



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques
« Bio procédé Hygiène et Sécurité des Aliments (BPHSA) »

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU DE L'OUED OUM RABIA

Présenté par :

✓ **IKOU Jamal**

Soutenu le : 06/06/2017

Devant le jury composé de :

- ✓ **Mme FADIL Fatima (Encadrant)**
- ✓ **Mme MAFROUD Jamila (Co encadrant)**
- ✓ **Mr HARKI EL Houcine (Examineur)**

Année Universitaire 2016/2017

REMERCIEMENTS

Avant d'entamer la rédaction de mon modeste rapport j'adresse mes vifs remerciements à dieu et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à l'élaboration de ce travail ce qui m'a permis de connaître et découvrir de nouveaux horizons sur le plan professionnel et plus particulièrement à :

Monsieur **le Directeur** de l'Office Nationale d'Electricité et d'Eau potable de khénifra de m'avoir permis d'effectuer mon stage technique au sein d'une entreprise de taille telle que l'ONEE.

Monsieur **AARAB Lotfi**, professeur à la FST et coordinateur de la filière BPHSA pour son aide, ses conseils et ses grands efforts tout au long de l'année.

MADAME Fatima FADIL professeur A LA FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES pour l'aide, les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport et pour ses orientations durant la rédaction du rapport.

Mme Jamila MAFROUD, Mr Ahmed BELKHAIRI, Mr OUHBAL Brahim et tous les membres de la station, pour leurs bienveillances, leurs encadrements et leurs conseils.

MES PROFESSEURS pour leur disponibilité, leur assistance, et pour les efforts qu'ils consacrent pour ma formation.

DÉDICACE

Je dédie ce travail

A ma mère et mon père

Je souhaite que dieu leur donne une longue vie

A ma sœur et mes frères

A tous le personnel d'ONEE

Aux étudiants de la licence Bioprocédé Hygiène et Sécurité des Aliments

A tous mes amis, à qui je souhaite un très bon avenir

ABRÉVIATION

ONEE/BE: Office Nationale d'Electricité et d'Eau potable/Branche Eau

MES : Matière En Suspension

C : Coliformes

CT : Coliformes Totaux

MO : Micro-Organisme

EI : Les Entérocoques Intestinaux

CSR : Clostridium Sulfito Réducteurs

VMA : Valeur Maximale Admissible

PH : Potentiel d'Hydrogène

NTU : Unité Néphélométrie

DPD : Diéthyl Paraphénylène Diamine

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

E.D.T.A : Acide Ethylène Diamine Tétracétique

NPP : Nombre le Plus Probable

UFC : Unité Formant Colonie

E.T : Eau Traitée

E.B : Eau Brute

M.R : Microorganismes Revivifiables

S.F : Streptocoques Fécaux

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : mélangeur- répartiteur.....	5
<u>Figure 2</u> : Un débourbeur	5
<u>Figure 3</u> : décanteur lamellaire	6
<u>Figure 4</u> : Les filtres à sable	7
<u>Figure 5</u> : Les osmoseurs.....	7
<u>Figure 6</u> : PH-mètre.....	10
<u>Figure 7</u> : Turbidimètre	10
<u>Figure 8</u> : Conductimètre.....	11
<u>Figure 9</u> : Comparateur Chlorométri.....	11
<u>Figure 10</u> : Titre Alcalimétrique.....	11
<u>Figure 11</u> : Jar Test.....	12
<u>Figure 12</u> : La méthode d'analyse des coliformes Totaux et fécaux dans l'eau traitée.....	13
<u>Figure 13</u> : La méthode d'analyse des <i>Entérocoques</i> Intestinaux dans l'eau traitée.....	14
<u>Figure 14</u> : La méthode d'analyse des clostridiiums sulfito réducteur dans l'eau traitée.....	15
<u>Figure 16</u> : La méthode d'analyse des spores des MO revivifiables dans l'eau traitée	16
<u>Figure 17</u> : La méthode d'analyse des coliformes Totaux dans l'eau brute.....	17
<u>Figure 18</u> : la méthode d'analyse des Entérocoques intestinaux dans l'eau brute.....	18

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : un tableau qui résume les différentes VMA des MO recherchés fixées par la norme Marocaine NM 03 7 001 VERSION 2006	3
<u>Tableau 2</u> : un tableau qui résume les différentes VMA des MO recherchés fixées par la norme Marocaine NM 03 7 001 VERSION 2006	9
<u>Tableau 3</u> : la moyenne des résultats des analyses physico chimiques de l'eau brute et traitée.....	21
<u>Tableau 4</u> : Résultats des analyses physico chimiques de l'eau brute et traitée.....	22

SOMMAIRE

➤ Introduction	1
➤ Présentation de l'ONEE	2

PARTIE 1 : BIBLIOGRAPHIE

I)- Pollution de l'eau	3
1)- 1-Les différents types de pollution de l'eau.....	3
2)- Les maladies hydriques	4
II)- Traitement de l'eau d'Oued OUM RABIA.....	4
1)- Pré traitement de l'eau d'Oued OUM RABIA	4
1.1)- dégrillage	4
1.2)- Pré chloration	5
1.3)- mélangeur- répartiteur.....	5
1.4)- Débourage	5
1.5)- Le débourage	5
2)- Traitement de l'eau d'Oued OUM RABIA	6
2.1)- Coagulation –Floculation	6
2.2)- Répartiteur –mélangeur	6
2.3)- Décantation.....	6
2.4)- Filtration à sable.....	7
2.5) Déminéralisation et <i>La</i> Reminéralisation de l'eau	7
2.6)- Désinfection	7
2.7)- Réservoirs de stockage.....	8
III)- Contrôle bactériologique de l'eau	9
1)- Les microorganismes recherchés	9
1.1)- Les coliformes (C) :	9
1.1.1)- Coliformes Totaux :.....	9
1.1.1)- Les coliformes fécaux (<i>E.coli</i>).....	9
1.2)- <i>Entérocoques</i> intestinaux (EI):.....	9
1.3)- Bactéries <i>Clostridium</i> sulfite réducteurs	10
1.4)-Microorganismes revivifiables.....	10
2.) Aspect législatif.....	10

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

I)- Les analyses Physico-Chimiques	11
1)- Mesure du pH.....	11
2)- Mesure de la turbidité.....	11
3)- Mesure de la Conductivité.....	12
4)-Chlore Résiduel	12
5)- Détermination de l'Alcalinité de l'eau	12
6)- la dureté total ou titre hydrométrique (TH).....	13
7)- La dureté calcique	13
8)-Détermination de l'Oxydabilité.....	13
9)- Jar Test	13
10)-Détermination de la température	13
II)-Les analyses Bactériologiques	14
1)- Les analyses de l'eau traitée	14
1.1)- -La recherche des CT et CF.....	15
1.2)- La recherche des <i>Entérocoques</i> Intestinaux.....	16
1.3)- La recherche des Bactéries <i>Clostridium</i> sulfite réducteurs.....	17
1.4)- La recherche des microorganismes revivifiables	18
2)- Les analyses de l'eau brute :	19
2.1)- la recherche des Coliformes :.....	20
2.2)- La recherche des Streptocoques fécaux:.....	21

PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

I)- Résultat des analyses physico- chimiques de l'eau brute et l'eau traité.....	22
II)- Résultat des Analyses Bactériologique.....	23
➤ Conclusion	24
➤ Références.....	25
➤ Annexes.....	26

INTRODUCTION

L'eau est une composée chimique omniprésente sur la terre essentielle pour tous les organismes vivants connus. Elle est l'une des deux éléments les plus précieux des patrimoines de l'humanité (l'eau et l'oxygène).

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque sur notre santé.

Des normes ont été établies pour fixer notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substance nocives susceptibles d'être présentes dans l'eau, le fait qu'une eau soit conforme aux normes ,c'est -à-dire potable, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matière polluante mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

C'est dans cette thématique, nous avons réalisé ce stage de projet de fin d'études à l'Office Nationale d'Electricité et d'Eau potable/Branche Eau (ONEE/BE).

, dans le but de montrer l'importance et l'efficacité des différentes étapes de traitement des eaux.

Le présent travail comporte de deux étapes principales:

- ✓ Analyses bactériologiques des eaux brutes et des eaux traitées destinées à la consommation humaine.

- ✓ Analyses physico-chimiques des eaux brutes et des eaux traitées effectuées au sein du Laboratoire de l'ONEE khénifra.

PRÉSENTATION DE L'ONEE

L'ONEE/BE Créé en 1929 par Dahir sous le nom de REIP (Régie d'Exploitation Installation et Planification), puis REP (Régie d'Exploitation et Planification), et en fin sous le nom de l'ONEP en 1972. En 2011, ONEP est regroupé avec l'ONE au sein d'un même établissement public dénommé ONEE.

Les missions principales de l'ONEE :

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 cela en collaboration et coordination avec les autres organismes concernés intervenants dans ce domaine.

L'ONEE rempli les fonctions suivantes :

- **Planifier:** l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la programmation des projets.
- **Etudier:** l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production et de distribution.
- **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 ministères intéressés, des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de la mission.

Station de traitement de Khénifra :

La station de traitement de Khénifra est constituée en 1987 et installée près de la rive d'oued Oum Rabia, elle concerne le traitement de l'eau brute suivent sa qualité qui change durant l'année pour la rendre potable selon les normes marocaines.

PARTIE 1 : BIBLIOGRAPHIE

I. Pollution de l'eau

1)-Les différents types de pollution des eaux :

L'eau est indispensable pour la vie mais peut comporter des risques pour notre santé, ces risques sont dus à la pollution de l'eau, ils peuvent être chimique, biologique ou bien physique.

Le tableau 1 représente les types de pollution ainsi que quelques exemples de chaque type :

Tableau 1: Principaux types de pollution des eaux continentales, nature de produits polluants et leurs origines, d'après C. L'évêque, Écosystèmes aquatiques (Hachette, 1996)...

TYPES DE POLLUTION	NATURE	SOURCES	
Physique	Thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
	Radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
chimique	métaux et métalloïdes	mercure, cadmium, plomb, aluminium, arsenic ..	industries, agriculture, pluies acides, combustion
	Pesticides	insecticides, herbicides, fongicides	agriculture, industries
	organochlorés	PCB, solvants	Industries
	hydrocarbures	pétrole et dérivés	industrie pétrolière, transports
Microbiologique	bactéries, champignons	virus, effluents urbains et d'élevage	

2)-Les maladies hydriques :

Ces maladies sont causées par une eau sale, qui a été contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques.

Les maladies hydriques liées à une pollution de l'eau par l'absence de structures d'assainissement appropriées contaminant l'eau potable. On peut citer: le Choléra (*Vibrio cholerae*), la Typhoïde (*Salmonelle typhique*), la Dysenterie Bacillaire (*Shigella*), l'Hépatite infectieuse (Virus de l'hépatite).

Les maladies hydriques liées à une pollution de l'eau par des substances chimiques : ces substances ne sont pas éliminées par l'organisme et peuvent devenir toxiques si elles sont ingérées en grande quantité :

- Le plomb peut être à l'origine du saturnisme, ainsi que de certains dysfonctionnements physiques (trouble de la reproduction, insuffisances rénales, etc.).
- Les nitrates peuvent entraîner un empoisonnement du sang (la maladie bleue) qui affecte plus particulièrement les nourrissons.
- Les pesticides peuvent engendrer certains cancers et maladies neurologiques.
- Enfin, l'arsenic peut être cancérigène.

II. Le traitement de l'eau d'Oued OUM RABIA

En général, le traitement complet d'une eau destinée à l'alimentation humaine, permet l'élimination des matières en suspension et des matières organiques ainsi que la destruction des microorganismes qui existent dans l'eau brute.

Pour rendre l'eau potable, la station applique des traitements qui peuvent varier suivant la qualité et l'origine de l'eau :

- Si l'eau a un taux de en matières en suspension : M.E.S>2g/l : l'eau doit subir un prétraitement.
- Si l'eau a un taux de matières en suspension : M.E.S<2g/l : l'eau sera directement pompée vers la station de traitement.

1)-prétraitement de l'eau d'oued Oum Rabia

1.1)-Dégrillage :

Le dégrillage est le premier poste dans la station, c'est un traitement physique car il a pour but d'éliminer, séparer et évacuer les grosses matières volumineuses transportées par l'eau brute.

1.2)-Pré chloration :

Cette opération a pour but d'éliminer toute matière Indésirable : la suppression des odeurs, destruction des germes pathogènes et oxydation des matières organiques. Pour cela le chlore est stocké dans des tanks sous forme liquide extrait sous forme gazeuse et injecté sous forme d'eau chloré en amont de traitement pour le pré chloration et en aval pour la désinfection.

1.3)-Le mélangeur- répartiteur :

Il assure à la fois le mélange de l'eau brute avec le chlore ainsi la répartition de l'eau dans les débourbeurs.



Figure 1 : mélangeur- répartiteur

1.4)-Débouillage :

Il permet d'éliminer les boues et de supprimer les particules en suspension, Il constitue une pré décantation.



Figure 2 : Un débouilleur

2)-Traitement de l'eau d'Oued OUM RABIA

2.1)-Coagulation – Flocculation :

* Coagulation : cette opération a pour but de **faciliter** l'agglomération des particules en suspension par la neutralisation des charges électrostatiques des particules colloïdales en injectant le sulfate d'Alumine.

* Flocculation : C'est l'agglomération des particules coagulées. Ces particules s'agglomèrent pour former des floccs qui se sédimentent par gravitation. On utilise dans la station de traitement le poly électrolyte qui est un polymère flocculant.

2.2)- Répartiteur –mélangeur :

C'est un ouvrage qui répartit l'eau brute sur les 3 décanteurs lamellaires de la station. Son 2^{ème} rôle est de mélanger les réactifs de traitement (chlore, sulfate d'alumine, poly électrolyte et le charbon actif

2.3)-Décantation :

Sédimentation des particules et des floccs en agissant sur la vitesse de chute dans l'eau en mouvement.

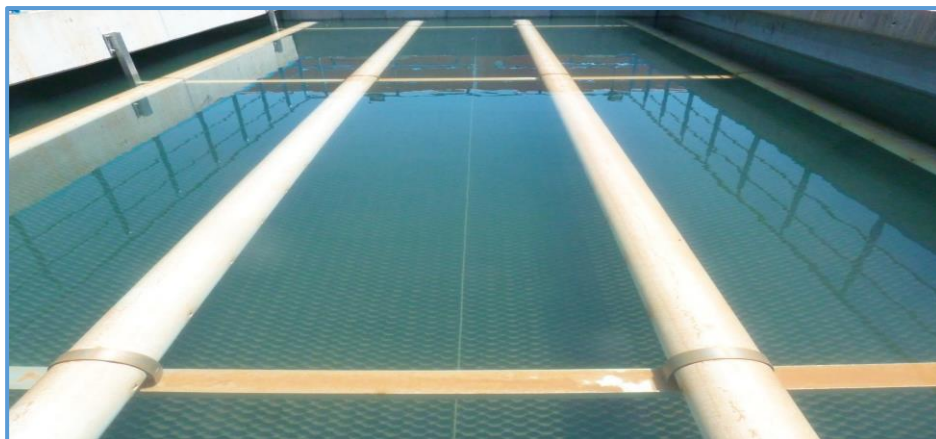


Figure 3 : décanteur lamellaire

2.4)-Filtration à sable:

C'est le type de filtration utilisée dans la station ; elle consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux afin d'éliminer les matières en suspension restantes de l'étape précédentes. A la fin de filtration, la turbidité ne doit pas dépasser 0,5 NTU.



Figure 4 : Les filtres à sable

2.5) Déminéralisation et La Reminéralisation de l'eau :

✓ La déminéralisation de l'eau se fait par l'osmose inverse, c'est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.



Figure 5 : Les osmoseurs

✓ La reminéralisation de l'eau osmosée consiste à réintroduire dans la composition chimique de l'eau les éléments fondamentaux permettant d'obtenir une eau potable. Mélange de l'eau osmosée avec de l'eau issue du traitement classique.

2.6)- Désinfection

A la fin de traitement, la désinfection permet l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela un désinfectant chimique comme le chlore.

2.7)- Réservoirs de stockage

Les eaux filtrées sont acheminées à travers des conduites vers les citernes où on collecte les eaux après une chloration finale ou stérilisation.

III. Contrôle bactériologique de l'eau

1)-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 leurs nombre est beaucoup supérieurs par rapport à ces derniers.

Donc les microorganismes recherchés dans une eau destinée à la consommation humaine sont :

- Les Coliformes fécaux (*E. coli*)
- Les Coliformes totaux
- Les *Clostridium* sulfite réducteurs
- Les *Entérocoques* intestinaux
- Les Microorganismes revivifiables

1.1)- Les coliformes (C): Les coliformes totaux sont des bactéries non sporogènes, oxydases négatives, aérobies ou anaérobies facultatives capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48h à la température de 37°C°.

1.1.1)- Coliformes Totaux :

Ce sont des MO qui se développent à 37 °C. Leur présence indique la contamination provenant de l'air, du sol, des végétaux, des insectes et des déchets humains ou animaux.

Ce sont des indicateurs d'efficacité d'une désinfection car ce sont des MO résistants.

1.1.2)-Coliformes fécaux (*E. coli*) :

Ce sont des MO qui se développent à 44°C et produisent l'indole à partir du tryptophane. Leur présence dans l'eau indique une pollution d'origine fécale humaine ou animale donc il est possible de causer une maladie. Pour cela, on ne doit pas détecter la présence de ces coliformes fécaux dans l'eau considérée comme potable.

1.2)- *Entérocoques* intestinaux (EI): Le terme “ Entérocoques intestinaux” désigne l'ensemble des bactéries de forme sphérique au coccoïde; gram+, disposés en pair ou en chaînette, ne possédant pas de catalase capable de croître à 37 C° en 48h et faisant partie de la flore intestinale normale de L'homme ou d'autres animaux à sang chaud.

1.3)- Bactéries *Clostridium* sulfite réducteurs (ou leurs spores) :

Ce sont des germes anaérobies appartenant à la famille des Bacillacées et au genre *Clostridium*, capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau sous une forme végétative. Leur dénombrement a pour but de rechercher une contamination fécale (*Clostridium perfringens* fait partie des CSR).

Ils sont très résistants aux traitements de désinfection, donc, ils constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

1.4)-Microorganismes revivifiables :

Ce sont toutes bactéries aérobies, levures ou moisissures, capables de former des colonies dans le milieu spécifié et dans les conditions d'essai décrites par la norme marocaine. Le but de recherches de ces MO aérobie non pathogène dite revivifiable représente la teneur moyenne en bactérie d'une ressource naturelle.

2.) Aspect législatif

Le contrôle de la qualité de l'eau est indispensable pour éviter autant de maladies et de mortalité.

Une eau avant d'être consommée sans danger pour la santé doit répondre à certaines normes de potabilité. La présente norme fixe les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux d'alimentation.

Tableau 2 : un tableau qui résume les différentes Valeur Maximale Admissible des micro-organismes recherchés fixées par la norme Marocaine NM 03 7 001 VERSION 2006

<i>Germes recherchés</i>	VMA
<i>Coliformes</i>	0 UFC/100 ml
<i>Entérocoques intestinaux</i>	0 UFC/100 ml
<i>Clostridium sulfite-réducteur</i>	0 UFC/100 ml
<i>Micro-organismes revivifiables</i>	20 UFC/1 ml à 37C° 100 UFC/1 ml à 22C°

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

I)- Les analyses physico-chimiques

Tous les prélèvements d'eau destinés pour les analyses physico-chimiques ont été effectués le matin chaque jour.

Nous avons fait ces analyses au niveau des :

- Eaux brutes** destinées à la production d'eau d'alimentation humaine (eau non traitée).
- Eaux traitées** pour l'alimentation humaine (eau traitée à la sortie de la station de traitement).

1)-Le pH

Le pH d'une eau ou le degré de son acidité ou alcalinité est en fonction de la concentration des ions hydrogènes présents dans cette eau.

$$\text{PH} = - \text{Log} (\text{H}^+)$$

La mesure de pH se fait au moyen de pH-mètre.



Figure 6 : PH-mètre

2)-La turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...).

La turbidité est effectuée par un turbidimètre. L'unité d'expression est le NTU (Nephelometric Turbidity Unit).



Figure 7 : Turbidimètre

3)-La conductivité

La conductivité d'eau est la conductance (inverse de la résistance) d'une colonne d'eau comprise entre 2 électrodes métalliques, elle s'exprime en Siemens cm ou micro

Siemens /cm, cette mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone pour éviter l'électrolyse des sels dissous.

La conductivité est mesurée par un conductimètre.



Figure 8 : Conductimètre

4)-Chlore résiduel

Le chlore résiduel libre est sous forme Cl_2O quand ce dernier produit est utilisé pour la désinfection et d'après un ensemble de réactions avec les différentes substances présentes dans l'eau. Le chlore libre est détecté par DPD qui donne à l'eau une coloration rose, pour cette mesure on utilise un comparateur chlorométrique.



Figure 9 : Comparateur Chlorométrie

5)-Détermination de l'alcalinité de l'eau

L'alcalinité de l'eau est due à la présence des bicarbonates, des carbonates et des hydroxydes ; elle est déterminée par le calcul de 2 titres :

Titre alcalimétrique TA :

Consiste à neutraliser la totalité des ions hydroxydes (HO^-) et la moitié des ions carbonate (CO_3^{2-}) à $pH=8.3$ en présence d'un indicateur coloré (phénolphthaléine)

Titre alcalimétrique complet TAC :

Correspond à la neutralisation par un acide fort (HCl) des ions hydroxydes (HO^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydrogencarbonates (HCO_3^-) en présence d'un indicateur coloré (l'hélianthine), c'est à dire, neutralisation de toutes les espèces basiques présentes à $pH=4.5$.



Figure 10 : Titre Alcalimétrique

6)-la dureté total ou titre hydrométrique (TH)

La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et d'autres cations bivalents et trivalents dans cette eau.

La dureté totale se détermine par un dosage complexométrique par E.D.T.A. en présence d'un indicateur coloré, le noire ériochrome.

7)- La dureté calcique

La dureté calcique d'une eau est la concentration en ions calcium dans cette eau.

La dureté calcique se détermine par un dosage complexométrique par E.D.T.A. en présence d'un indicateur coloré, le calccone.

8)- détermination de l'Oxydabilité

L'indice permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/L, cédé par l'ion permanganate (MnO^-) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

9)- Jar Test

L'essai a pour objectif la détermination de la nature et les doses probables du ou des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement.

Avant d'entreprendre le jar test, un certain nombre de détermination doit être effectuée sur l'eau brute : (PH, TAC, TA, oxydabilité, turbidité ...). Ces paramètres nous donnent une première idée sur les résultats obtenus après traitement.

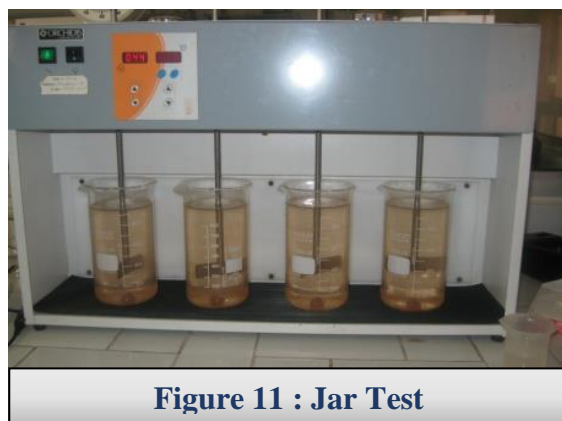


Figure 11 : Jar Test

10)-La température

En général, la température de l'eau doit être connue avec une bonne précision, et elle est influencée généralement par le milieu entourant. Ainsi la température des eaux superficielles est en relation permanente avec celle de l'air.

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre.

II)- Les analyses Bactériologiques

Un jugement sur la qualité bactériologique dépend d'une surveillance analytique qui doit comporter une fréquence souvent importante d'examen. Les méthodes d'analyse et du dénombrement des indicateurs de contamination de l'eau sont:

- ❖ La méthode dite de la membrane filtrante
- ❖ La méthode du nombre le plus probable (NPP)
- ❖ La méthode de l'incorporation en gélose

1)- Les analyses de l'eau traitée

L'analyse bactériologique de l'eau traitée est effectuée par la technique de la membrane filtrante et celle de l'incorporation en gélose. Cette analyse est effectuée de façon quotidienne afin de s'assurer du fonctionnement correcte de la station de traitement.

➤ prélèvement et conservation des échantillons

Le prélèvement est effectué dans des conditions d'asepsie satisfaisantes, il se fait en flacon de verre stérile de 500 ml. Il est donc nécessaire de respecter certaines conditions pour un diagnostic précis et exact. Pour les eaux de distribution, il est parfois nécessaire d'éliminer la contamination due aux conduits : Le robinet est désinfecté et flambé, l'eau doit s'écouler un certain temps avant le prélèvement. L'analyse est effectuée dans les 24 h qui suivent le prélèvement.

➤ Principe de la technique de la membrane filtrante :

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes (Eaux traitées). Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45/ 0,2 μm , susceptible de retenir les bactéries (RODIER et al.1997). Un échantillon de 100 ml d'eau est filtré sur cette membrane, et est déposée à la surface d'un milieu gélosé.

Après incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en *UFC/100ml*.

➤ 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 1 ml d'échantillon (ou ses dilutions) et un volume de milieu de gélose, fondue et ramenée à une température entre 45°C et 47°C.

➤ Les milieux de cultures Utilisés

*Milieu Tergitol 7 TTC (*Coliformes*)

*Milieu SLANETZ (*Entérocoques* intestinaux)

*Milieu TSC (*Clostridium* sulfite réducteurs)

*La gélose à l'extrait de levure (les microorganismes revivifiables).

1.1)-La recherche des CT et CF ;

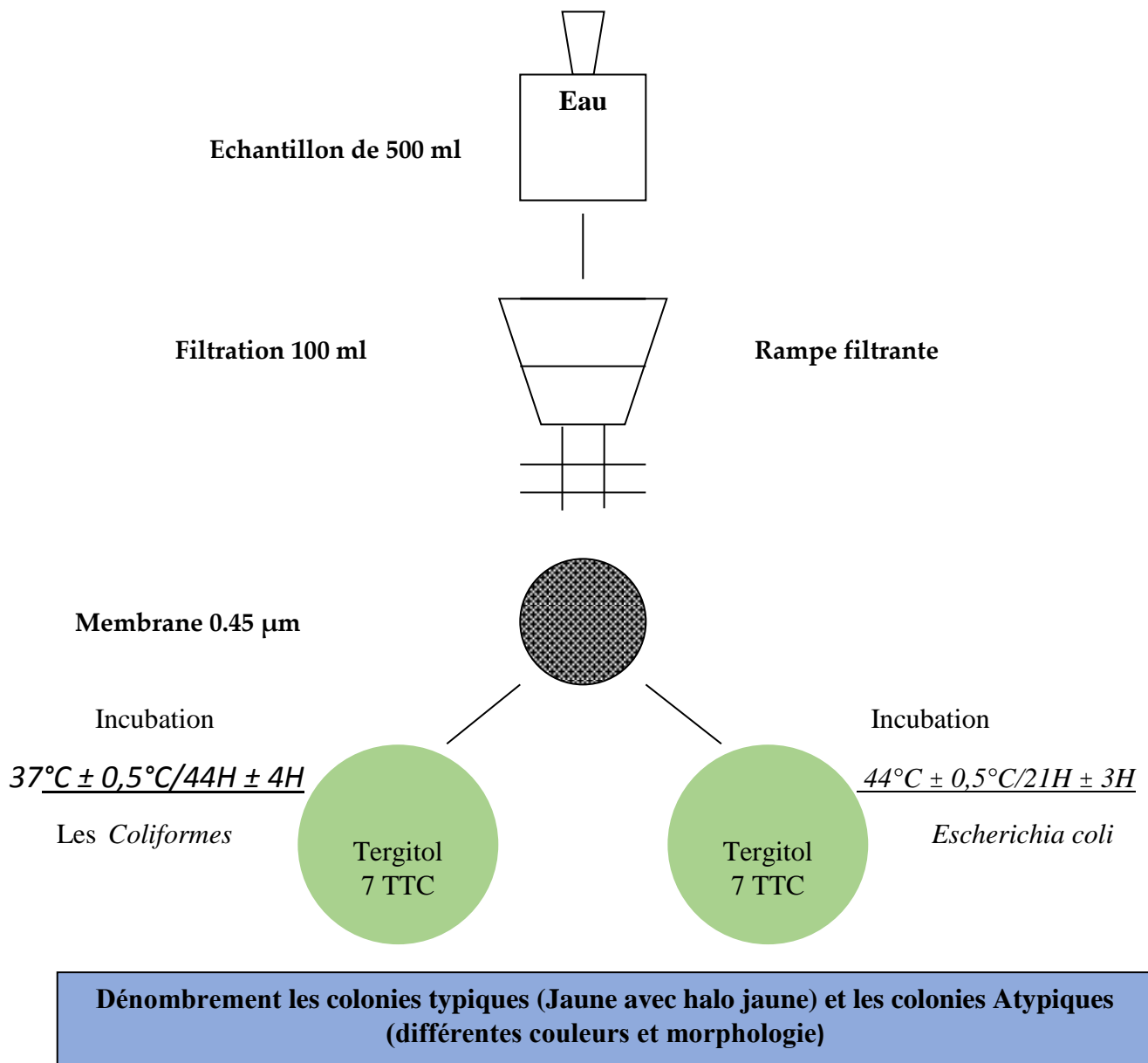


Figure 12 : La méthode d'analyse des coliformes Totaux et fécaux dans l'eau traitée (PNM ISO 9308-1 année 2006)

1.2)-La recherche des *Entérocoques* Intestinaux

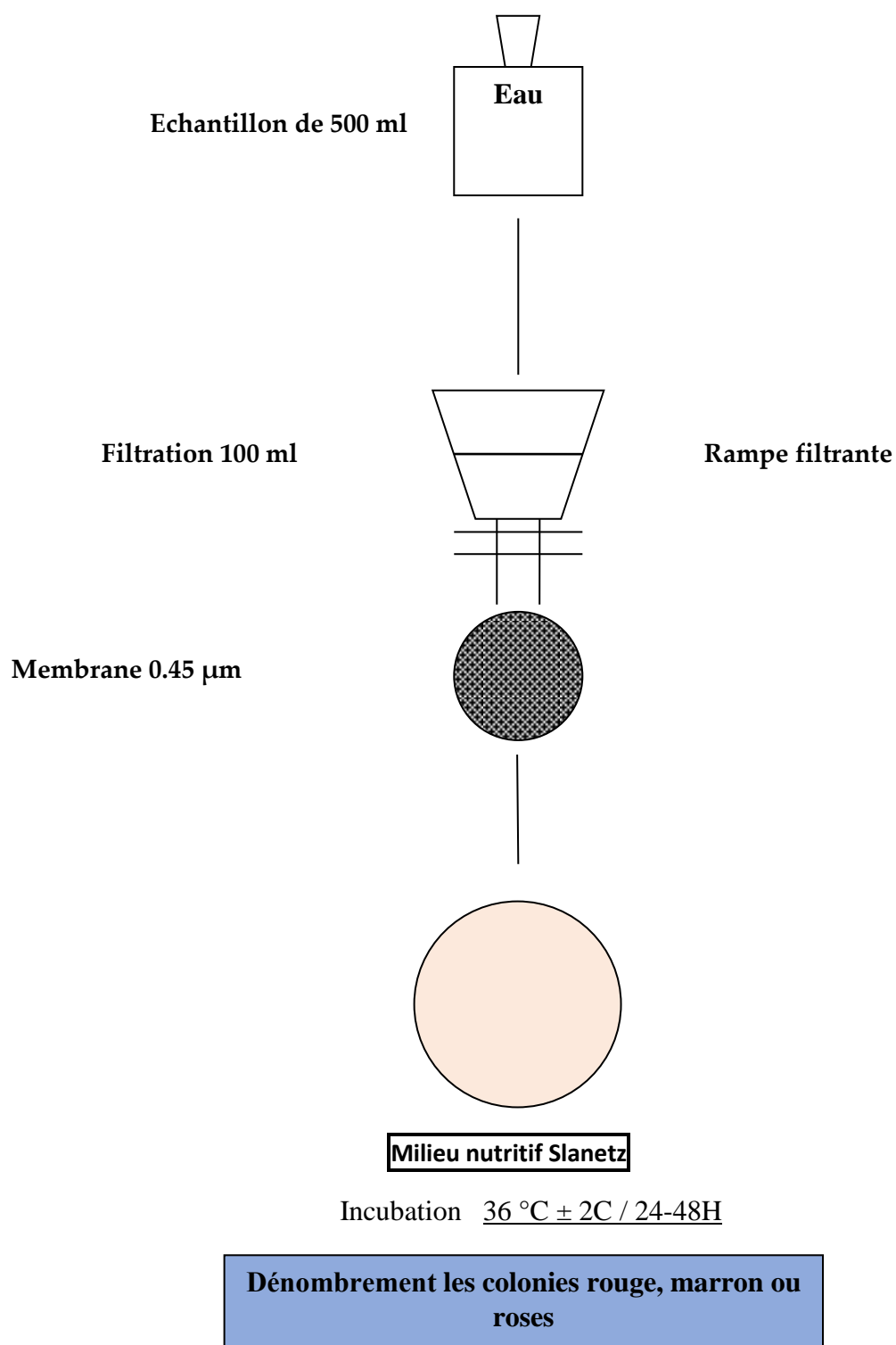


Figure 13 : La méthode d'analyse des *Entérocoques* Intestinaux dans l'eau traitée

1.3)- La recherche des Bactéries *Clostridium* sulfito réducteurs

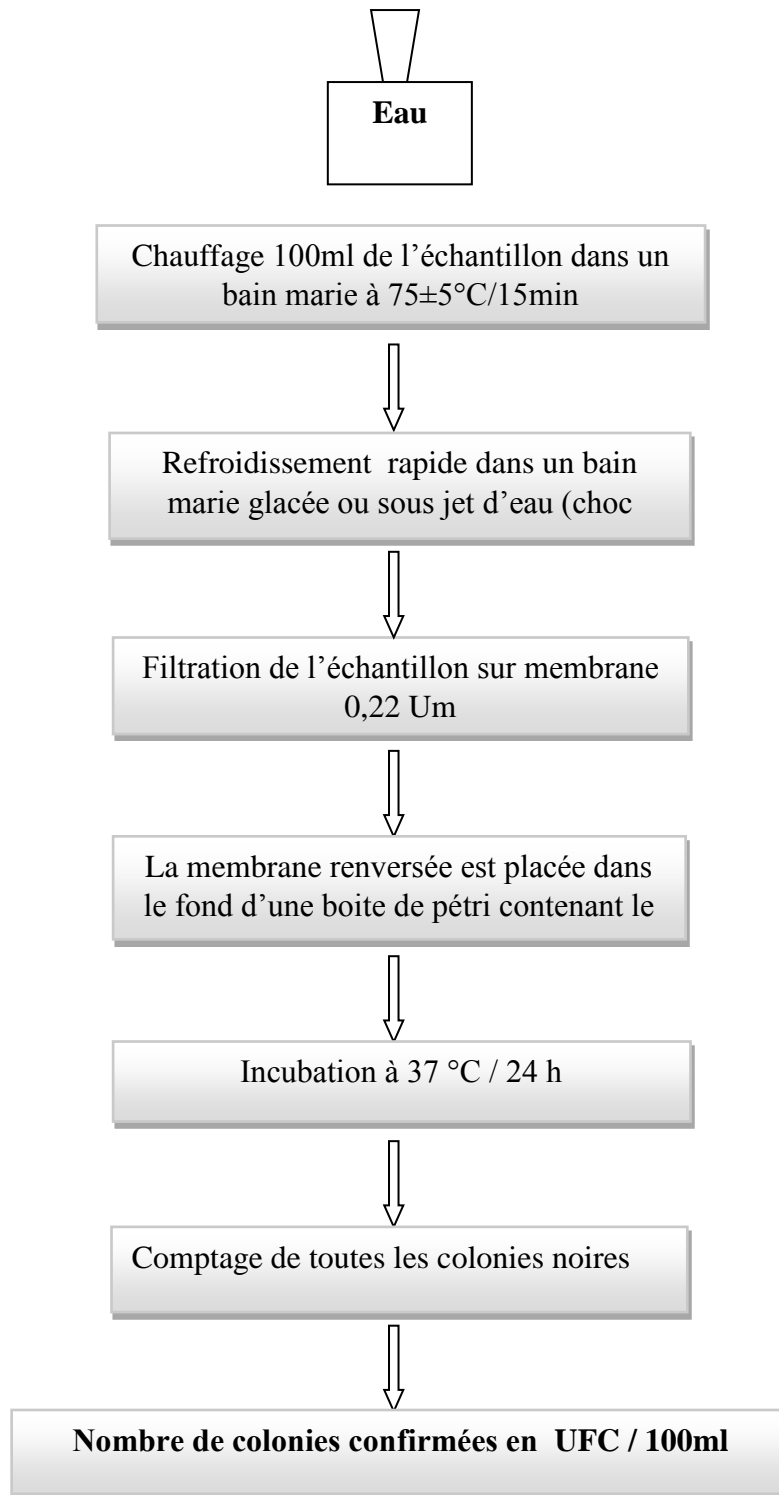


Figure 14 : La méthode d'analyse des clostridiiums sulfito réducteur dans l'eau traitée

1.4)-La recherche des microorganismes revivifiables

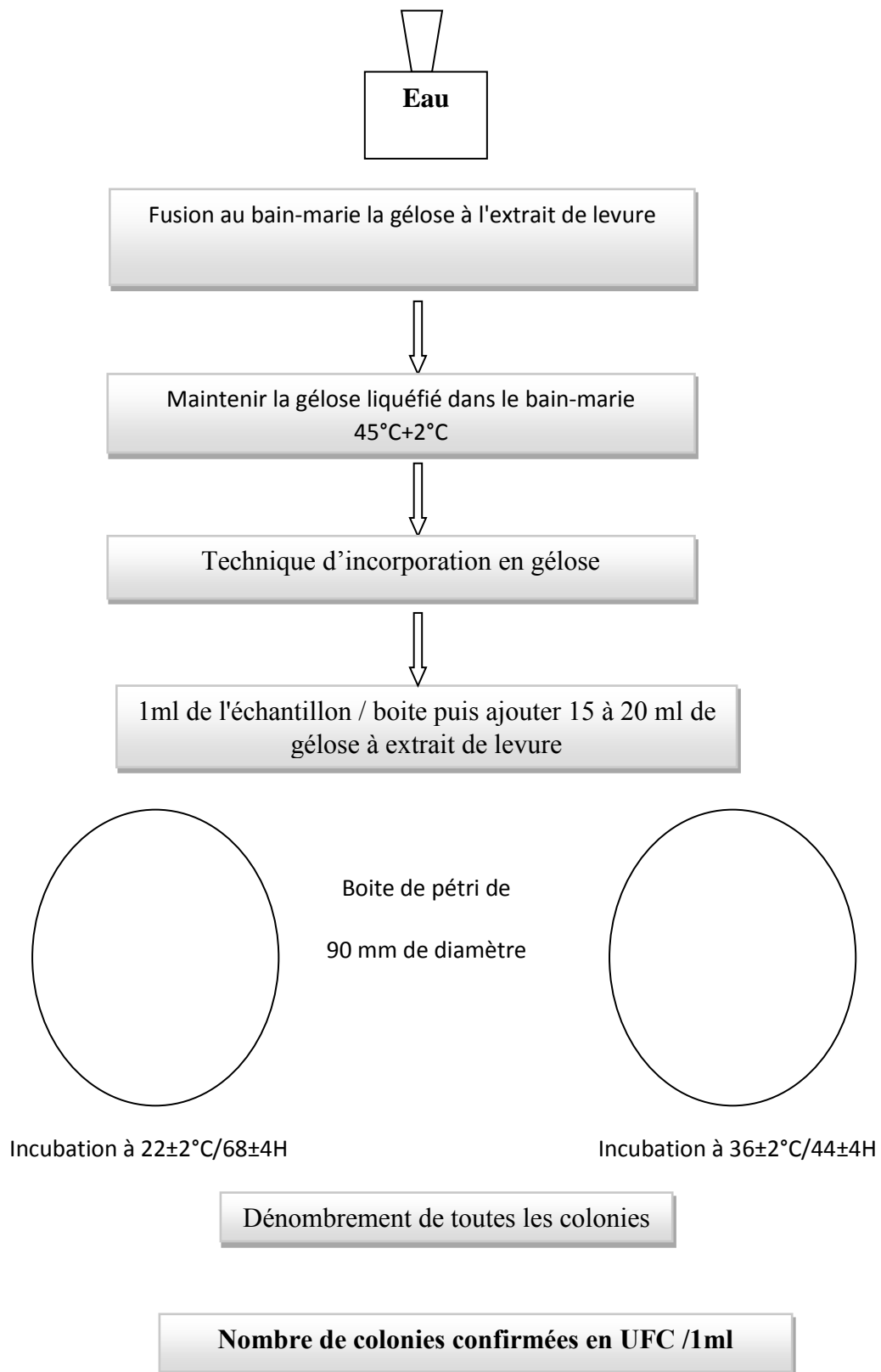


Figure 16 : La méthode d'analyse des spores des MO revivifiables dans l'eau traitée

2)- Les analyses de l'eau brute

L'eau brute est analysée en utilisant la méthode du nombre le plus probable (NPP).

➤ Principe de la méthode (NPP)

Cette méthode permet de révéler de plus faibles quantités de germes que la plupart des méthodes de numération en milieu solide. Elle repose sur une analyse statistique et fournit par calcul des nombres les plus probables. Cette méthode est applicable aux échantillons ayant une teneur plus ou moins élevée en MES. Elle consiste à ensemercer trois milieux de culture par dilution, les tubes ensemençés contiennent un milieu nutritif, milieu Rothe, pour les streptocoques fécaux ou Lauryl pour les coliformes avec introduction de cloche de Durham. Dans ce dernier, après incubation on note la croissance et la production de gaz dans chaque tube, enfin on compte le nombre des tubes positifs pour chaque dilution et on fait la lecture du NPP correspondant en utilisant la table de MAC CRADY.

➤ Les milieux de cultures Utilisé

- **Lauryl** : le bouillon lauryl sulfate-tryptose est un milieu d'enrichissement sélectif utilisé pour la recherche et le dénombrement des coliformes dans les eaux.
- **Vert brillant** : Ce milieu est utilisé pour rechercher ou confirmer la présence de coliformes. Le vert brillant inhibe les germes anaérobies fermentant le lactose comme *Clostridium perfringens*.
- **ECmedium** : est un milieu utilisé comme deuxième milieu sélectif dans le cadre de recherche et dénombrement des *E. coli* (coliformes fécaux) dans les eaux.
- **ROTH**: un milieu utilisé pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux d'alimentation.
- **Litsky** : Le bouillon de Litsky à l'éthyl-violet est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux d'alimentation.

2.1)- la recherche des Coliformes :

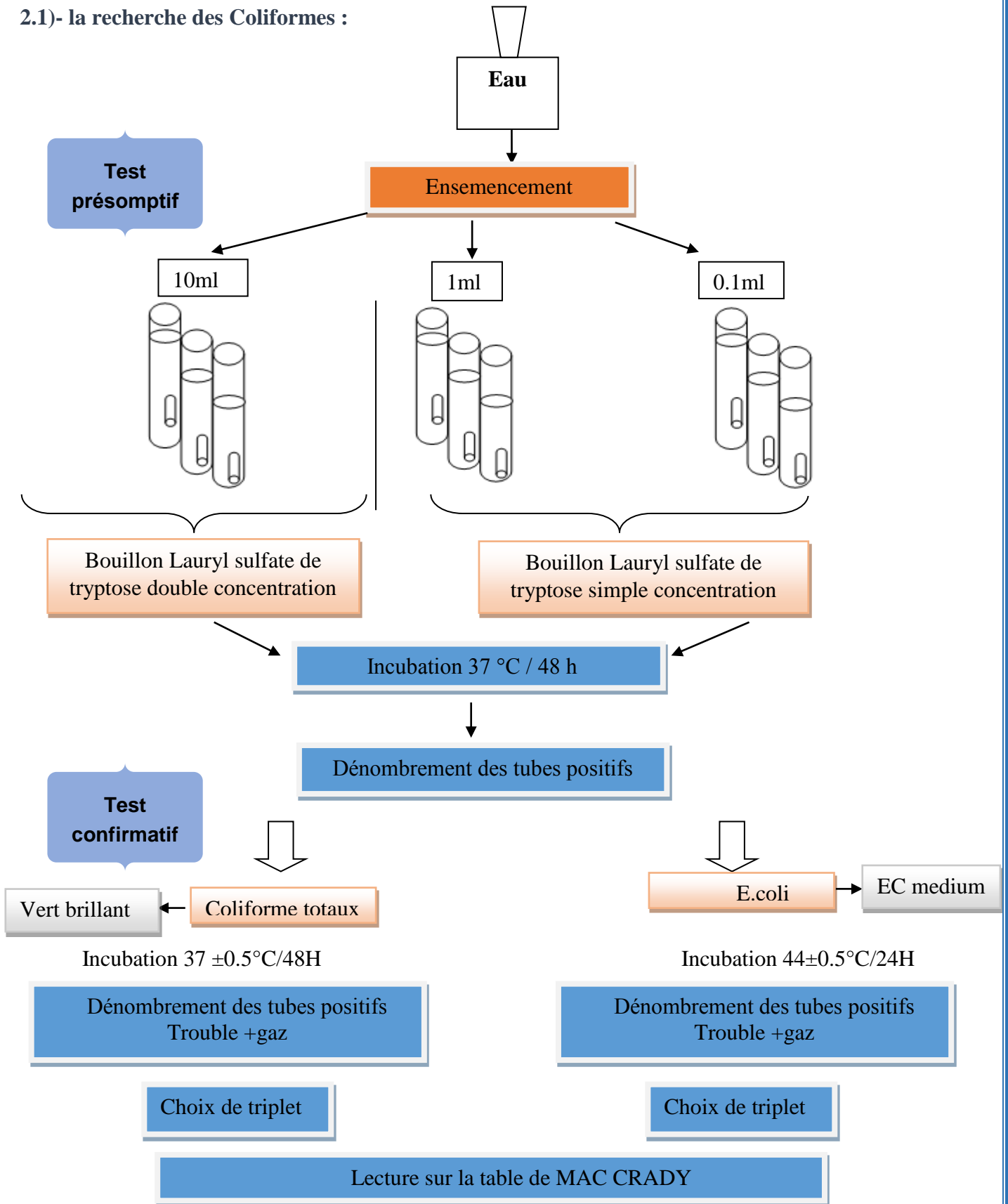


Figure 17 : La méthode d'analyse des coliformes Totaux dans l'eau brute

2.2)-La recherche des Streptocoques fécaux:

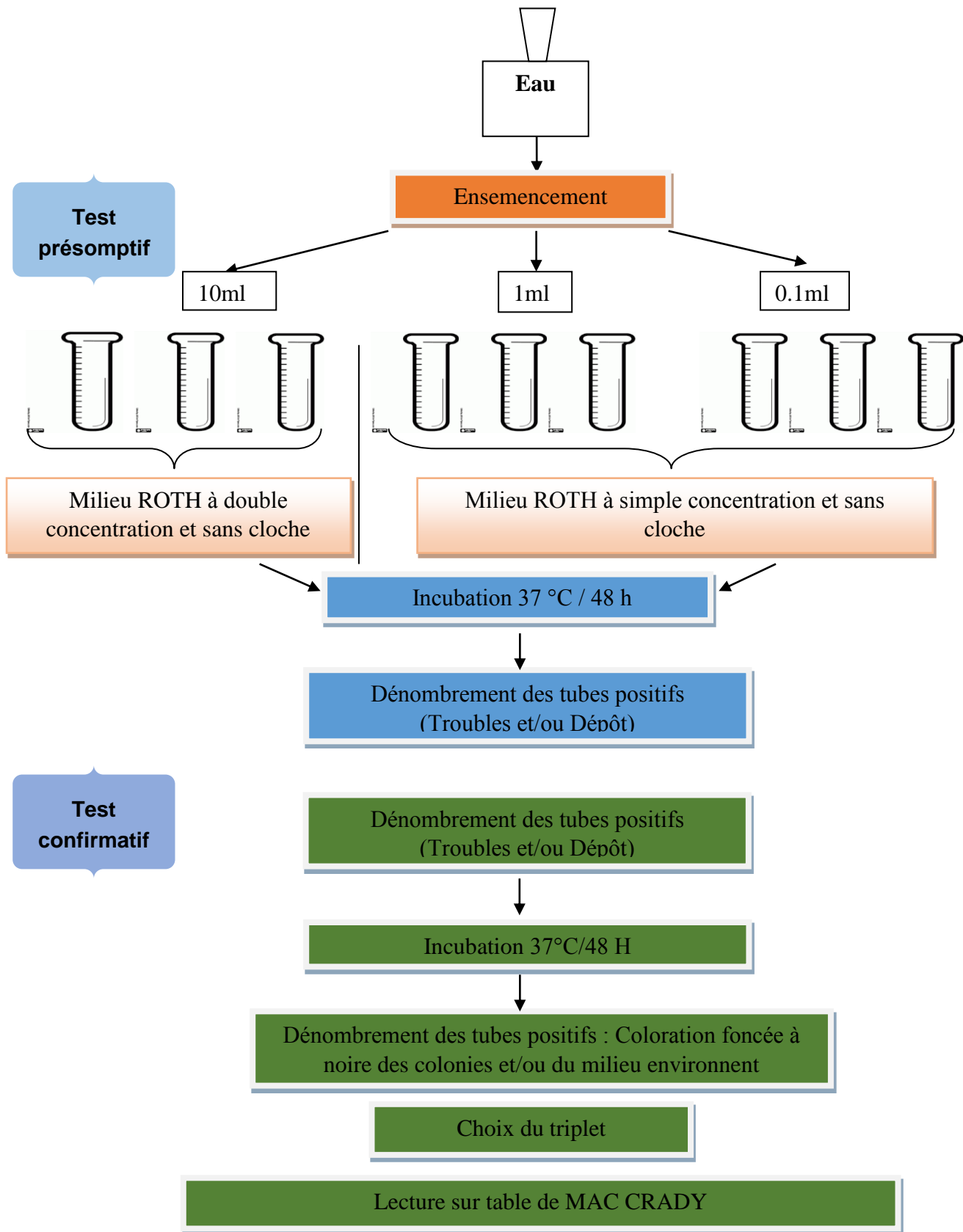


Figure 18 : la méthode d'analyse des Entérocoques intestinaux dans l'eau brute

PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

I)-Résultat des analyses physico- chimiques de l'eau brute et l'eau traitée

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées pour les différents paramètres, sont présentés dans le tableau 3:

Tableau 3 : la moyenne des résultats des analyses physico chimiques de l'eau brute et traitée

Type d'analyse	E.B		E.T		VMA
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
Turbidité(NTU)	7.48	3.2	0.16	0.2	0.5
pH	7.90	0.2	7.40	0.06	6.5<pH<8.5
Conductivité (µS/cm)	2380	20	2390	30	2700
Chlore résiduel (mg/l)	0.00	0.00	0.8	0.1	Entre 0.5 et 1
Oxydabilité (mg O2/l)	2,70 mg/l	0.30	1,16 mg/l	0.21	5
TA (méq/l)	0.1	0.1	0.00	0.00
TAC (méq/l)	4.48	0.2	4.3	0.1

- Les résultats obtenus pour les analyses physico-chimiques de l'eau brute et l'eau traitée, montrent une efficacité de ces traitements en particulier pour le pH et la turbidité :
 - ✓ Le pH de l'eau brute est élevé, à cause de la présence de carbonate et bicarbonate. Après le traitement le pH 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 (pré-chloration)
 - ✓ La turbidité de l'eau brute est élevée, celle de l'eau traitée ne dépasse pas **0.5NTU** fixée par la norme marocaine. Cette diminution est liée à l'injection de sulfate d'alumine et chlore pendant coagulation –floculation et pré –chloration.
- D'autre part, ces eaux traitées respectent parfaitement la norme marocaine de potabilité de l'eau pour les paramètres examinés.

II)- Résultat des Analyses Bactériologiques

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4:

Tableau 4 : Résultats des analyses bactériologique de l'E.B et l'E.T

	E.B	E.T	VMA
C.T (UFC/100 ml)	150	0	0
C.F (UFC/100 ml)	75	0	0
S.F (UFC/100 ml)	75	0	0
CSR (UFC/100 ml)	0	0
M.R (UFC/1 ml)	0	100 à 22°C 20 à 37°C

Les résultats montrent que l'eau brute est assez polluée de point de vu bactériologique, à cause des microorganismes qui témoignent d'une contamination fécale.

Les résultats concernant l'eau traitée, montrent l'absence des bactéries recherchées que ce soit pour **C.T** et **C.F** ou les **S.F** et **CSR** et **M.R**. L'analyse bactériologique de l'eau traitée montre des valeurs inférieures aux valeurs fixées par la Norme Marocaine (NM 03.07.001/2006). Cela démontre bien l'efficacité des étapes de traitements et notamment la désinfection par le chlore.

CONCLUSION

Au terme de travail, effectué au sein de la station de traitement qui a permis d'avoir une grande connaissance dans le domaine professionnel. On peut conclure que les étapes de traitement réalisées dans la station de khénifra permettent un traitement efficace pour assurer la potabilité de l'eau d'oued Oum Rabia.

Ce stage était une occasion qui nous a permis de se confronter au monde professionnel et dans lesquelles nous avons testé nos compétences acquises durant notre formation et mis en application notre savoir-faire.

RÉFÉRENCES

- http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/degradation/03_différentes_gdes.htm
- <http://www.eaudumaroc.com/2016/12/les-maladies-liees-leau.html>
- <http://www.eau-poitou-charentes.org/Les-différentes-etapes-d-une.html>
- <http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/traitement-eau-industrielle/fr/osmose-inverse.htm>
- <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/organismes-aquatiques/importance-des-micro-organismes-pour-le-traiteur-d-eau/micro-organismes-pathogenes>
- <http://www.technobio.fr/2014/11/methode-de-denombrement-des-micro-organismes-en-milieu-liquide-methode-dite-du-nombre-le-plus-probable.html>
- <http://www.onep.ma/>
-
- Analyse de l'eau (auteur : J.Rodier).

ANNEXES

Milieu SLANETZ

-Tryptose	20,0 g/l
-Extrait de levure.....	5,0 g/l
-Glucose	2,0 g/l
-Hydrogénophosphatedipotassique (K ₂ HPO ₄)	4,0g/l
-Azoture de sodium (NaN ₃)	0,4 g/l
-Agar-agar	8 g à 18 g/l
-Eau.....	1 000 ml

Milieu Tergitol TTC

Peptone pancréatique de viande.....	10g/l
Extrait de viande.....	5g/l
Extrait autolytique de levure.....	6g/l
Lactose.....	20g/l
Tergitol -7.....	0,1g/l
Bleu de bromothymol.....	0,05g/l
Agar agar bactériologique.....	10g/l

Milieu (TSC)

Tryptone.....	15g/l
Peptone papainique de soja.....	5g/l
Extrait autolytique de levure.....	5g/l
Métabisulfite de sodium.....	1g/l
Citrate ferrique ammoniacal.....	1g/l
Agar agar bactériologique.....	15g/l

Milieu Gélose à l'extrait de levure

Tryptone.....	6g/l
Extrait autolytique de levure.....	3g/l
Agar agar bactériologique.....	10g

Milieu Bouillon Lauryl sulfate de tryptose

Tryptose.....	20g/l
lactose.....	5g/l
Phosphate dipotassique.....	2.75g/l
Phosphate monopotassique.....	2.75g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l
Lauryl sulfate de sodium.....	0.1g/l

Milieu de ROTH

Tryptone.....	45g/l
Extrait de viande.....	7,5g/l
Glucose de soduim.....	7,5g/l
Azide de sodium.....	0,2g/l

Bouillon lactosé bilié au vert brillant :

Tryptone.....	10g/l
Bile de boeuf bactériologique.....	20g/l
Lactose.....	10g/l
Vert brillant.....	0,0133g/l

EC medium

Tryptone.....	20g/l
lactose.....	5g/l
Sels biliaires no.....	1,5g/l
Phosphate dipotassique.....	4g/l
Phosphate monopotassique.....	1,5g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l

Milieu litsky :

Polypeptone.....	20g/l
Glucose.....	5g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l
Phosphate monopotassique.....	2,7g/l
Phosphate dipotassique.....	2,7g/l
Azide de sodium.....	0,3g/l
Ethyl-violet.....	0,0005g/l

