



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah

Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Licence Sciences & Techniques

«BioProcédés, Hygiène & sécurité alimentaires(BPHSA)»

Projet de Fin d'Etudes

Sous thème :

Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau d'Oued Sebou destinée à la consommation humaine

Présenté par :

- ALLALI Youssra

Encadré par :

- Mme FADIL Fatima (Encadrante interne à la FST)
- Mr YAGGOUR Youssef (Encadrant externe à l'ONEE /BE)

Soutenu le : 06/06/2017

Devant le jury composé de :

- Mme FADIL Fatima
- Mr CHADLI Nour-eddine

Année Universitaire : 2016-2017

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mon regretté père, le plus cher à mon cœur, qui m'a accompagné et m'a encouragé de la plus belle des manières qui soit. C'est toujours avec émotion que j'évoque ta mémoire chaque fois que des événements importants surviennent dans ma vie. Tu me manques. Merci mon père.

A ma mère, qui m'a toujours soutenu au cours de mes études, qui m'a donné beaucoup de soutien et d'encouragement, symbolisant pour moi le sacrifice et la source d'où naît la lumière qui éclaire ma vie, et pour qui aucune dédicace n'exprimera la profondeur de mon amour.

A ma famille, à tous mes professeurs que je respecte beaucoup, à tous mes collègues et aux étudiants de FST Fès.

A tous ceux qui ont confiance en moi.

Que tout le monde retrouve à travers ces quelques lignes, mes sincères sentiments et ma profonde reconnaissance.

Remerciements

*Je remercie tout d'abord **ALLAH** tout puissant de m'avoir donné la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce mémoire.*

Je tiens à remercier :

Monsieur le directeur de l'ONEE-Branche eau de Taounate pour son accord pour effectuer mon stage de fin d'étude.

Monsieur SBAI IDRISSE Badreddine, chef de centre de production KBM pour son accueil.

Mon encadrant Monsieur YAGGOUR Youssef pour Les conseils, le grand soutien et l'aide qu'il m'a accordé .Il a fait preuve à la fois d'une grande patience, collaboration, gentillesse et d'un esprit responsable et critique.

Madame FADIL Fatima, mon encadrante à la faculté des sciences et techniques de Fès pour sa disponibilité, ses conseils avisés et ses remarques patientes qui ont contribué à l'amélioration de ce rapport.

Le personnel (Mr Hicham, Mr Abdelhak, Mr Aziz, Mr Anas...) de cette entreprise pour leur collaboration précieuse et leurs aides très utiles.

Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Liste des Abréviations

- **ONEE** : *Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable.*
- **MES** : *matière en suspension.*
- **NTU** : *Unité turbidité néphélogétrie*
- **ASR** : *les anaérobies sulfite-réducteurs.*
- **CF** : *les coliformes fécaux.*
- **CT** : *les coliformes totaux.*
- **SF** : *les streptocoques fécaux.*
- **MOR** : *les micro-organismes revivifiables.*
- **NPP** : *Nombre le plus probable*
- **MF** : *Membrane filtrante*
- **pH** : *Potentiel d'Hydrogène*
- **TA** : *Titre Alcalimétrique*
- **TAC** : *Titre Alcalimétrique Complet*
- **KBM** : *Karia Ba Mohamed*
- **VMA** : *Valeur maximale admissible*

Liste des figures

Figure 1:structure des colloïdes	15
Figure 2: déstabilisation des colloïdes	16
Figure 3:turbidimètre.....	19
Figure 4:pH mètre.....	19
Figure 5:un conductimètre.....	20
Figure 6:chlorométrie.....	20
Figure 7:variation du chlore résiduel par rapport le chlore injecté.....	22
Figure 8: Appareil Jar Test.....	22
Figure 9 : Appareils de filtration sur membrane	23
Figure 11:la méthode d'analyse des Bactéries coliformes dans l'eau traitée.....	24
Figure 12 : la méthode d'analyse des <i>Escherichia coli</i> dans l'eau traitée.....	25
Figure 13: la méthode d'analyse de <i>Clostridium</i> dans l'eau traitée.....	26
Figure 14 : La méthode d'analyse des <i>Entérocoques</i> intestinaux dans l'eau traitée.....	27
Figure 15 : la méthode d'analyse des MOR dans l'eau traitée.....	28
Figure16: la méthode d'analyse des coliformes totaux dans l'eau brute	30
Figure 17: la méthode d'analyse des streptocoques fécaux dans l'eau brute.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux types de pollution des eaux continentales, natures de produits polluants et leurs origines.....	12
Tableau 2 : Exemples des maladies hydriques.....	13
Tableau 3 : les mesures des paramètres physico-chimiques	
Tableau 4: résultats des tests présomptifs et confirmatifs pour les coliformes, <i>Escherichia coli</i> et les Entérocoques intestinaux.....	34
Tableau 5: Résultats de dénombrement des indicateurs de contamination fécale et les micro-organismes revivifiables dans l'eau traitée.....	34
Tableau 6 : Normes relatives aux Paramètres bactériologiques.....	38
Tableau 7 : Normes relatives aux Paramètres physico-chimiques.....	38

Résumé

L'eau potable est un bien vital, c'est une ressource indispensable pour la vie. L'eau est nécessaire à la vie humaine, animale, plantes, et pour l'utilisation domestique et industrielle mais peut être un facteur de maladie si sa qualité est mauvaise. Pour s'assurer de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine pour notre cas l'Office National de l'Eau potable-Laboratoire de la Station de traitement KBM est chargé de faire les contrôles nécessaires, l'eau issue en grande partie de l'oued Sebou subit un ensemble d'étapes de traitements pour obtenir une eau potable de bonne qualité.

Parmi ces étapes, on a la préchloration, la coagulation-floculation, la décantation, la filtration, et la désinfection. Au cours de ce travail, on a essayé de décrire les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques pour savoir la qualité de l'eau, tel que le pH, la conductivité, la turbidité, la température, le chlore résiduel et les méthodes d'analyses bactériologiques de l'eau brute et de l'eau traitée.

Dont les tâches principales sont :

- La découverte du système de fonctionnement de la station de traitement des eaux.
- Le contrôle de la qualité de l'eau brute et traitée en suivant des procédés bactériologiques et physicochimiques afin de la rendre potable.

Sommaire

Dédicace.....	2
Remerciement.....	3
Liste des Abréviations.....	4
Liste des figures.....	5
Liste des tableaux.....	6
Résumé.....	7
Sommaire.....	8
Introduction générale.....	9
<u>Partie I</u> : présentation de l'ONEE/BE.....	11
<u>Partie II</u> : Etude bibliographique.....	12
I. Pollution de l'eau.....	12
1. Les différents types de pollution de l'eau.....	12
2. Les maladies hydriques.....	13
II. traitement de l'eau.....	14
1. Description du site de stage.....	14
2. Les différentes étapes du traitement de l'eau d'OUED SEBOU.....	14
Dégrillage.....	14
Dessalage.....	14
Débourbage.....	14
Pré-chloration.....	14
Coagulation-floculation.....	14
Décantation.....	16
Filtration à sable.....	16
Filtration sur charbon actif granuleux.....	17
Désinfection.....	17
III. Contrôle bactériologique de l'eau.....	17
1. Les microorganismes recherchés.....	17
1.1 Les coliformes totaux.....	17
1.2 Les coliformes fécaux.....	17
1.3 Les streptocoques fécaux.....	18
1.4 Les bactéries <i>Clostridium</i> sulfite réducteurs.....	18
1.5 Les microorganismes revivifiables.....	18

Partie III : les méthodes d'analyse.....	18
I. Les analyses physicochimiques.....	18
Température.....	19
Turbidité.....	19
Ph.....	19
Conductivité.....	20
Chlore résiduel.....	20
Oxydabilité.....	20
Alcalinité.....	20
Dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique.....	21
Demande en chlore.....	21
Jar test.....	22
II. Les analyses bactériologiques.....	23
1. Analyse bactériologiques d'eau traitée.....	23
1.1. Description des méthodes utilisées.....	23
1.2. Les milieux de culture utilisés.....	23
1.3. la recherche des Bactéries coliformes.....	24
1.4. La recherche des <i>Escherichia coli</i>	25
1.5. la recherche des bactéries <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	26
1.6. la recherche des entérocoques intestinaux.....	27
1.7. La recherche des micro-organismes revivifiable.....	28
2. La méthode du nombre le plus probable	
2.1. La recherche et dénombrement des coliformes.....	30
2.2. Les streptocoques fécaux.....	31
Partie IV : résultats et discussion.....	32
I. Analyses physico-chimiques.....	32
II. Résultats des analyses microbiologiques de l'eau.....	34
1) Résultats d'analyse bactériologique de l'eau brute.....	34
2) Résultats d'analyse de l'eau traitée.....	35
Conclusion générale et perspective.....	36
Références bibliographiques.....	37
Annexes.....	38

INTRODUCTION GENERALE

Dans la nature ; l'eau est un milieu vivant, elle se charge des éléments présents dans les milieux qu'elle traverse (sels minéraux pris au contact des roches, matière organique, micro-organismes de l'écosystème, des bactéries qui prolifèrent dans le milieu aquatique ...). Ainsi, une eau peut présenter une odeur ou un goût désagréable, une turbidité élevée, un caractère entartré ou corrosive, ...etc. Le choix de l'eau à traiter avant distribution dépend de plusieurs facteurs. Pour chacune des ressources dont on dispose (eau souterraine, eau de surface courante ou stockée), on évalue :

- ✓ La quantité : la "source" doit être capable de fournir, en toute circonstance, la quantité d'eau nécessaire. Dans les pays à précipitations très variables, il peut être nécessaire de prévoir un barrage pour retenir pendant les périodes de pluies la quantité dont on aura besoin en période sèche.
- ✓ La qualité : la qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur. Il faut déterminer le procédé de traitement le mieux adapté pour potabiliser cette eau. Ce procédé doit être évalué en consommateur, l'eau arrivant au robinet de ce consommateur doit donc être "potable", c'est-à-dire répondre à la réglementation en vigueur.

Il est nécessaire de traiter l'eau chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieur aux normes. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) établit pour chaque paramètre, des recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays. Pour aboutir aux normes réglementaires nationales, ces normes fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et/ou de microorganismes pathogènes susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Pour avoir une eau potable, l'eau doit subir des étapes de traitement précises, ainsi que des analyses physico-chimiques et bactériologiques, c'est dans ce cadre que se situe le mémoire de fin d'étude au sein du laboratoire de la station de traitement de l'eau d'Oued Sebou /KARIA BA MOHAMED; L'objectif est de contrôler la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine dans le but de déterminer les différents paramètres de qualité de l'eau et les comparer aux valeurs fixées par la norme marocaine d'alimentation humaine en eau (NM 03.7.001), afin de ne pas nuire à la santé du public et assurer un confort pour les usagers.

Le présent travail se divise en 4 parties :

- ➡ Présentation de l'ONEE-branche eau
- ➡ Etude bibliographique.
- ➡ Méthodes d'analyse
- ➡ Résultats et discussion.

Partie I : Présentation de l'ONEE

(ONEP) créé en 1972, est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. En 2012 prend le nom **ONEE – Branche Eau**.

Ses **missions principales** vont de la planification et de l'approvisionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par les phases de l'étude, conception, réalisation, gestion et exploitation des unités de production et de distribution et du contrôle de la qualité des eaux jusqu'à la protection de la ressource et ce en collaboration et coordination avec les autres organismes concernés intervenants dans ce domaine.

➤ **Les missions de l'ONEE-Branche Eau :**

Ses missions principales vont de la planification et de l'approvisionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par les phases de l'étude, conception, réalisation, gestion et exploitation des unités de production et de distribution et du contrôle de la qualité des eaux jusqu'à la protection de la ressource.

➤ **Les principales activités :**

- **Planifier** : L'approvisionnement en eau potable du royaume et programmation des projets.
- **Etudier** : L'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production.
- **Gérer** : La production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- **Contrôler** : La qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- **Assister** : En matière de surveillance de la qualité de l'eau.
- **Participer** : Aux études en liaison avec les ministres intéressés des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

Partie II : Etude bibliographique

I. Pollution de l'eau

On appelle pollution de l'eau toute modification de la composition de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. C'est une modification chimique, physique ou microbiologique de ses qualités naturelles provoquée par l'homme et ses activités. L'utilisation de ces eaux polluées par les êtres humains est l'origine de nombreuses conséquences sérieuses pour leur santé, en provoquant des maladies graves.

1. Les différents types de pollution de l'eau :

Tableau 1 : Principaux types de pollution des eaux continentales, natures de produits polluants et leurs origines C. Levesque, Ecosystèmes aquatiques.

TYPES DE POLLUTION	NATURE	SOURCES
Physique		
Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
Chimique		
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agricultures, lessives
Métaux et métalloïdes	Mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic...	Industries, agriculture, pluies acides, combustion
Pesticides	Insecticides, herbicides, fongicides	Agriculture, industries
Organochlorés	PCB, solvants	Industries
Composés organiques de synthèse	Nombreuses molécules	Industries
Détergents	Agents tensio-actifs	Effluents domestiques
Hydrocarbures	Pétrole et dérivés	Industrie pétrolière
Microbiologique	Bactéries, virus, champignons	Effluents urbains

2 .Les maladies hydriques :

Les maladies hydriques provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. Ces eaux non potables sont le vecteur de micro-organismes (bactéries, eucaryotes, etc.), de virus et de contaminants chimiques (plomb, pesticides...) qui engendrent des troubles et des pathologies pouvant être mortelles.

Tableau2 : Exemples des maladies hydriques d'origine biologique.

ORGANISME	MALADIES	SYMPTOMES
Bactéries	Choléra <u><i>Vibrio cholerae</i></u>	Diarrhée, vomissement grave, déshydratation, souvent mortel si non traité
	Dysenterie bactérienne <u><i>Shigella</i></u>	Diarrhée ; rarement mortel excepté pour les enfants en bas âge sans traitement approprié
	Fièvre typhoïde <u><i>salmonelles</i></u>	Diarrhée, vomissement grave, agrandissement de la rate, intestins enflammés ; souvent mortelle si non traité
	Botulisme <u><i>Clostridium</i></u>	une paralysie des bras, des ambes, du tronc et des muscles respiratoires. Il n'y a pas de fièvre ni de perte de conscience
Virus	Hépatite infectieuse <u><i>virus A</i></u>	La fièvre, maux de tête important, perte d'appétit, douleur abdominale, jaunisse, inflammation du foie ; rarement mortel mais peut endommager de façon permanente le foie
	Poliomyélite <u><i>poliovirus</i></u>	la fièvre, de la fatigue, des céphalées, des vomissements, une raideur de la nuque et des douleurs dans les membres, peut entraîner en quelques heures une paralysie totale
Protozoaires	Dysenterie amibienne <u><i>Entamoeba histolytica</i></u>	Diarrhée grave, maux de tête, douleur abdominale, fièvre; si non traité peut causer un abcès du foie, la perforation des intestins et la mort
vers	Schistosomiase <u><i>Schistosoma mansoni</i></u>	Douleur abdominale, éruption cutanée, anémie, fatigue chronique, santé mauvaise générale chronique

II. Traitement de l'eau :

1. Description du Site de stage : Station de traitement KBM

Afin d'assurer le traitement **des eaux brutes pompées d'Oued Sebou**, la station est composée de deux filières :

- Première filière construite en 1985.
- Deuxième filière construite en 1999, construite suite à l'augmentation de la population.

Chacune contient un dessableur, un débourbeur, un flocculateur, un décanteur et deux filtres à sable.

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps

Le traitement classique d'une eau s'effectue en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres.

Afin d'alimenter la station par l'eau brute l'office a installé une station de pompage juste a coté d'OUED SEBOU, l'eau pompée est acheminée vers la station et plus précisément vers le répartiteur qui permet l'écoulement de E.B vers les deux dessableurs.

2. Les différentes étapes du traitement de l'eau d'OUED SEBOU :

- **Le dégrillage**

Le dégrillage a pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui retiennent les corps flottants et gros déchets, Il s'agit d'un système de protection de la station d'objets susceptibles de provoquer un déboucheur dans les différentes unités de l'installation. Il permet aussi de séparer les matières qui pourraient nuire à l'efficacité de l'eau ou de compliquer son exécution.

- **Le dessablage**

C'est un ouvrage qui permet l'élimination des particules de taille moyenne (sable, gravier) en stockant l'eau dans des bassins rectangulaires appelés dessableurs afin de permettre sa décantation. La capacité de chaque dessableur est de 50 m³.

- **Le débouillage**

Il permet d'éliminer les boues et de supprimer les particules en suspension ; Le débouillage est une cuve parallélépipède avec des racleurs pour l'évacuation des boues. Sa capacité est de 400 m³.

- **La pré-chloration**

La pré-chloration d'eau br te a pour but d'oxyder :

- ✓ Ions ferreux, manganoux ;
- ✓ Les nitrates, Nitrites ;
- ✓ La matière organique ;
- ✓ Les microorganismes (algues, planctons et bactéries...) qui sont susceptible de se développer dans les ouvrages de traitement.

En effet, l'oxydation de ces matières organiques, facilite une bonne floculation et décantation car leur décomposition permet la formation de gros floccs qui descendent sous l'effet de leur poids au fond de décanteur.

➤ Le produit généralement **utilisé** est le **chlore**.

• La coagulation-floculation

On procède au traitement de coagulation-floculation pour déstabiliser et assurer l'agglomération des particules colloïdales en suspensions.

Les colloïdes : Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels: D'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 μ m) d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électro négativement, ce qui engendrent des forces de répulsions inter colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible.

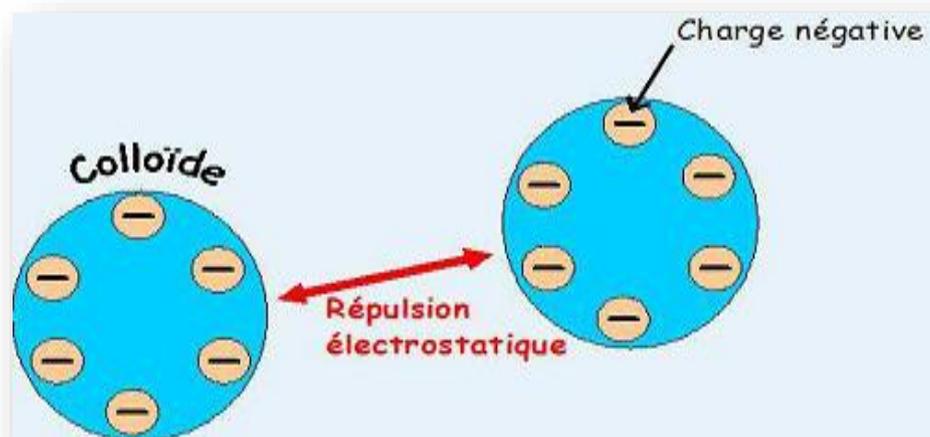


Figure 9: Structure des colloïdes

- **Coagulation** : La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est à dire de faciliter leur agglomération ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques. C'est généralement le sulfate d'alumine qui est utilisé. On peut expliquer l'action du sulfate d'aluminium de façon simplifiée selon le modèle suivant:

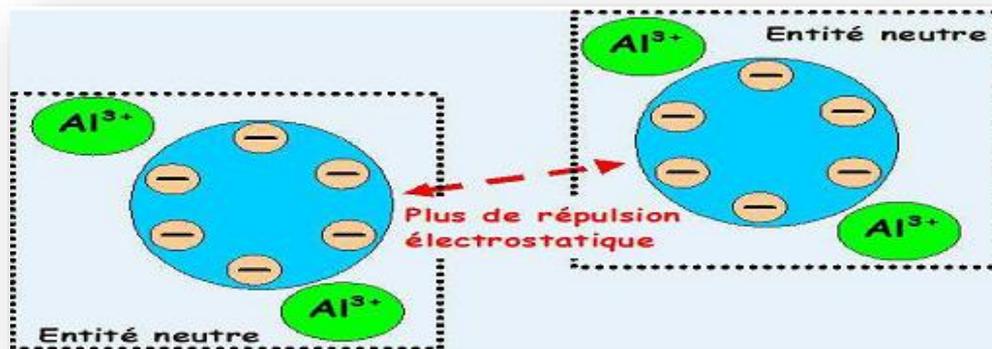
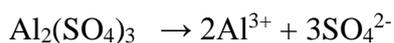


Figure 10: déstabilisation des colloïdes

Le sulfate d'aluminium est un solide ionique constitué d'ions aluminium (Al^{3+}) et d'ions sulfate (SO_4^{2-}). Comme tout solide, il est électriquement neutre et se compose de deux cations aluminium pour trois anions de sulfate: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Lors de son ajout dans l'eau, le sulfate d'aluminium se dissout pour former des cations d'aluminium et des anions de sulfate selon l'équation de dissolution:



Les cations Al^{3+} neutralisent la charge négative des colloïdes: ceux-ci ne se repoussent plus et peuvent entrer en contact, ils s'agglutinent.

➤ **Floculation :**

L'adjonction de floculant comme le poly électrolyte qui est un polymère floculant ainsi qu'une agitation lente provoque l'agglomération des colloïdes se transformant dès lors en une masse suffisante permettant la sédimentation des particules déstabilisées appelées Floccs: c'est la floculation.

NB : les doses de coagulants et floculant doivent être déterminés avec précision, sinon le floc qui va être formé va se briser facilement (fragile) ce qui va altérer la qualité de l'eau produite.

- **Décantation:**

La décantation est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer tous ou une grande partie des floccs. Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisés à la station sont rectangulaires ils possèdent une capacité de 200 m^3 .

- **Filtration à sable :**

La filtration consiste à faire passer l'eau à travers des matériaux poreux (lit de sable) afin d'éliminer les matières en suspension restants. Le but de la filtration est d'opérer à la séparation la plus complète possible entre l'eau et les fines particules n'ayant pu être récupérées par la décantation.

- **Filtration sur charbon actif granuleux :**

Le charbon actif est utilisé pour améliorer le goût des eaux et enlever les odeurs. La station contient trois filtres à charbon actif granuleux.

- **Désinfection:**

A la fin du traitement, l'eau filtrée est stockée dans des bâches, elle va être désinfectée par une chloration finale qui constitue une garantie supplémentaire pour sa potabilité, on peut aussi utiliser pour cela soit l'ozone, soit des rayonnements ultraviolets.

Le chlore en tant que désinfectant a les principaux avantages suivants:

- ✓ Une bonne efficacité pour tuer ou inactiver les bactéries.
- ✓ Une grande facilité d'utilisation.
- ✓ Un coût raisonnable.

Donc finalement, on obtient une eau potable qui peut être destinée à la consommation humaine.

L'eau est acheminée à travers des conduites vers les réservoirs pour qu'elle soit distribuée.

iv. Contrôle bactériologique de l'eau :

1. Les microorganismes recherchés

Les microorganismes recherchés dans l'analyse bactériologique des eaux sont les germes indicateurs de la pollution fécale puisque ces bactéries accompagnent toujours les germes pathogènes et leur nombre est beaucoup supérieur par rapport à ces derniers.

- ***Les coliformes totaux***
- ***Les coliformes fécaux (E. coli)***
- ***Les streptocoques fécaux (Entérocoques intestinaux)***
- ***Les anaérobies sulfite-réducteurs (Clostridium perfringens)***
- ***Les microorganismes revivifiables.***

1.1 Les coliformes totaux :

Les coliformes regroupent plusieurs espèces bactériennes de la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bactéries lactose-positives pouvant former des colonies en aérobiose à 37C° avec production d'acide si le milieu est gélosé (milieu de culture lactose sélectif et différentiel) ou bien la production d'acide et de gaz si le milieu est liquide (milieu liquide bilié lactosé au vert brillant).

Ce sont des micro-organismes aérobies et anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnet, Gram-, non sporulés et dépourvus d'oxydase.

1.2 Les coliformes fécaux (*E. coli*) :

Ils ont la même définition que les coliformes totaux. Ces coliformes sont capables de se développer à 44°C, alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est *Escherichia coli*.

1.3 Les streptocoques fécaux (E.I) :

Il s'agit d'un ensemble des bactéries de forme sphérique ou cocci, Gram+, disposés en pair ou en chaînette, ne possédant pas de catalase capable de croître à 37 °c en 48h. Leur présence dans l'eau indique une pollution d'origine fécale.

1.4 Les bactéries *Clostridium* sulfite réducteurs(ou leurs spores):

Ce sont des germes anaérobies appartenant à la famille des *Bacillacées* et au genre *Clostridium* et formant des spores, ils sont présents dans la matière fécale humaine et animale, ainsi que dans les eaux usées et le sol. A la différence des *Escherichia coli* et autres organismes coliformes, les spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes que la forme végétative à l'action des facteurs chimiques et physiques, alors leur présence dans l'eau désinfectée peut donc montrer que le traitement est déficient. Ils constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

1.5 Les microorganismes revivifiables :

Toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans un milieu de culture nutritif gélosé. Le but de la recherche de ces microorganismes aérobies non pathogènes dits revivifiables représente la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Partie III : Méthodes d'analyse

III. Les analyses physicochimiques :

Les analyses physicochimiques sont effectuées quotidiennement sur des prélèvements au niveau de l'eau brute, l'eau décantée, l'eau filtrée ainsi que l'eau traitée.

Les analyses pratiquées sont les suivantes :

- L'analyse physique consiste à mesurer la température, la turbidité, le pH et la conductivité.
- L'analyse chimique consiste à mesurer le TA, TAC, l'oxydabilité, dureté de l'eau, le chlore résiduel...

- **La température :**

La température conditionne un ensemble d'équilibres et d'échanges dans l'eau. Elle influence le pH et la solubilité des sels et des gaz, et sa mesure permet d'expliquer les paramètres d'analyse dont les valeurs y sont liées (pH, conductivité...). Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre. Cette mesure est toujours accompagnée de la mesure de température de l'air. L'unité d'expression est le degré Celsius.

- **Turbidité :**

La turbidité reflète les propriétés optiques d'une eau. Relatives à l'absorption ou à la diffusion de la lumière. Sa mesure permet de préciser des informations visuelles sur l'eau car elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau qui pourraient être du sol, de matières ou débris organiques, organismes microscopiques. La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre, elle est exprimée en NTU (nephelometric turbidity unit).



Figure 11:turbidimètre

- **Potentiel d'hydrogène pH:**

C'est un des paramètres opérationnels de la qualité de l'eau car il indique l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. Le pH est lié à la nature géologique des terrains traversés... La mesure du pH est réalisée par un pH-mètre.



Figure 12:pH mètre

- **Conductivité :**

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels Dissous dans l'eau. Cette mesure est effectuée par un conductimètre. L'unité de conductivité de l'eau est le micro-siemens par centimètre($\mu\text{S}/\text{cm}$)



Figure 13:un conductimètre

- **Chlore résiduel :**

Ce test a pour but de détecter la quantité du chlore libre dans l'échantillon à l'aide de DPD (diéthyle-para-phénylène diamine), sous forme de comprimé qui donne une coloration rose foncée susceptible d'un dosage colorimétrique. Il y a utilisation des disques colorés étalonnés et une comparatrice en lumière du jour pour la déduction des différentes teneurs en chlore.



Figure 14:chlorométrie

- **L'Oxydabilité :**

L'indice de permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cédée par l'ion permanganate et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

Le dosage de matière oxydable consiste à 2 étapes :

-oxydation par l'excès de KMnO_4 en milieu acide et à l'ébullition des matières oxydables contenues dans l'échantillon pendant 13 min.

-réduction de l'excès de KMnO_4 par l'acide oxalique en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par (KMnO_4).

- **Alcalinité :**

L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des hydroxydes (OH^-), des carbonates (CO_3^{2-}) et des hydrogénocarbonates (HCO_3^-). La technique d'analyse comporte la méthode volumétrique, basée sur la neutralisation d'un certain volume d'échantillon par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

Elle est déterminée par le calcul de deux titres :

T.A : Le titre alcalimétrique ou T.A. correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogénocarbonates par un acide fort.

T.A.C : Le titre alcalimétrique complet ou T.A.C. correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrocarbonates.

La connaissance des titres alcalimétriques est essentielle pour l'étude d'une eau et spécialement de son agressivité ou de sa tendance à être incrustante, puisque ces deux phénomènes dépendent de l'équilibre entre l'acide carbonique et les carbonates.

- **Dureté de l'eau ou titre hydrométrique de l'eau (TH) :**

C'est l'indicateur de la minéralisation de l'eau, il est surtout due aux ions calcium et magnésium.

La dureté totale se détermine par un dosage complexométrique par l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Ce réactif complexe Ca^{2+} , Mg^{2+} en milieu tamponné, en présence d'indicateur spécifique, le noir ériochrome.

- **La demande en chlore :**

La demande en chlore correspond à la dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle recommandée, après le temps de contact nécessaire. Cette dose est déterminée par la méthode de break point. Au laboratoire avant de déterminer le break point, il faut d'abord faire le titrage de l'eau de javel.

➔ **Titrage de l'eau de javel :**

On introduit successivement dans un erlenmeyer 1ml d'eau de javel, 10ml d'acide acétique, et puis 10ml de solution d'iodure de potassium. On titre par une solution de thiosulfate de sodium (0,1N) jusqu'à coloration jaune paille, on continue le dosage, goutte à goutte, jusqu'à décoloration.

NB: $C = TB * 3.55 = X \text{ g/l}$

➔ **Détermination du break point :**

L'expression internationale « break point » (point de rupture) est le « point bas » de la courbe obtenue en portant en ordonnées les teneurs résiduelles du chlore total et en abscisses les quantités du chlore ajouté. C'est le point à partir duquel l'eau brute ne consomme plus du chlore au bout de 30 mn du temps de contact.

- ✓ On prépare d'après une solution de l'eau de javel déjà titré de concentration connue une solution de l'eau de javel de concentration de 0.1 g/l ;
- ✓ On injecte des dose croissante dans une série de flacons de 100 ml d'eau brute ;
- ✓ Après un temps de contacte de 30 min à l'obscurité, on mesure le chlore résiduel à l'aide d'un comparateur de chlore.

La figure montre un exemple d'illustration d'un test de demande en chlore effectué au laboratoire :

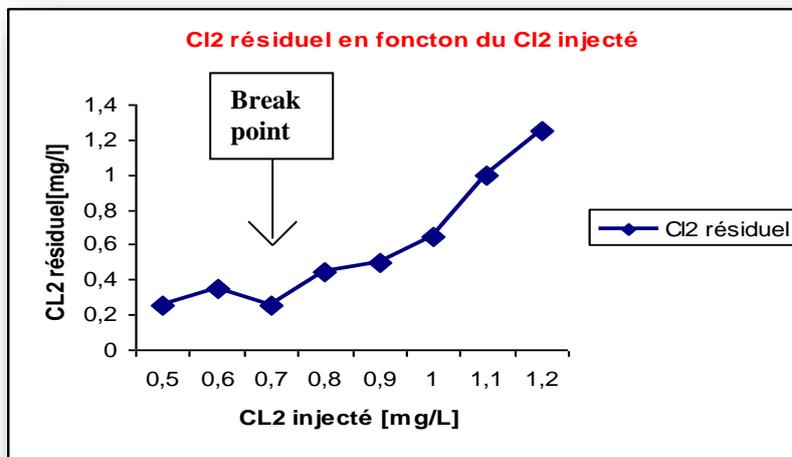


Figure 15: variation du chlore résiduel par rapport le chlore injecté

- **Jar Test:**

L'essai de Jar-test est une manipulation visant à déterminer la dose optimale du coagulant permettant le rabattement de la turbidité et de la MO, Son principe repose sur une variation des doses du coagulant dans une série de 6 béchers.

Le procédé consiste à suivre les étapes suivantes :

- 1- Préchloration par le chlore au Break-point/la demande en chlore ;
- 2- l'ajout des doses différentes d'un coagulant (SA) ;
- 3- Amélioration de l'essai par l'utilisation d'un floculant ;

D'après plusieurs mesures physico-chimiques effectuées sur les béchers, on détermine la meilleure dose du coagulant (le meilleur bécher).

→ **Caractéristique du choix de la dose optimale :**

- ✓ Turbidité de l'eau décantée < 5NTU.
- ✓ Turbidité de l'eau filtrée < 0.5 NTU
- ✓ Oxydabilité par KMnO_4 < 5 mg/L.
- ✓ $[\text{Al}] < 0.2 \text{ mg/L}$
- ✓ $6.5 < \text{pH} < 8.5$



Figure 16: Appareil Jar Test

IV. Les analyses bactériologiques :

1. Analyse bactériologiques d'eau traitée :

1.1 Description des méthodes utilisées : membrane filtrante & incorporation en milieu gélosé



Figure 9 : Appareils de filtration sur membrane

⇒ Principe de la technique de la MF :

C'est la méthode la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles ne contenant qu'une faible quantité de matière en suspension et un nombre relativement faible de germes (eaux traitées).

Consiste à filtrer un volume d'échantillon à travers une membrane filtrante en esters de cellulose de porosité $0.45\mu\text{m}$ et à déposer, avec le plus grand soin, cette membrane à la surface d'un milieu de culture gélosé, les bactéries retenues sont nourries à travers la membrane par les pores de celle-ci.

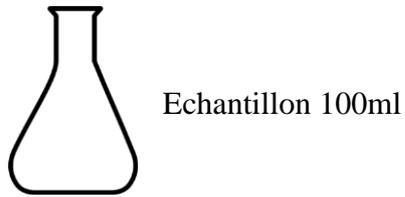
⇒ Principe de la technique d'incorporation en milieu gélosé :

La méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivifiables, elle consiste à mélanger dans une boîte de pétri 1ml et un de milieu gélosé, fondu et ramené à une température de 45°C environ.

1.2 .Les milieux de culture utilisés

- Milieu Tergitol 7 TTC
- Milieu SLANETZ
- Milieu TSC
- La gélose à l'extrait de levure

1.3. La recherche des Bactéries coliformes:



Après filtration de 100ml d'échantillon sur membrane de 0,45 μm , la membrane est déposée sur :

Milieu de culture Tergitol 7 TTC

Incubation 37°C/24H

Dénombrement des colonies typiques (jaunes avec halo jaune)

UFC/100ml

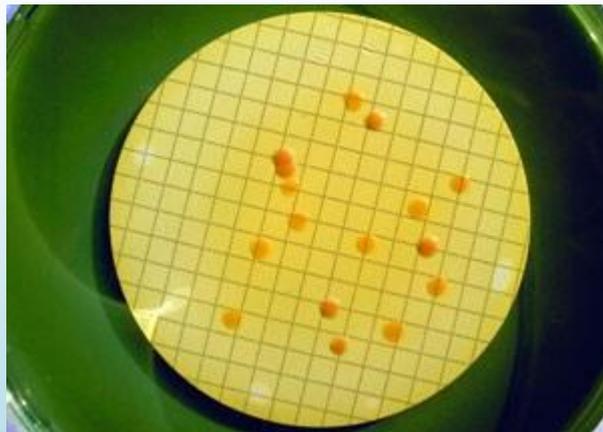


Figure 11: la méthode d'analyse des Bactéries coliformes dans l'eau traitée (NM ISO 9308-1 année 2006)

1.4. La recherche des *Escherichia coli* :



Echantillon 100ml

Après filtration de 100ml d'échantillon sur membrane de 0,45 μm , la membrane est déposée sur :

Milieu de culture Tergitol 7 TTC

Incubation 44°C/24H

Dénombrement des colonies typiques (jaunes avec halo jaune)

UFC/100ml

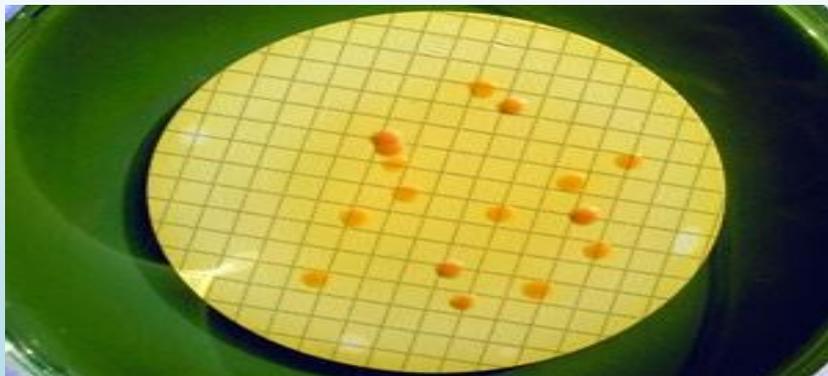


Figure 12 : la méthode d'analyse des *Escherichia coli* dans l'eau traitée (NM ISO 93081-année 2006)

1.5 .la recherche des bactéries *Clostridium* sulfito-réducteurs

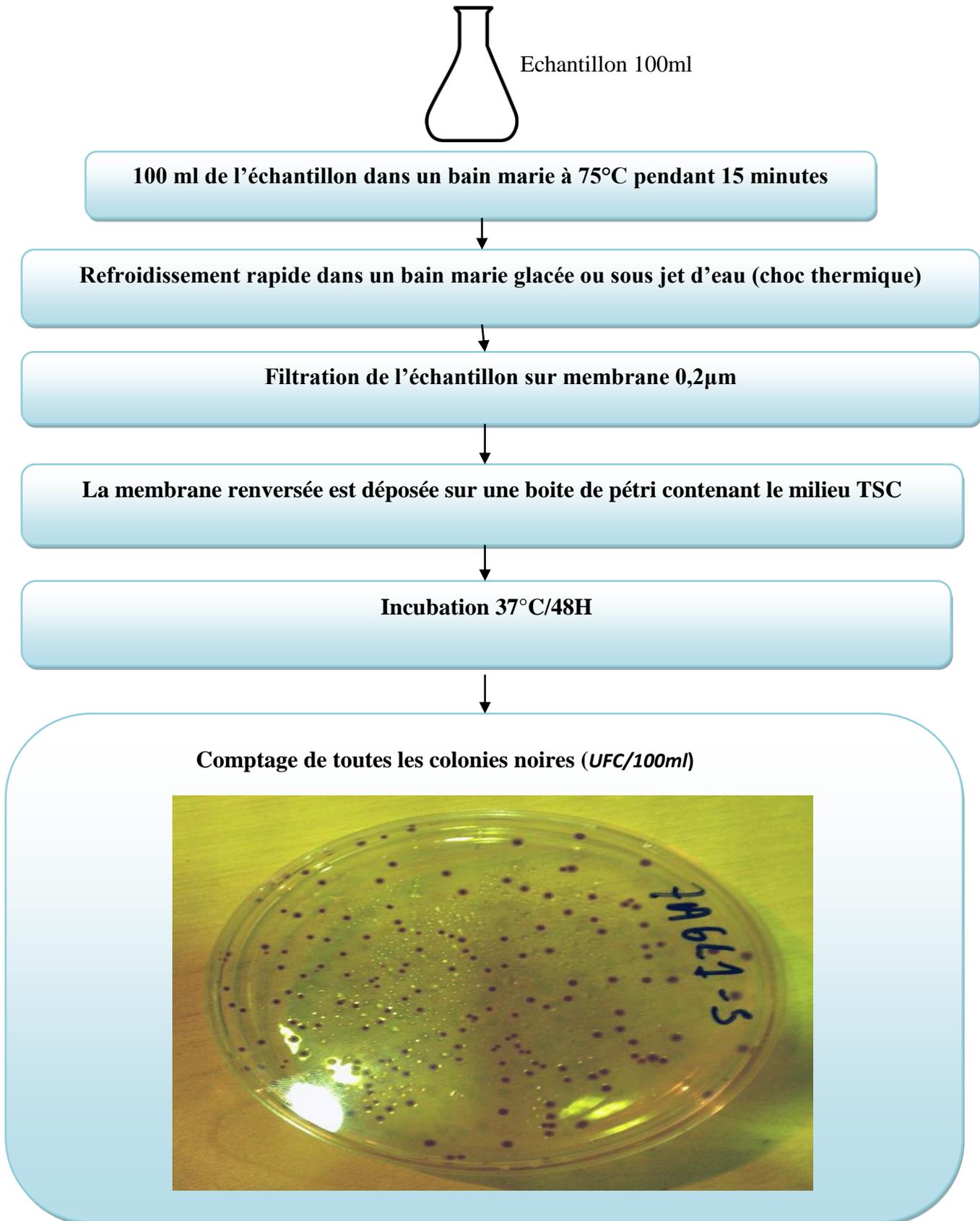
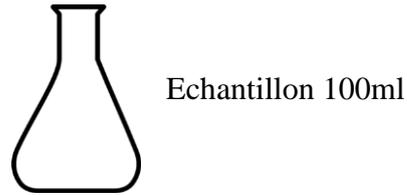


Figure 13: la méthode d'analyse de *Clostridium* dans l'eau traitée (NM ISO 6461-2 année 2006)

1.6 .la recherche des entérocoques intestinaux :



Après filtration de 100 ml d'échantillon sur membrane de 0,45 µm, la membrane est déposée sur :

Milieu SLANETZ

Incubation 37°C/48H

Dénombrement des colonies de couleur (rouge-marron)

(UFC/100ml)

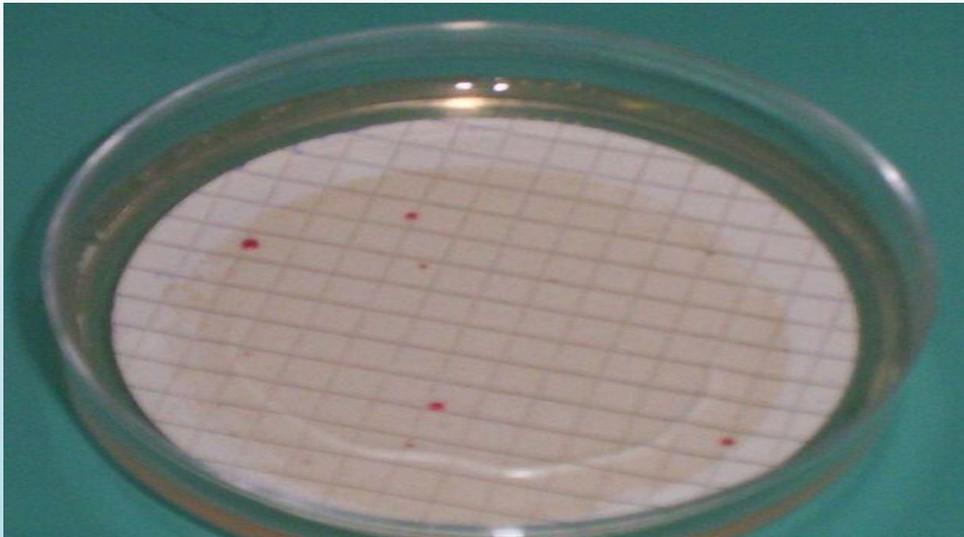
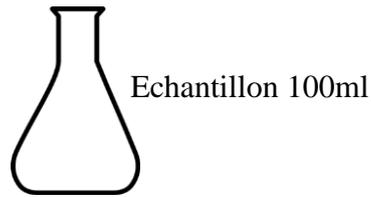


Figure 14 : La méthode d'analyse des *Entérocoques* intestinaux dans l'eau traitée (NM ISO 7899 année 2006)

1.7. La recherche des micro-organismes revivifiables :



La gélose à l'extrait de levure est chauffée dans un bain marie à $T=100^{\circ}\text{C}$

Technique d'incorporation en gélose :

1 ml d'échantillon par boîte puis est ajouté 15 à 20 ml de gélose à extrait de levure



Incubation $22^{\circ}\text{C}/72\text{H}$

Boîte de pétri de 90 mm
de diamètre



Incubation $37^{\circ}\text{C}/48\text{H}$

Dénombrement de toutes les colonies ($\text{UFC}/1\text{ml}$)



Figure 15 : la méthode d'analyse des MO revivifiables dans l'eau traitée (NM ISO 6222 année 2006)

2 .La méthode du nombre le plus probable :

Cette méthode est une évaluation par calcul statistique du nombre le plus probable d'unité infectieuse, après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tubes de milieu de culture liquide, et en tenant compte du nombre respectif de culture positive ou négative obtenue. Elle est applicable à toutes les eaux et en particulier les eaux brutes, riches en matière en suspension et en nombre élevé de germes. (RODIER et al.,1997).

❖ Principe de la technique :

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation en tubes multiples. Elle consiste à ensemercer trois milieux de culture par dilution, les tubes ensemençés contiennent un milieu nutritif.

Dans un premier temps, ces tubes sont portés à l'étuve pour l'incubation, et ce test est dit présomptif, parce que la réaction observée peut être due parfois à la présence d'autres germes ou d'autres bactéries ayant les mêmes propriétés que celle recherchées, la réaction ne donne donc qu'une présomption et la présence des bactéries recherchées doit être confirmée.

La confirmation se fait par un repiquage des tubes positifs dans d'autres tubes qui contiennent des milieux de cultures spécifiques pour tout genre de bactéries à rechercher.

Les bactéries éventuellement présentes sont révélées par des propriétés caractéristiques qui leur sont propres. (Exemple pour les coliformes leur présence est révélée par du trouble du milieu et la présence de gaz dans la cloche). On compte ensuite le nombre de séries de tubes positifs (choix du triplet) et on obtient les résultats en extrapolant sur une table statistique appelée: table de Mac Craddy.

2.1. La recherche et dénombrement des coliformes :

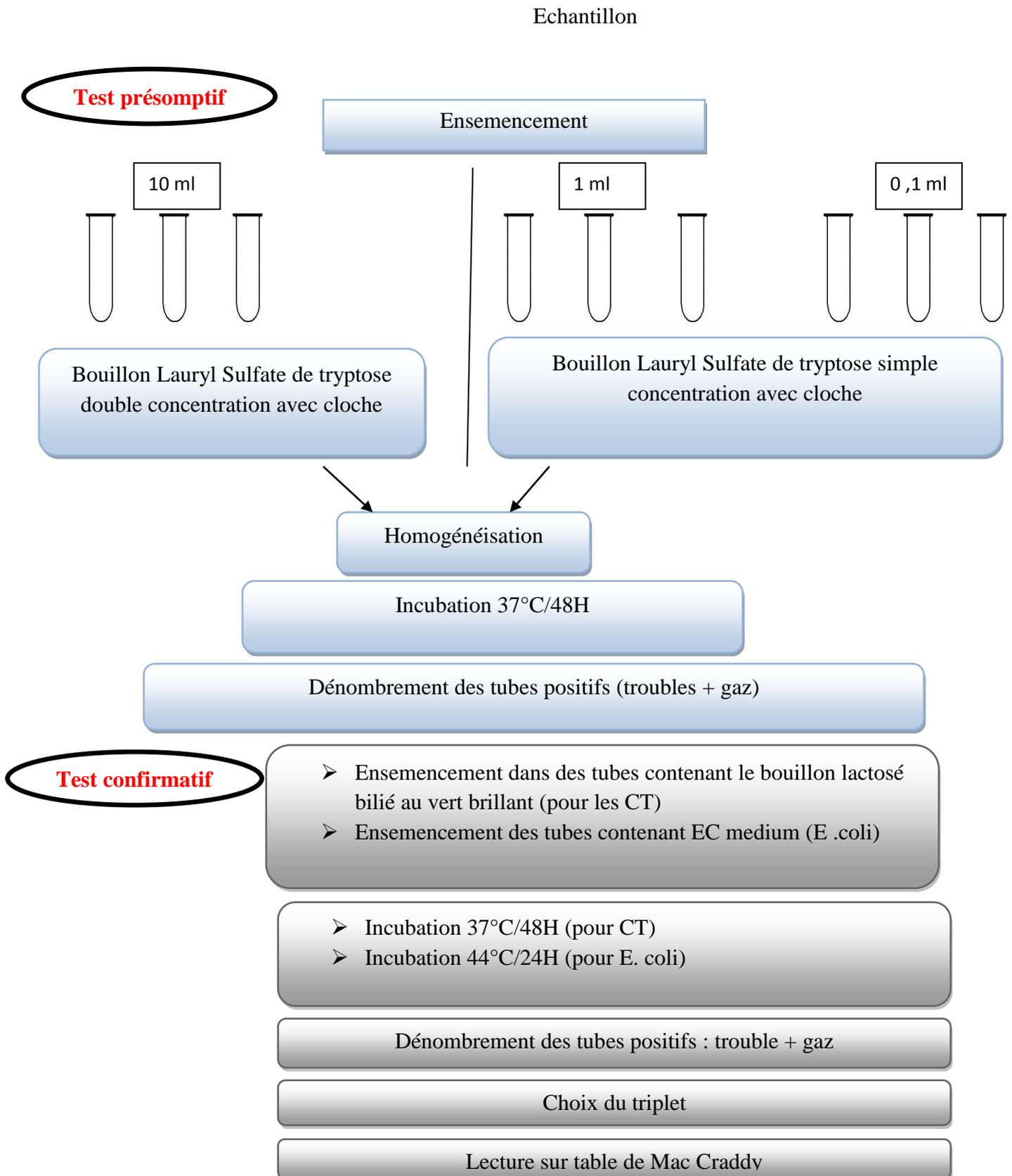


Figure16: la méthode d'analyse des coliformes totaux dans l'eau br te

2.2. Les streptocoques fécaux :

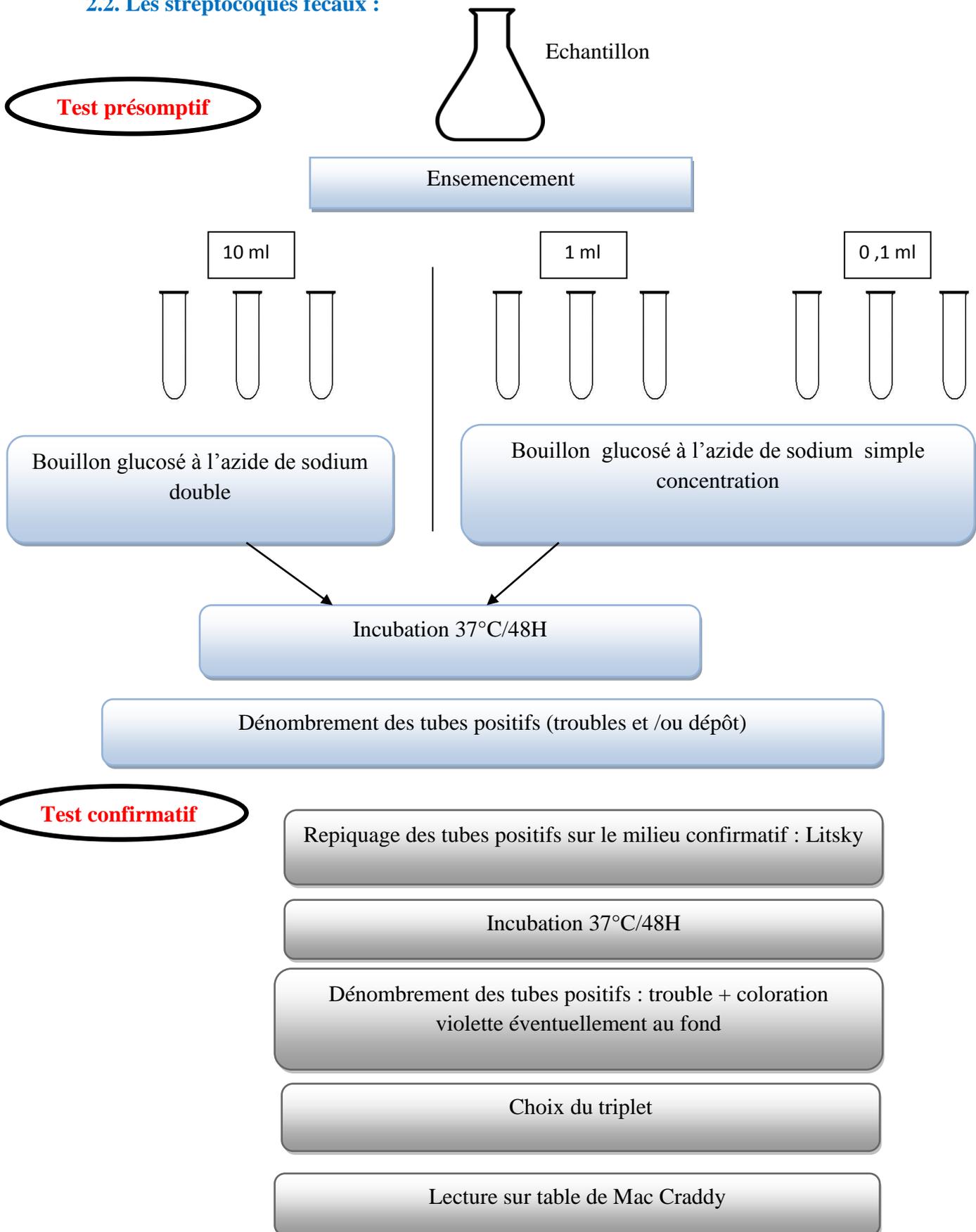


Figure 17: la méthode d'analyse des streptocoques fécaux dans l'eau brute

Partie IV : Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées pour les différents paramètres, sont présentés dans le tableau suivant en nombre exprimant la moyenne de 3 valeurs prises lors de ces analyses.

Tableau 3 : les mesures des paramètres physico-chimiques

Paramètre	l'eau brute		l'eau traitée	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Turbidité (NTU)	25,76	2,46	0,33	0,11
pH	8,01	0,094	7,41	0,22
Oxydabilité(mg/l)	2,70	0,35	1,16	0,21
TAC (meq/l)	4,13	0,26	4,03	0,72
Conductivité (µS/cm)	—		1057,33	6,05
chlore résiduel (mg/l)	—		0,86	0,02

Interprétations:

- La turbidité de l'eau brute est élevée, alors que celle de l'eau traitée ne dépasse pas **1NTU** fixée par la norme marocaine « en terme de médiane ». Cette diminution est liée à l'injection de sulfate d'alumine et chlore pendant coagulation –floculation et pré –chloration.
- Le pH de l'eau brute est élevé, à cause de la présence de carbonate et bicarbonate alors que celui de l'eau traitée est compris **6,5<pH<8,5** fixée par la norme marocaine. Cette diminution est due aux ions H^+ libérés qui acidifient l'eau, lors du traitement (coagulation-floculation).
- L'oxydabilité de l'eau brute est supérieure à celle de l'eau traitée qui ne dépasse pas **2mg/l** fixée par la norme marocaine « cette valeur doit être respectée au départ des installations de traitement », ceci s'explique que dans l'eau traitée les matières organiques sont oxydées dans l'étape de pré-chloration.
- On remarque que le TAC de l'eau brute est supérieur à celui de l'eau traitée. Ceci s'explique, que dans l'eau brute on a la présence de tous les ions dissous alors que dans l'étape de coagulation-floculation la concentration de ces derniers diminue.
- On remarque que la conductivité de l'eau traitée qui ne dépasse pas **2700 $\mu s/cm$** fixée par la norme marocaine. Ces valeurs peuvent être variées selon la présence des ions dans l'eau brute et selon la dose de réactifs de traitement injecté. La conductivité diffère donc suivant les régions et les traitements qu'elle a subit pour être potable.
- La teneur moyenne en chlore résiduel de l'eau traitée est comprise entre **0,5 et 1 mg/l**, fixée par la norme marocaine alors que l'eau brute ne contient pas de chlore.

II. Résultats des analyses microbiologiques de l'eau

1) Résultats d'analyse bactériologique de l'eau brute:

Tableau 4: résultats des tests présomptifs et confirmatifs pour les coliformes, *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux:

	Nombre le plus probable						Résultats (UFC /100ml)		
	Test présomptif			Test confirmatif					
	10	1	10 ⁻¹	10	1	10 ⁻¹	Dilution	NPP	Résultats NPP/t
CT	3	3	3	3	3	2	1	1100	1100
CF	–	–	–	3	2	0	1	93	93
SF	3	1	1	3	1	1	1	75	75

2) Résultats d'analyse de l'eau traitée :

Tableau 5: Résultats de dénombrement des indicateurs de contamination fécale et les micro-organismes revivifiables dans l'eau traitée

Microorganismes	UFC/100ml
CT	0 UFC /100ml
CF	0 UFC /100ml
EI	0 UFC /100ml
CSR	0 UFC /100ml
MOR à 22°C	0UFC/ml
MOR à 37°C	0UFC/ml

Les résultats obtenus montrent une chute du nombre de bactéries indicatrices de la contamination fécale des eaux, au cours des étapes de traitement. Le nombre des C, *E. coli* et EI passe respectivement 1100, 93, et 75 colonies par 100ml, dans l'eau brûte à des valeurs nulles dans l'eau traitée Cette importante diminution remarquée, grâce à la filière de traitement (précisément suite au processus de chloration de l'eau), est témoin de la production d'une eau potable conforme aux exigences de la norme marocaine (NM. 03.07.001/2006).

D'après ces résultats, on constate qu'il y a une élimination radicale des microorganismes indicateurs de pollutions dans les eaux, donc on peut déduire l'efficacité du système de traitement de la station de traitement de l'eau.

CONCLUSION GENERALE ET

PERSPECTIVE

Au terme de ce travail, durant lequel, nous avons essayé d'approfondir nos données sur les différentes étapes du traitement de l'eau brute pour le rendre consommable. Pour contrôler l'efficacité de ce traitement, nous avons fait une comparaison entre l'eau avant et après traitement par des analyses physico-chimiques et bactériologiques qui ont montré des résultats respectant les VMA posées par la Norme Marocaine de point de vue bactériologique ou physico-chimique.

Durant la période de ce stage il est très important de signaler les remarques suivantes :

- ✓ Les essais expérimentaux effectués au cours de ce stage au sein du laboratoire m'ont permis de confronter mes connaissances scientifiques et techniques accumulées à la Faculté des Sciences et Techniques, qui m'ont permis une ouverture sur le monde professionnel de contrôle de qualité des eaux au laboratoire de l'ONEE/BE.
- ✓ Ce stage a été pour moi un ajout important dans le domaine industriel, il m'a permis d'élargir mes connaissances concernant le fonctionnement d'une station de traitement des eaux naturelles.

Références bibliographiques

- Encyclopédie Wikipédia.
- Levesque C .1996 . Ecosystèmes aquatiques éd. Hachette
- Norme Marocaine : élaborée par le comité technique de normalisation des eaux d'alimentation humaine éditée et diffusée par le Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)
- Microbiologie de l'eau (livre d'ONEE).
- Rodier J et al. 1996. l'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod 8ème éd. Paris1383 p.
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution_de_l'eau
- <http://www.wikiwater.fr/e26-analyse-et-qualite-de-l-eau.html>.
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Maladie_Hydrique
- <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biotech/microbio/milieus.html>.

Annexes

Normes relatives à la qualité de l'eau

➔ Tableau 6: Paramètres bactériologiques

Paramètres	Valeurs maximales admissibles (VMA)
<i>Escherichia coli</i>	0 /100ml (les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0.1et1mg/l à la distribution 0.5à1mg/l à la production)
Entérocoques intestinaux	0 /100ml
Coliformes	0 /100ml
Spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs	0 /100ml
micro-organismes revivifiables à 22°C à 37°C	100/ml 20/ml

➔ Tableau 7: Paramètres physico-chimiques

Paramètres	Expressions des résultats	VMA	Commentaires
Turbidité	Unité de turbidité Néphélométrie (NTU)	5	Turbidité médiane ≤ 1NTU et turbidité de l'échantillon ≤ 5NTU
Potentiel hydrogène	Unité	6.5 < PH < 8.5	Pour que la désinfection d'eau par le chlore soit efficace, le PH doit être de préférence < 8
Conductivité	us/cm à 20°C	2700	
Oxydabilité au KMnO ₄	O ₂ : mg O ₂ /l	5	La valeur de 2 mg O ₂ doit être respectée au départ des installations de traitement

Milieu Tergitol 7 TTC :

Peptone pancréatique de viande.....	10.0g
Extrait de viande.....	5.0g
Extrait autolytique de levure.....	6.0g
Lactose	20.0g
Tergitol 7.....	0.1g
Bleu de bromothymol.....	0.05g
Agar agar bactériologique.....	10.0g

Milieu TSC :

Tryptone	15.0g
Peptone papainique de soja	5.0g
Extrait autolytique de levure.....	5.0g
Métabisulfite de sodium.....	1.0g
Citrate ferrique ammoniacal	1.0g
Agar agar bactériologique.....	15.0g

Milieu Slanetz :

Tryptose	20.0g
Extrait autolytique de levure.....	5.0g
Glucose.....	2.0g
Phosphate dipotassique.....	4.0g
Azide de sodium.....	0.4g
Agar agar bactériologique.....	10.0g

Gélose extrait de levure

Tryptone.....	6.0g
Extrait autolytique de levure.....	3.0g
Agar agar bactériologique.....	10g

Bouillon Lauryl sulfate tryptose

Tryptose.....	20.0g
Lactose.....	5.0g
Phosphate dipotassique.....	2.75g
Phosphate monopotassique.....	2.75g
Chlorure de sodium.....	5.0g
Lauryl sulfate de sodium.....	

Bouillon lactosé vert brillant

Tryptone.....	10.0g
Bile de boeuf bactériologique.....	20.0g
Lactose.....	10.0g
Vert brillant.....	13.3mg

Bouillon Ec medium

Tryptone.....	20.0g
Lactose.....	5.0g
Sels biliaires no.....	1.5g
Phosphate dipotassique.....	4.0g
Phosphate monopotassique.....	1.5g
Chlorure de sodium.....	5.0g

Bouillon Rohth

Tryptone.....	45g
Extrait de levure.....	7.5g
Glucose de sodium.....	7.5g
Azide de sodium.....	0.2g

Bouillon Litsky

Polypepyone.....	20.0g
Glucose.....	5.0g
Chlorure de sodium.....	5.0g
Phosphate monopotassique.....	2.7g
Phosphate dipotassique.....	2.7g
Azide de sodium.....	0.3g
Ethyle violet.....	0.5mg