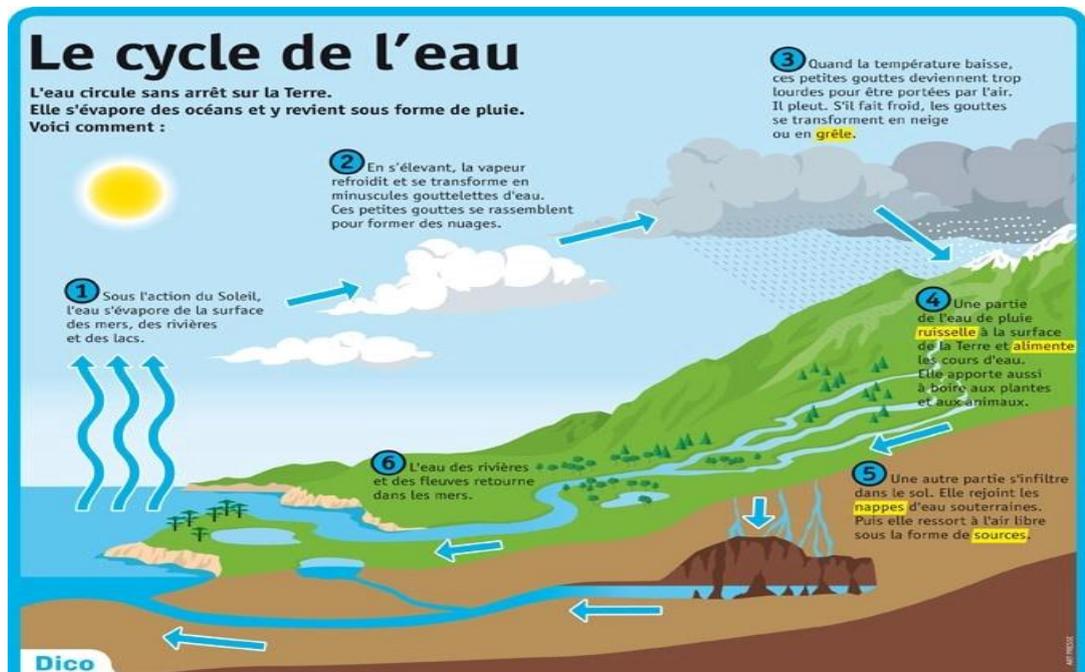


Figure1: cycle naturel de l'eau

## 2.Ressources Hydriques

### 2.1.Eaux souterraines

Les eaux souterraines regroupent l'ensemble des réserves d'eau qui se trouvent dans le sous-sol. L'eau est stockée dans des zones appelées aquifères, composées de roches poreuses et/ou

fissurées. L'eau peut s'accumuler dans ces espaces vides pour former des nappes, qui occupent tout ou partie de l'aquifère.

L'eau des nappes provient du phénomène d'infiltration de l'eau de pluie.

## 2.2. Eaux de surface

L'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Il s'agit de cours d'eau, des océans, des mers, lacs et des eaux de ruissellement. Le terme s'applique également aux sources du puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux de surface. Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets d'origine: urbaine, industrielle, agricole et pollution bactériologique d'origines humaines et animale.

## 2.3. Eaux de pluie

Eau provenant des précipitations atmosphériques et qui ne s'est pas encore chargée de substances solubles provenant de la terre. Les eaux de pluie sont généralement peu minéralisées, pauvres en matières organiques, mais dans les pays industrialisés et zones agricoles elles sont souvent acidifiées, polluées par divers contaminants dont l'azote ammoniacal, des ions nitrites et divers résidus d'activités humaines (métaux, pesticides ou leurs molécules de dégradation).

Cette eau fait parfois l'objet d'une récolte en vue de son infiltration ou de son utilisation ultérieure à des fins domestiques, agricoles ou industrielles.

## 2.4. Eaux de mer

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre. On dit qu'elle est « salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions, principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium. On trouve 30 à 40 g de sels dissous pour 1 kg d'eau de mer. L'eau salée est une source d'eau brute qu'on utilise lorsqu'il n'y a pas de moyenne de s'approvisionner en eau douce suivant un procédé dit « dessalement ».

Les données du **tableau 1** révèlent que la salinité de l'eau n'est pas la même dans toutes les mers, les salinités indiquées ici constituent des valeurs moyennes pour l'ensemble de chaque

mer ou océan. En effet, les eaux situées près de l'embouchure de fleuves important ont habituellement une salinité plus faible.

**Tableau 1 :** Salinités des principales eaux de mer et océan.

<b>Mer et Océan</b>	<b>Concentration en mg/l</b>
Mer Rouge	43 000
Golfe Arabique	43 000
Mer Méditerranée	39 000
Océan Atlantique	36 000
Océan Indien	33 000
Océan Pacifique	33 000
Mer Adriatique	25 000
Mer Noir	13 000
Mer Baltique	7 000

**Tableau 2 :** Volume estimé des réserves d'eau douces sur terre.

<b>Milieux</b>	<b>Volume en km<sup>3</sup></b>
Neige et glace de l'Antarctique, du Groenland et des montagnes	28 millions
Eaux souterraines à moins de 500 m de profondeur	7,5 millions
Eaux souterraines à plus de 500 m de profondeur	7,5 millions
Eaux de tous les lacs d'eau douce	176 000
Eaux présentes dans les sols	122 000
Eaux des mers intérieures	105 000
Eaux présente à tout instant dans l'atmosphère	12 700
Eaux présentes à tout instant dans toutes les rivières	1 700

### 3. Pollution de l'eau 3.1. Définition

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS 1989), la pollution de l'eau est toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques d'une étendue d'eau quelconque d'un pays considéré ou tous rejets de substances solides, liquides ou gazeuses dans une eau susceptibles de créer une nuisance ou de rendre l'eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue santé, sécurité, et bien être publique, soit de ses usages à des fins domestiques, commerciales, industrielles etc...

### 3.2. Sources de la pollution de l'eau

Les origines de la pollution de l'eau peuvent être classées en trois catégories : la pollution industrielle, domestique et agricole.

- **Pollution industrielle :**

La pollution industrielle est principalement due aux rejets industriels qui sont caractérisés par une charge organique dominante, ce qui est le cas des rejets d'abattoirs et des huileries où les eaux sont très chargées en matières organiques biodégradables, et une charge minérale dominante, ce qui est le cas des rejets des usines de traitement des minéraux chargés de matières en suspension. Ainsi, cette pollution industrielle est caractérisée par une toxicité élevée qui est due par exemple aux rejets de certaines substances chimiques comme le chrome (issu des tanneries), le cuivre, le nickel et l'argent (issu des dinanderies) (Ouaryachi, 1999).

- **Pollution domestique :**

La pollution domestique est due aux rejets domestiques qui sont constitués principalement par les eaux de lessive, de toilette, de cuisine, ainsi que l'eau de lavage des locaux. Ce type d'eau véhicule essentiellement des produits organiques biodégradables caractérisés par des teneurs en azote ammoniacal élevées, des matières en suspension, et des matières dissoutes (Ouaryachi, 1999).

- **Pollution agricole :**

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Les activités agricoles sont, en particulier, largement impliquées dans les apports d'azote et, surtout, de ses dérivées, nitrates et nitrites, que l'on trouve en forte concentration dans les engrais. Les pesticides utilisés pour le traitement des cultures sont également une source connue de dégradation des ressources en eau (Diallo, 2005).

# CHAPITRE 2 : TRAITEMENT DES EAUX

## 1. Introduction

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel.

## 2. Critères de potabilisation de l'eau

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle. A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres:

- **Les paramètres physico-chimiques** : ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.
- **Les paramètres organoleptiques** : ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.
- **Les paramètres microbiologiques** : ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies et épidémies.
- **Les paramètres liés aux substances indésirables** : ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.
- **Les paramètres liés aux substances toxiques** : les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité.

### **3. Les procédés de traitements**

Pour rendre l'eau potable, on lui applique des traitements variés ou ensembles des opérations unitaires dont l'installation est étroitement liée à la qualité de la ressource et à l'objectif de traitement c'est ce qu'on appelle filières de traitement.

Les filières de traitement des eaux de surface :

- Prétraitements
- Coagulation-Floculation
- Décantation-Flottation
- Filtration
- Désinfection

#### **3.1. Prétraitements**

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Ces éléments sont en général les déchets d'assez grande taille.

##### **3.1.1. Dégrillage :**

Dès sa prise, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments grossiers (corps flottants et gros déchets tel que des branchages et des cailloux).

Le dégrillage, premier poste de traitement indispensable pour une eau de surface, permet :

- De protéger les ouvrages avals contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants.



**Figure 2 : Dégrileur.**

### **3.1.2. Tamisage :**

Filtrage plus fin destiné à arrêter les déchets plus petits, sable, plancton...



**Figure 3 : Tamis.**

### **3.1.3. Préoxydation :**

Peut avoir différents objectifs :

- Eliminer le gout, les odeurs, et la couleur
- Eliminer l'ammoniaque
- Eliminer le fer et le manganèse en les transformant en hydroxydes insolubles facilement séparables du liquide par décantation et filtration

- Oxyder les matières organiques dissoutes, qui se transforment en composés plus facilement biodégradables.

Les composés les plus souvent utilisés sont des agents de chlores : le chlore gazeux, l'hypochlorite de sodium ou l'eau de javel, dioxyde de chlore, l'ozone et le permanganate de potassium.

## 3.2. Clarification

C'est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines karstiques. L'objectif dans la clarification est d'éliminer la turbidité (matières en suspension et colloïdes)

La clarification se déroule en plusieurs étapes :

### 3.2.1. Coagulation-floculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites (de diamètre compris entre 0.1 et 10  $\mu\text{m}$ ), dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Les impuretés solides fréquemment en suspension dans les eaux de surfaces peuvent être :  
– Soit chimiquement et biologiquement neutres (**argiles et limons, qui constituent la turbidité, colloïdes qui donnent une couleur indésirable**) ;

– Soit nuisibles (**déchets, corps organiques en voie de transformation**).

**On élimine ces matières par des procédés coagulation et de floculation, en ajoutant des réactifs.**

#### A. Coagulation

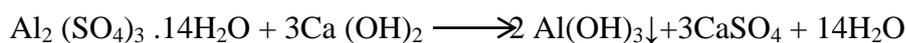
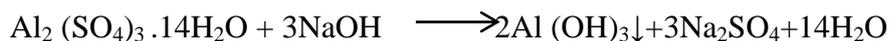
La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution. **Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération.** Cette agglomération est, généralement, caractérisée **par l'injection et la dispersion rapide de réactifs chimiques**, ce procédé permet

d'augmenter substantiellement l'efficacité des traitements ultérieurs (décantation et/ou filtration).

**Les principaux coagulants utilisés** pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont des électrolytes minéraux à polycations. Les plus utilisés sont :

- Le sulfate d'alumine  $Al_2 (SO_4)_3 \cdot 14 H_2 O$
- l'aluminate de sodium  $NaAlO_2$
- Le chlorure d'aluminium  $AlCl_3$
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3$
- le sulfate ferrique  $Fe_2 (SO_4)_3$  et le sulfate ferreux  $FeSO_4$
- le sulfate de cuivre  $CuSO_4$  et les polyélectrolytes.

Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer. Lorsqu'on additionne à l'eau les sels d'aluminium ou de fer, ces derniers réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes,  $Al(OH)_3$ , ou  $Fe(OH)_3$ , insolubles et formant un précipité. **Les principales réactions sont:**



## **B. Flocculation**

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres, pour former des micro floccs puis des floccs plus volumineux et décantables. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La flocculation a justement pour but **d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules**, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules. **on utilise des polyélectrolytes** (polymères chargés ou polaire) **comme la silice actif** ou un **floculant organique, il s'agit de l'acide alginique ou ses sels, les alginates de sodium** (polymères anioniques linéaires).

### 3.2.2. Décantation-Flottation :

Ce sont des opérations de clarification par gravité de matières en suspension et de colloïdes en flote. Ces opérations sont appelées à la différence entre la masse volumique des particules solides et celles des liquides dans laquelle elles sont en suspension.

**La décantation** : ( $\rho_{\text{particule}} > \rho_{\text{eau}}$ ) qui s'effectue dans un décanteur lamellaire, a pour but d'éliminer des floccs déjà formés et l'obtention d'une clarifiée appelée l'eau décantée.

**La flottation** : ( $\rho_{\text{particule}} < \rho_{\text{eau}}$ ) elle génère des bulles d'air pour former avec les particules à éliminer et les réactifs un ensemble appelée attelage qui va flotter à la surface.

### 3.2.3. Filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent; il faut donc prévoir un nettoyage du filtre.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs.

Types de filtration :

- **la filtration sur sable** : Un filtre à sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible.

Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes :

- La filtration permet d'intercepter les dernières particules visibles à l'œil nu de l'eau à traiter.
- Floculation pendant laquelle les substances se collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier .
- Assimilation par des micro-organismes qui se nourrissent des polluants de l'eau.

Par contre, les virus et bactéries peuvent toutefois passer au travers des filtres c'est pourquoi l'étape finale de désinfection est obligatoire.

- **La filtration sur membrane** : consiste à éliminer les micropolluants par extraction physique. Leur très gros avantage est de n'utiliser aucun réactif chimique pour traiter

des eaux. Elles permettent de traiter des eaux très polluées et de produire une eau très pure.

### **3.3. L'affinage**

Ensemble des procédés de traitement de l'eau par ozonation, filtration sur charbons actifs ou filtration sur membranes, pour oxyder et biodégrader les matières organiques et certains micropolluants par élimination.

#### **3.3.1. L'ozone :**

C'est un grand pouvoir désinfectant (élimination des virus et des spores bactériennes), permet l'oxydation de certains micropolluants organiques (pesticides, composés aromatiques ...) et transforme les matières organiques naturelles (qui sont ensuite éliminées par le charbon actif biologique) en augmentant leur biodégradabilité.

#### **3.3.2. Charbon actif :**

Est un matériau poreux qui possède une très grande surface spécifique qui permet l'adsorption des matières organiques naturelles et des micropolluants organiques (notamment pesticides).

Dans les usines de traitement d'eau le charbon actif peut être appliqué soit sous forme de poudre (CAP) au niveau de décanteur ou bien sous forme de graine (CAG) qui peut être utilisé seul pour un filtre en monocouche ou en bicouche (CAG+Sable).

#### **3.3.3. Filtration membranaire :**

La filtration membranaire permet l'élimination extensive de particules comme aussi de substances dissoutes. Elle est souvent utilisée comme un lavage plus poussé. Du fait de la taille prédéfinie des pores, les seuils de coupure sont extrêmement précis.

### **3.4. La désinfection**

La désinfection se définit comme la destruction des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires). C'est la manière d'éviter que l'eau de boisson ne véhicule des maladies transmissibles. Dans ce contexte, la résistance de spores, et autres formes de survie de certains agents pathogènes revêt une importance croissante. Dans la préparation de l'eau potable, la désinfection est l'étape la plus fréquente, la plus importante et parfois aussi la seule. Il peut

s'agir d'une désinfection basée sur l'emploi d'agents oxydants (ozone, chlore, dioxyde de chlore,...) ou sur celui du rayonnement UV.

### 3.4.1. La désinfection par oxydation chimique :

La **chloration** est actuellement le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, à la fois pour le prix de revient du chlore et pour sa simplicité de mise en œuvre. Et aussi par son pouvoir germicide qui est très efficace, essentiellement basé sur des mécanismes chimique d'oxydoréduction. Ainsi, l'efficacité d'un désinfectant est directement liée à son pouvoir oxydant, ce qui permet de **classer les réactifs suivants par ordre décroissant d'efficacité selon leur potentiel redox :**

Acide hypochloreux ( $\text{HClO}/\text{ClO}^-$ ) ----- 1,49v

Chlore ( $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$ ) ----- 1,36v

Dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2/\text{ClO}_2$ ) ----- 0,95v

Hypochlorite ( $\text{ClO}^-/\text{Cl}^-$ ) ----- 0,90 v

Il faut noter que soit la chloration est efficace, il est lié à la quantité de chlore ou ses dérivés ajoutées à l'eau à traiter soient calculée. En effet, une forte dose de chlore laisserait à l'eau traitée une saveur désagréable, tandis qu'une dose faible n'assurerait pas une désinfection complète.

La dose nécessaire est déterminée par la méthode dite : Break-point.

Les différentes formes du chlore sont :

- **Chlore résiduel libre :** suivant le pH, le chlore est sous forme d'acide hypochloreux ou d'hypochlorite ou les deux à la fois. Le chlore résiduel peut être sous forme de dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ) quand ce dernier est utilisé pour la désinfection ;
- **Chlore résiduel totale :** somme du chlore résiduel libre et du chlore résiduel sous forme de chloramines ;
- **Chlore résiduel combiné :** différence entre chlore résiduel totale et chlore résiduel libre, correspondant au chlore sous forme de chloramines ;
- **Chlore absorbé :** chlore ayant réagi avec des composés minéraux ou organique et ayant perdu tout pouvoir désinfectant.

### 3.4.2. Rayons UV :

Si les rayons UV constituent en tout premier lieu un mode de désinfection, ils détruisent aussi, selon leur dose, certains micropolluants. On peut également les combiner avec l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) pour oxyder d'autres substances contenues dans l'eau. Ils peuvent aussi s'utiliser sans autre traitement si la composition de l'eau brute le permet : en cas, par exemple, d'eau de nappe ou de source de très bonne qualité. Les UV endommagent le code génétique (ADN ou ARN) des microorganismes, d'où perturbations métaboliques et perte de leur aptitude à proliférer. Le rayonnement est faiblement énergétique et ne produit pas de modification photochimique significative des matières organique naturelle.



**Figure 4 :** Etapes de production de l'eau potable.

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1. Captage                  | 5. Filtration                   |
| 2. Dégrillage               | 6. Ozonation                    |
| 3. Tamisage                 | 7. Adsorption sur charbon actif |
| 4. Flocculation-Décantation | 8. Chloration                   |

# CHAPITRE 3 : MILIEUX, MATERIEL ET METHODES

## 1. Ressources en eau de la ville de Fès

### - La qualité de l'eau

La qualité de l'eau qui jaillit des fontaines et des robinets de la médina et de la ville nouvelle de FES est reconnue, tout au long de l'histoire de la ville, entamée par Moulay Idris depuis la fondation de la ville il y a douze siècles.

Elle continue aujourd'hui avec la RADEEF qui à travers son métier de captage, de traitement et de distribution d'eau potable desserve une eau propre à une population d'un million d'habitants.

### - Ressources en eau

L'alimentation en eau potable de la ville de FES et des centres gérés par la Régie est assurée à partir :

- Une production RADEEF : Forages et Sources (24% de la production totale).
- Une production ONEP : Forages et eau traitée de l'oued Sebou (76%).
- La Régie assure également l'alimentation en eau potable des villes et centres suivantes: SEFROU-BHALIL, SIDI HRAZEM, SKHINAT, RAS TBOUDA, BIR TAMTAM et TIMGANAY.

### 1.1. Laboratoire de contrôle de qualité

#### - Rôle

Le rôle du Laboratoire est de veiller sur la qualité de l'eau livrée par la RADEEF aux consommateurs.

Il assure la surveillance et la désinfection de l'eau potable sur l'ensemble du système de distribution.

#### - Objectif

- Assurer par le suivi de la qualité des eaux produites et distribuées la conformité à la norme marocaine relative à la qualité des eaux.
- Prévenir la dégradation de la qualité des eaux et surveiller la bonne chloration.
- Assurer le contrôle de l'hygiène de l'ensemble réseau.

## 2. Techniques de prélèvement d'échantillons d'eau

### 2.1. Prélèvements pour l'analyse physico-chimique

#### - Matériel utilisé

Ce sont des flacons de plastique qui ont été utilisés. Pour l'analyse de l'oxygène dissous des bouteilles en verre de 60 ml chacune, ont été utilisées.

#### - Techniques de prélèvements

On nettoie l'intérieur et l'extérieur du bec du robinet avec une solution commerciale d'eau de javel et puis on rince le flacon 3 fois avec de l'eau du robinet à partir duquel on effectue le prélèvement, ensuite on remplit le contenant sans laisser un espace d'air dans cette étape on laisse couler l'eau à fort débit pendant 3 min avant le remplissage.

Ensuite, on ferme la bouteille soigneusement en évitant une contamination du couvercle et finalement on la place dans une glacière à 4<sup>0</sup>C pour le transporter.

### 2.2. Prélèvement pour les analyses bactériologiques

#### - Matériel utilisé

On a utilisé des flacons en verre de 200 ml, propres et stérilisés à l'autoclave, munis de bouchons filetés, le col étant protégé de toute contamination par une feuille d'aluminium bien ajusté.

#### - Techniques de prélèvements

A l'aide d'une flamme, on a stérilisé chaque point de prélèvement avant d'effectuer tout Prélèvement, ensuite les étapes ci-après ont été suivies :

1. Enlever le bouchon du flacon par une main, celle-ci ne doit rien toucher pendant le Prélèvement, non plus d'ailleurs le col du flacon, lequel est tenu dans l'autre main par Son fond.

2. Tendre le flacon au point de prélèvement ; fermer rapidement après le remplissage du flacon. Les échantillons sont transportés dans des glacières dont la température est de 4 degré Celsius, si la durée de transport dépasse une heure.



**Figure 5 :** les flacons stérilisés pour prélèvements de l'échantillon de bactérie

### **3. Analyses des facteurs physico-chimique**

#### **3.1. Paramètres organoleptiques**

- ❖ **Couleur** : Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés haloformes). Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau.
- ❖ **Goûts et odeurs** : Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le dioxyde de soufre  $SO_2$  ou le sulfure d'hydrogène  $H_2S$  ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution.

#### **3.2. Paramètres physico-Chimiques**

##### **3.2.1. Température**

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH et permet la connaissance de l'origine des eaux souterraines. .

#### - Prélèvement et conditionnement

La mesure doit être effectuée sur place au moment du prélèvement de l'échantillon.

La température est mesurée par un thermomètre et le résultat sera donné en degré Celsius.

### 3.2.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline et il est en fonction de l'activité des ions hydrogène (H<sup>+</sup>) présents dans cette eau. Dans les eaux naturelle cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels.

$$PH = - \log (H^+)$$

Dans nos analyses, les mesures du pH ont été effectuées juste au site de prélèvement. Pour ce faire, 5 ml de l'échantillon ont été placés dans un tube à essais puis, on y a ajouté 3 gouttes d'indicateur universel.

#### Il existe 2 méthodes pour décrire la mesure du pH des eaux :

-Soit par colorimétrie à l'aide d'indicateurs colorés. Cette méthode est valable pour la mesure du pH sur le terrain et ne doit être utilisée que pour des eaux naturelles dont le pH est compris entre 6 et 9.

-Soit par potentiomètre à l'aide d'électrode de verre. Cette méthode peut être utilisée pour la mesure du pH de tous les types d'eaux, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.

### 3.2.3. La Conductivité électrique

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Cette mesure permet de vérifier la pureté de l'eau distillée ou déminéralisée d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau et d'estimer le volume d'échantillon nécessaire pour certaine détermination chimique.

En général plus la conductivité est élevée pus il y a des minéraux dissous dans l'eau.

On mesure la conductivité en faisant passer un courant alternatif de très basse tension entre deux électrodes. On plonge la cellule de mesure dans l'eau et on lit la valeur. Ce paramètre est mesuré par un conductimètre et les valeurs trouvées sont en micro Siemens par centimètre.

**Tableau 3** : Rapport entre la conductivité et la minéralisation.

Conductivité	Minéralisation
0-100 $\mu$ S/cm	Minéralisation très faible
100-200 $\mu$ S/cm	Minéralisation faible
200-333 $\mu$ S/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333-666 $\mu$ S/cm	Minéralisation accentuée
666-1000 $\mu$ S/cm	Minéralisation importante
>1000 $\mu$ S/cm	Minéralisation élevée

### 3.2.4 .Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

On mesure la turbidité en NTU à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.

### 3.2.5. Titre hydrotimétrique (TH) ou dureté totale

La dureté de l'eau est l'indicateur de la minéralisation de l'eau, qui correspond à la présence des sels de calcium et de magnésium. Plus une eau est riche en  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ , plus elle est dite dure. Inversement une eau pauvre en calcaire est dite douce.

La détermination du TH consiste à doser par complexométrie les ions calcium et magnésium contenus dans l'eau. Au cours de ce dosage, le réactif titrant utilisé est l'anion éthylènediaminetétracétate (EDTA), le milieu étant tamponné à pH = 10. L'indicateur

utilisé est le noir ériochrome T et la réaction de titrage est la suivante :



$M^{2+}$  : ion calcium ou ion magnésium

$Y^{4-}$  : ion éthylènediaminetétracétate

**TH =  $THCa^{2+} + THMg^{2+}$**

La dureté est exprimée en meq/l ou en degrés français (<sup>0</sup>f). 1 <sup>0</sup>f= 4mg de calcium/l ou 2,4mg de magnésium/l.

**Tableau 4** : qualification des eaux en fonction de leur dureté.

Dureté en <sup>0</sup> f	Qualification de l'eau
0-8	Eau très douce
8-15	Eau douce
15-30	Eau moyennement dure
+ de 30	Eau très dure

### 3.2.6. Détermination de l'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes.

➤ **Définition :**

- Le **TA** dose la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates à pH de 8,3.
- Le **TAC** correspond à la totalité des bicarbonates et des carbonates.

Donc on peut dire :

- ✓ Le titre alcalimétrique ou **TA** mesure la teneur de l'eau en hydroxydes la moitié de la teneur en carbonates :  $TA = [OH^-] + [CO_3^{2-}]/2$
- ✓ Le titre alcalimétrique complet ou dureté temporaire **TAC** correspond à la teneur de l'eau en hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates :  $TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$

L'alcalinité totale d'une eau est mesurée par la quantité d'acide nécessaire pour abaisser son pH jusqu'à 4,5, puisque les eaux naturelles ont le plus souvent un pH supérieur à 4,5 ; elles sont donc alcalines par rapport à ce pH.

L'abaissement de ce pH se fait en dosant de l'eau à l'aide d'une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

L'indicateur utilisé est le méthylorange et on arrête le dosage quand ce dernier vire au rouge.

L'acide sulfurique réagit avec trois formes d'alcalinité, les convertit en eau ou en acide carbonique. En effet, quand les ions OH<sup>-</sup> sont présents, ils réagissent pour former de l'eau :



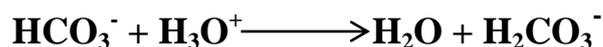
C'est l'alcalinité à la phénolphtaléine qui est déterminée par la fin de titrage à pH = 8,3, lequel

pH correspond à la conversion des carbonates en hydrogencarbonates :



Le titrage à pH = 4,5 complète la conversion des hydrogencarbonates en acide carbonique.

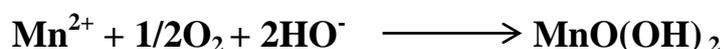
C'est le TAC ou alcalinité totale :



### 3.2.7. Oxygène dissous

Le dosage de l'oxygène dissous est d'une importance capitale dans les études portant sur la qualité des eaux. Les substances biodégradables consomment de l'oxygène dissous et sa détermination constitue une mesure directe de la pollution. C'est en utilisant la méthode iodométrique de WINKLER que l'on a pu doser l'oxygène dissous. Cette méthode comporte **trois étapes** :

1. Oxydation de l'ion manganèse (II) en milieu basique par l'oxygène dissous, avec formation de l'oxyde hydroxyde de manganèse.



2. L'oxyde hydroxyde de manganèse formé est réduit par l'iodure de potassium en milieu acide avec libération de l'iode



3. Enfin, l'iode libéré est titré à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium :

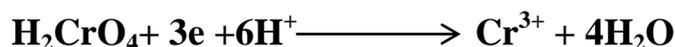


### 3.2.8. Demande chimique en oxygène

La DCO est la quantité d'oxygène, exprimé en mg, nécessaire pour oxyder les matières oxydables en milieu acide. La détermination colorimétrique de la DCO passe d'abord par la digestion de l'échantillon ; le réactif utilisé à cette fin contient :

· Un oxydant fort, l'acide chromique en excès et en milieu acide sulfurique.

- Le sulfate d'argent  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  qui joue le rôle de catalyseur
  - Le sulfate de mercure  $\text{HgSO}_4$  pour complexer les ions interférents tels que  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , et  $\text{I}^-$
- Pour permettre la digestion, l'échantillon passe d'abord au reflux pendant deux heures à  $150^\circ\text{C}$  et au cours de la digestion le chrome (VI) est réduit en chrome (III) par la matière organique présente dans l'échantillon selon la réaction ci-après :



Après la digestion, la coloration jaune qui est due à l'acide chromique restant, persiste, la quantité qui reste est dosée par colorimétrie.

### 3.2.9. Matières en suspension

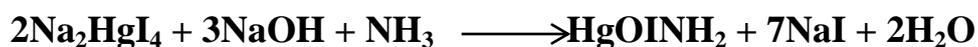
Les matières en suspension dans l'eau ont été dosées à l'aide du spectrophotomètre de Type HACH DR/5000. Le résultat est exprimé en mg/l.

### 3.2.10. Ammoniac $\text{NH}_3$

C'est par la méthode de NESSLER que l'on a pu doser l'azote ammoniacal dans l'eau. Dans ce dosage, différents réactifs ont été utilisés :

- Le stabilisateur minéral (tartrate de potassium et de sodium) qui est un réactif masquant qui séquestre, par complexion, les ions responsables de la dureté de l'eau.
- Le réactif de NESSLER composé d'iodure mercurique ( $\text{HgI}_2$ ), d'hydroxyde de sodium et de l'eau.

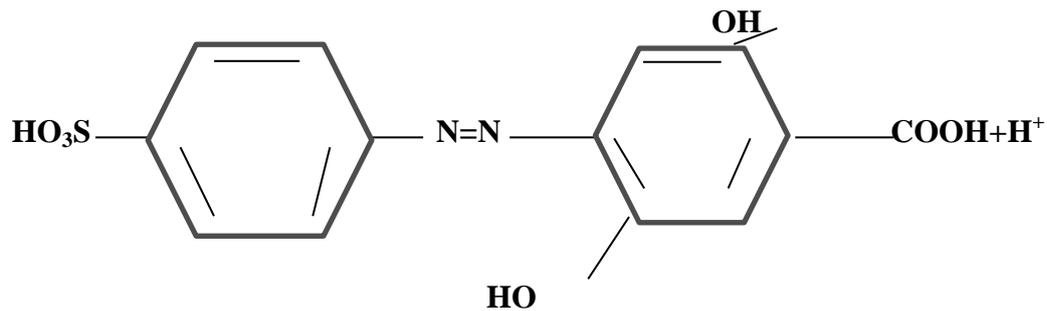
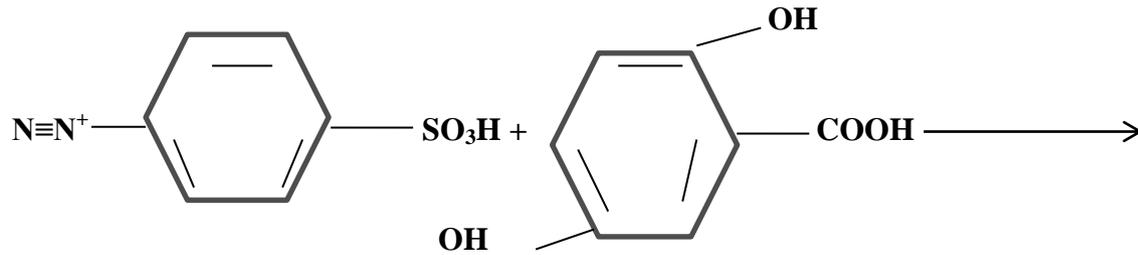
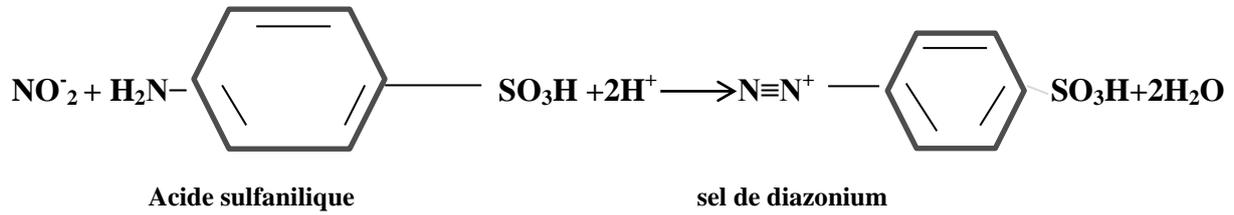
En milieu fortement alcalin, le réactif de NESSLER réagit avec l'ammoniac de l'échantillon pour former un colloïde jaune dont l'intensité de la coloration dépend de la concentration d'azote ammoniacal. La réaction est la suivante :



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

En préalable, les ions nitrates présents dans l'eau sont réduits par le cadmium en ions nitrites. Ces derniers réagissent avec l'acide sulfanilique pour donner un sel de diazonium intermédiaire qui, à son tour, réagit avec l'acide gentisique pour donner un complexe de coloration jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'azote nitrique.

Les réactions successives sont les suivantes :



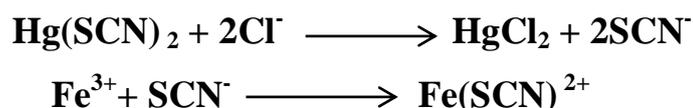
### 3.2.12. CHLORURES

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines. Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau.

Pour doser les chlorures, on a utilisé un réactif composé de thiocyanate mercurique  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  en solution méthanolique, l'acide perchlorique  $\text{HClO}_4$ , le perchlorate ferrique  $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$  et l'eau.

Les ions chlorures présent dans l'échantillon réagissent avec les thiocyanate de mercure en excès pour libérer les ions  $\text{SCN}^-$  qui, à leur tour, réagissent avec les ions  $\text{Fe}^{3+}$  pour donner un complexe rouge orangé dosé par colorimétrie.

Les réactions successives sont les suivantes :



### 3.2.13. Calcium

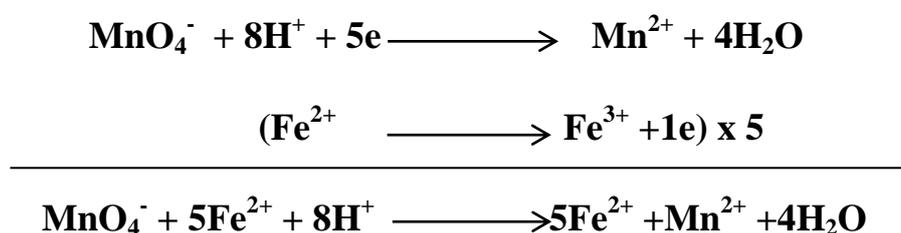
Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables, la teneur en calcium est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau, est variable de 11 à 50 mg /l. Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates (CaCO<sub>3</sub>). Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg /l de ca<sup>2+</sup>.

### 3.2.14. Oxydabilité au permanganate de potassium.

Cette mesure consiste à oxyder les matières organiques et les substances oxydables par le permanganate de potassium à chaud et à froid en milieu acide ou basique.

- Chauffage d'un échantillon dans bain marie bouillant en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium.
- Réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables de l'échantillon et détermination de l'excès de permanganate par addition d'un excès solution de sulfate de fer et d'ammonium, suivie par un titrage de l'oxydable en excès par de permanganate.
- Le résultat de la mesure est exprimé en mg / l d'O<sub>2</sub> cédé par le permanganate de potassium et consommé par les substances réductrices.

Les réactions mises en jeux :



### 3.2.15. Fer et Manganèse

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux, tels que le cuivre, l'aluminium et le zinc. Dans les eaux de surface, le fer et le

manganèse se trouvent en général à l'état oxydé et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification.

## 4. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée. Ainsi ; la recherche des bactéries d'origine fécale, des germes pathogènes et l'étude de la protection contre les bactéries exogène sont les trois grandes lignes des analyses bactériologiques des eaux.

### 4.1. Dénombrement des bactéries

#### - principe

La méthode dite de la membrane filtrante, consiste à filtrer un volume donné de l'échantillon sur membrane qui est déposée sur un milieu sélectif avant incubation.

La méthode dite MPN, consiste à ensemencer des séries de tubes avec un volume donné de l'échantillon ou de ses dilutions.

Chacune des deux méthodes comporte deux étapes : le test présomptif et le test Confirmatif.

#### - Matériels

Matériel courant de laboratoire de bactériologique et notamment :

- Incubateurs réglés à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  et  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .
- Réfrigérateur pouvant maintenir la température entre  $0.00^{\circ}\text{C}$  et  $4^{\circ}\text{C}$ .
- pH -mètre, pompe à vide, pipettes graduées membranes filtrantes en acétate de cellulose de porosité 0,45

#### - Milieux et réactifs

Un milieu de culture est une préparation au sein de laquelle des micro-organismes peuvent se multiplier. il doit donc satisfaire les exigences nutritives du micro-organisme étudié et posséder les propriétés physico-chimiques convenant à cette culture.

- Tergitol -7 agar au TTC, Slanetz et Bartley, oxydase
- bouillon lauré sulfate la concentration double et simple
- bouillon glucosé à l'acide de sodium la concentration doubles et simple

#### - Echantillonnage

Stériliser selon un mode opératoire précis en évitant toute contamination accidentelle, ou variation de la qualité ou la quantité des bactéries.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé. L'échantillon doit être conservé dans une glacière à 0°C – 4°C et effectuer le dosage le plus rapidement possible (dans un délai ne dépasse pas 24h).

## 4.2. Méthodes d'analyses

On distingue les **méthodes suivantes** :

- La technique de filtration sur membrane filtrante pour l'analyse des eaux traitées et des eaux baignade qui est une méthode de dénombrement direct, est une technique de dénombrement adaptée pour identifier les bactéries présentes à des concentrations très faibles dans l'eau.
- La méthode par ensemencement sur milieu de culture gélosé.

## 4.3. Protocole expérimental pour analyse bactériologique

- **Identification de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)**

La flore aérobie mésophile totale donne le nombre de colonies se développant pendant 24 heures à 37 °C sur un milieu gélose ensemencé avec 1 ml d'eau.

- **Identification des coliformes totaux (CT), fécaux(CF) et entérocoques intestinaux**

En premier lieu, l'échantillon doit être filtré sur une membrane d'ester de cellulose de porosité 0,45 µm.

- Les coliformes fécaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes de pétri Incubées à 44 °C pendant 24 heures sur le milieu de culture Tergitol 7 agar au TTC.
- Alors que les coliformes totaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes de pétri incubées à 37 °C pendant 24 heures, aussi sur le milieu de culture Tergitol agar au TTC. Il faut signaler que l'incubation à 44 °C constitue un test présomptif d'Escherichia coli.
- L'énumération des entérocoques intestinaux a été réalisée sur milieu Slanetz et Bartley après incubation à 37°C pendant 24 heures (Norme Marocaine 03.7.001).

- **Identification d'Escherichia coli**

Des coliformes fécaux obtenus lors de l'incubation à 44 °C pendant 24 à 48 heures, on détermine l'Escherichia coli. La coloration rouge qui apparaît après ajout du réactif de Kovacs constitue un test pouvant confirmer la présence d'Escherichia coli.

- **Identification des streptocoques fécaux**

Le test qui peut confirmer la présence des streptocoques fécaux consiste à filtrer l'échantillon sur la membrane et à faire l'incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Après l'incubation, toutes les colonies sont de coloration rouge, rose ou noire et sont dénombrées.

Puisque les streptocoques fécaux sont plus résistants que les coliformes fécaux, leur détermination constitue une information supplémentaire concernant la pollution par des matières fécales.

- **Détermination des salmonella et shigella**

La présence des salmonella et shigella dans l'eau est le signe d'une pollution par les matières fécales. Leur détection est très importante car leur présence rendrait l'eau impropre à la consommation. La détermination des salmonella et shigella se fait en trois étapes et pour chaque étape l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures

**Tableau 5 :** méthodes de recherche des indicateurs de contamination de l'eau de l'oued Sebou.

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieu de culture</b>	<b>Incubation</b>	<b>Colonies comptés</b>
FMAT	Gélose nutritive	37 <sup>0</sup> C pendant 24h	Toutes les colonies qui se développent en milieu PCA sont comptées
Coliformes Totaux	Tergitol 7 agar au TTC	37 <sup>0</sup> C pendant 24h	Colonies jaunes ou orangés avec halo transparent
Coliformes Fécaux	Tergitol 7 agar au TTC	44 <sup>0</sup> C pendant 24h	Colonies jaunes ou orangés avec halo transparent
Entérocoques Intestinaux	Slanetz et Bartley	37 <sup>0</sup> C pendant 24h	Toutes les colonies qui se développent
Escherichia coli	Tergitol 7 agar au TTC	44 <sup>0</sup> C pendant 24-48h	Coloration rouge
Streptocoques fécaux	Slanetz et Bartley	37 <sup>0</sup> C pendant 24h	Coloration rouge, rose ou noire

- La norme marocaine (NM.03.7.001) définit des paramètres avec des valeurs maximales admissibles (VMA) qu'il ne faut pas dépasser afin d'assurer la qualité de l'eau potable (Tableau 6).

**Tableau 6:** Paramètres de base de la qualité de l'eau potable.

Paramètres	Expression des résultats	VMA
Couleur	UCV	15
Odeur, Saveur		Seuil de précipitation à 25 <sup>0</sup> C
Conductivité	μS/cm	2700
Température	<sup>0</sup> C	15
PH		6,5 ≤ pH ≤ 8,5
Turbidité	NTU	5
Dureté totale	<sup>0</sup> f	>15
Alcalinité	<sup>0</sup> f	>2,5
Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	5
Sulfates	mg/l	250
Fer	μg/l	200
Manganèse	μg/l	50
Pesticides	μg/l	0,1
Oxygène dissous	mg/l	5
Ammoniac	mg/l	0,05
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	6,6
Escherichia coli	0/1000	
Entérocoques intestinaux	0/1000	
Micro-organisme revivifiables à 37 <sup>0</sup> C	20/1 ml	
DCO	mg/l	50
Calcium	mg/l	100
Chlorures	mg/l	750

# CONCLUSION

Ce rapport bibliographique avait comme objectif de montrer les différentes méthodes de traitements et mesures physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable de la ville de Fès, et pour cela il a fallu dans un premier temps de parler des généralités de l'eau en expliquant le parcours de l'eau sur terre (cycle de l'eau), les différents types d'eau et en parlant ainsi de la pollution qui est considérée comme une altération de la bonne qualité de l'eau et les différentes sources de la même.

Cette eau polluée devra être traitée suivant plusieurs étapes : le dégrillage, tamisage, floculation-décantation, filtration sur sable, ozonation, filtration sur charbon actif et puis la chloration et on a fini en parlant des différents paramètres à analyser pour qu'une eau soit potable, comme les paramètres physico-chimiques : la température, le pH, la conductivité, l'alcalinité de l'eau, chlorures etc...

Et les paramètres bactériologiques pour éliminer les bactéries et les virus : les coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques, salmonelles, flore aérobie mésophile totale, etc...

Tous ces paramètres doivent obéir à des normes pour que cette eau soit distribuée et consommée en toute sécurité.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Khalid khallaayoune et jacques. (2006).Traitement et réutilisation des eaux usées : impact sur la santé el l'environnement.
2. ALEMAD Ali Kayed Hussein. Mémoire master sciences de l'environnement (2010): Etudes de la qualité physico-chimiques et bactériologiques des eaux.
3. Dr. BESSEDIK Madani. Traitement et épuration de l'eau.
4. A. LHASSANI: Cours Génie de Dépollution.
5. <https://fr.wikipedia.org>
6. <https://www.cieau.com/mediatheque>.
7. <https://www.eaufrance.fr>
8. <https://www.radeef.ma>