



Licence Sciences et Techniques (LST)

Bioprocédés, Hygiène et Sécurité Alimentaire
« BPHSA »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**TRAITEMENTS ET ANALYSES DES EAUX DESTINEES
A LA CONSOMMATION HUMAINE
A L'ONEP-TAOUNATE**

Présenté par :

◆ **EL IDRISSE EL BOUZAIID Manal**

Encadré par :

◆ **Pr MAAZOUZI Nadia (FSTF)**

◆ **Mlle NAFEA Fatima ezzahrae (Société)**

Soutenu Le 07 Juin 2017 devant le jury composé de :

- **Pr MAAZOUZI NADIA**

- **Pr RACHIQ SAAD**

Stage effectué à **ONEP-TAOUNATE**

Année Universitaire 2016 / 2017

REMERCIEMENTS

Je profite par le biais de ce rapport, pour exprimer mes vifs remerciements à toute personne contribuant de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier et à exprimer ma reconnaissance à Monsieur le chef de production « TOUIL Mohammed » pour son accueil au sein de l'office et sa disponibilité.

Mes remerciements s'adressent aussi à mon encadrante de stage MLE «NAFEA Fatima Ezzahrae » pour sa confiance et ses conseils ce qui m'a poussé à améliorer mes compétences et mes connaissances en intégrant l'équipe de l'ONEP et mes collègues de stage durant cette période.

Je remercie encore Monsieur « MEFDALI Abdelouahd » qui m'a donné le soutien au long de la durée du stage.

Mes remerciements chaleureux vont également à madame MAAZOUZI Nadia mon encadrante interne, pour son soutien et son aide.

Mes remerciements vont aussi à tous les membres du jury, d'avoir accepté juger mon travail.

Que tous ceux qui ont contribué à mener à bien ce stage trouvent ici l'expression de ma parfaite considération.



DEDICACE

Je dédie ce travail :

À celui qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière, mon ange gardien, mon premier encadrant depuis ma naissance ...mon très cher père.

À la plus belle perle du monde, qu'elle trouve ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de ses sacrifices et ses prières pour moi ...ma tendre mère.

À mes sœurs et mon frère a qui je souhaite tout le succès ... tout le bonheur.

À mon oncle SIMOHAMMED, pour son encouragement continu et ses précieux conseils.

À toute ma famille pour l'amour et le soutien qu'ils m'ont toujours accordé.

À tous mes amis qui me sont chers, à tous ce que j'aime et qui m'aiment, qu'ils trouvent ici l'expression de mes sentiments les plus dévoués et mes vœux les plus sincères.

Que Dieu le tout puissant vous préserve tous et vous procure sagesse et bonheur

SOMMAIRE

<u>Introduction</u>	1
<u>Présentation de l'ONEP</u>	
I/ Bref historique	2
II / Missions de l'ONEP	2
III/ Organigramme de l'ONEE	3
<u>Revue bibliographique</u>	
I/ Généralités sur l'eau	
<i>1/ Définition</i>	4
<i>2/ Propriétés</i>	4
<i>3/ Les problèmes liés à l'eau</i>	4
II / Les procédés de traitement des eaux du barrage SAHLA	
<i>1/Dégrillage</i>	5
<i>2/ Aération</i>	5
<i>3/ Pré-chloration</i>	5
<i>4/ Débourage</i>	5
<i>5/Coagulation-floculation</i>	6
<i>6/ Décantation</i>	6
<i>7/Filtration sur sable</i>	7
<i>8/Désinfection</i>	7
III/ Les micro-organismes recherchés dans l'eau	8
IV/ La Norme Marocaine de qualité de l'eau (NM 03.7.001)	
<i>1/ Paramètres à effet sanitaire</i>	8
<i>2/ Paramètres bactériologiques indicateurs du fonctionnement des installations et de l'efficacité de traitement</i>	9
<i>3/ Substances indésirables et /ou pouvant donner lieu à des plaintes</i>	10
<u>Matériel et Méthodes</u>	
I/ Les analyses physico-chimiques	

A/ Analyses quotidiennes	
<i>1/ Température</i>	11
<i>2/ pH</i>	11
<i>3/ Turbidité</i>	11
<i>4/ Conductivité</i>	12
<i>5/ Détermination du chlore résiduel</i>	12
B/ Analyses hebdomadaires	
<i>1/ Titre Alcalimétrique Complet (TAC)</i>	13
<i>2/ Titre Hydrotimétrique (la dureté totale)</i>	14
<i>3/ Dosage du chlorure Cl⁻</i>	14
<i>4/ Oxydabilité</i>	15
<i>5/ Détermination des éléments minéraux : Fer, Manganèse, Aluminium et Azote ammoniacal</i>	
<i>Par kits</i>	15
II/ Les analyses Microbiologiques	
<i>1/ Introduction</i>	16
<i>2/ Les micro-organismes recherchés</i>	16
<i>3/ Méthodes d'analyses bactériologiques</i>	17
<i>4/ Milieux de culture</i>	17
<u>Résultats et discussions</u>	
<i>A/Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau traitée</i>	
<i>a /Résultats d'analyses physico-chimiques effectués sur l'eau brute</i>	18
<i>b /Résultats d'analyses physico-chimiques effectués sur l'eau traitée</i>	20
<i>c /Discussions</i>	22
<i>B/Résultats d'analyses microbiologiques effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée</i>	
<i>a / Résultats d'analyses microbiologiques effectués sur l'eau brute</i>	23
<i>b / Résultats d'analyses microbiologiques effectués sur l'eau traitée</i>	23
<u>Conclusion</u>	24



ABREVIATIONS

NPP : Nombre le Plus Probable

MF : Membrane Filtrante

TSA : Gélose Caséine-Soja

TSC : Gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine

BEA : Gélose à la Bile, à l'Esculine et à l'Azide de sodium

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

DPD : Diéthyl-Phénylène Diamine

NTU : Unité Néphélométrie de Turbidité

MES : Matière En Suspension

VMA : Valeur Maximale Admissible

MO : Microorganisme

CAG : Charbon Actif en Grain

Introduction

L'eau est une source indispensable à la vie et au développement des industries. C'est une composante essentielle de tout être vivant (allant jusqu'à 75 % en masse), et occupe les 2/3 de la surface terrestre. On la trouve dans la totalité des activités industrielles et ménagères. Ce qui fait d'elle un élément clé pour toute vie essentielle.

La demande en eau et son utilisation permanente dans les activités humaines n'ont cessé d'augmenter depuis le 20^{ème} siècle. Ce qui a entraîné une pollution permanente de l'eau et de l'environnement.

Conscients du rôle de l'eau dans toute continuité de vie, les gouvernements et les scientifiques ne cessent de chercher des solutions convenables pour protéger et améliorer la qualité de cet élément.

Le Maroc a impliqué la politique des Barrages depuis 1925, pour faire face aux besoins de centres urbains en eau potable et pour assurer la production d'énergie en parallèle.

Le Barrage de SAHLA occupe une place importante dans la gestion de l'eau au niveau de la région de Taounate. L'eau de ce barrage nécessite un traitement plus ou moins poussé et un suivi des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

J'ai effectué mon stage au sein de l'ONEP afin de suivre les étapes de traitement de l'eau ainsi que les analyses physico-chimiques et bactériologiques, puisque l'eau est un aliment qui peut provoquer des intoxications alimentaires surtout qu'elle est la plus consommable.

Ce rapport contient deux parties, la première est une introduction bibliographique sur les généralités de l'eau et quelques techniques de traitement de l'eau de surface mises en œuvre. La deuxième partie présente une description expérimentale sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées au laboratoire de l'ONEP de Taounate pour s'assurer de la potabilité de l'eau.

Présentation de l'ONEP

I/ Bref historique

L'Office National de l'Eau Potable créé en 1929 par Dahir Chérif sous le nom de Régie d'Exploitation Installation et Planification (REIP), puis la Régie d'Exploitation et Planification (REP), puis sous le nom de l'Office National d'Eau Potable (ONEP) en 1972 et enfin sous le nom de l'Office National de l'Electricité et d'Eau Potable (ONEE) depuis 2012 . C'est un établissement semi-public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière [1].

II / Missions de l'ONEP

Parmi les missions principales de l'ONEP on trouve :

- ✓ Planification de l'approvisionnement en eau potable du Maroc.
- ✓ Étude, réalisation et gestion des adductions de l'eau potable.
- ✓ Gestion de la distribution et de l'assainissement de l'eau potable dans les communes.
- ✓ Assistance technique en matière de surveillance de la qualité de l'eau.
- ✓ Contrôle de la qualité et protection des ressources en eau [1].

III/ Organigramme de l'ONEE

L'organigramme de l'ONEE présent dans la figure 1, est constitué d'une direction générale à laquelle sont rattachées quatre directions centrales : pôle ressources, pôle industriel, pôle développement et pôle finances ; trois directions fonctionnelles : contrôle des opérations, audit et organisation, coopération et communication ; et plusieurs directions et services d'appui.

L'office est représenté au niveau des régions par des directions régionales ayant le même rang que les directions centrales [1].

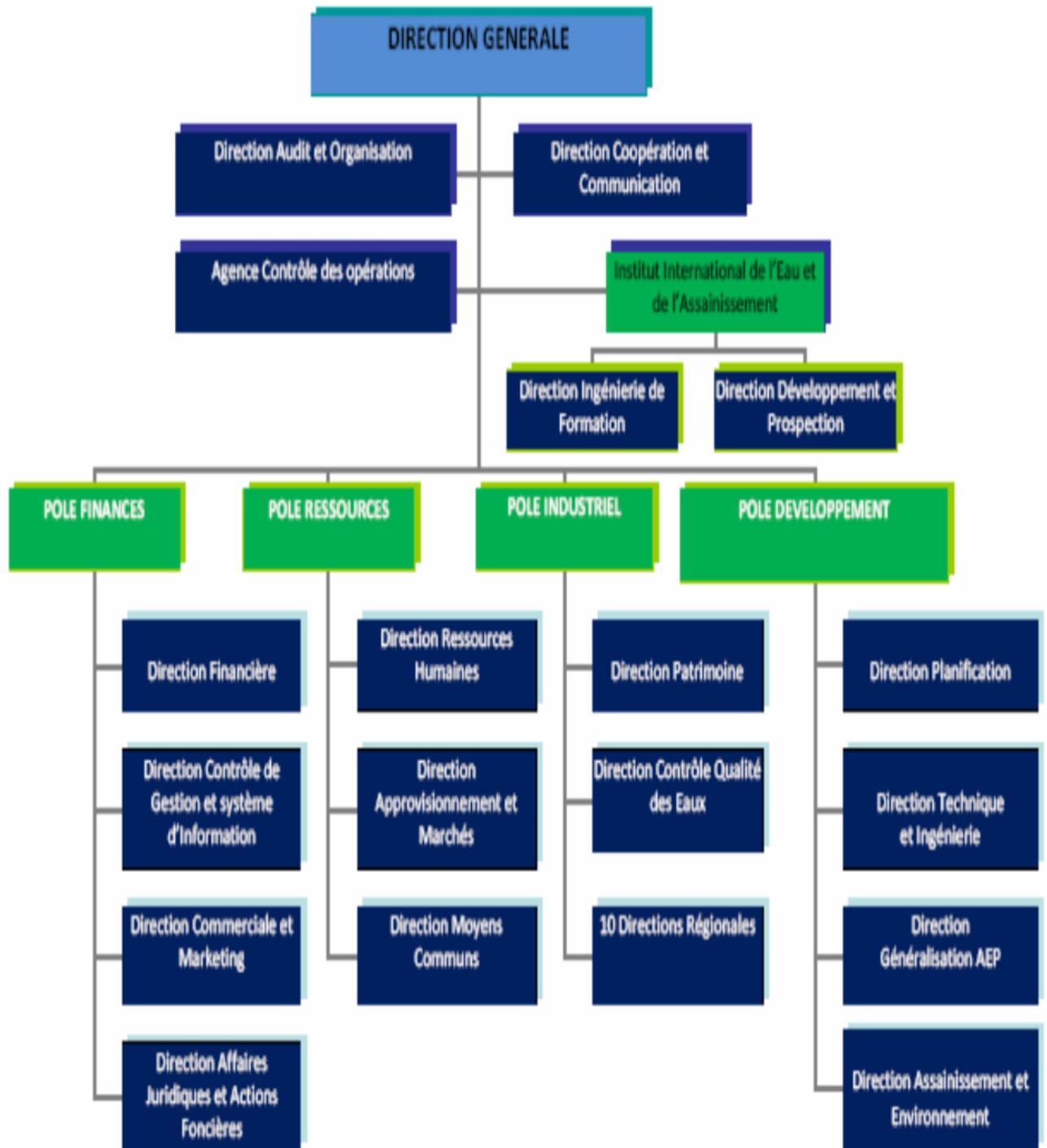


Figure 1 : organigramme de l'ONEE

Revue bibliographique

I/ Généralités sur l'eau

1/ Définition

L'eau de formule H_2O , est un composé chimique simple présent sous trois formes différentes, solide, liquide et gazeuse. La terre en possède une quantité gigantesque ;(97,3%) d'eau sur terre est salée, alors qu'il n'y a que 2,7 % d'eau douce dont 80 % se trouve dans les glaciers. Autrement dit, il y'a environ 0,54 % d'eau douce disponible pour l'Homme. Il existe trois ressources disponibles d'eaux naturelles : Les eaux souterraines (Aquifère, nappe phréatique, infiltration), les eaux de surfaces captives ou en écoulement (Lacs, Etangs, Rivières, Fleuves) et les eaux de mer [6].

2/ Propriétés

L'eau contient une multitude d'éléments présents dans les milieux qu'elle traverse, notamment des sels minéraux pris au contact des roches (Sodium, Potassium, Calcium, Fer, Magnésium, et Phosphore) et des oligo-éléments (Iode, Cuivre, Fluor, Chlore, Zinc, Cobalt, Sélénium, Manganèse) nécessaires au métabolisme et au bon fonctionnement du corps humain [6].

3/ Les problèmes liés à l'eau

Les risques pour la santé provenant de la pollution d'eau ne sont pas encore assez étudiés. On connaît juste les effets de certaines substances nocives telles que le nitrate, le plomb, le cuivre, les phosphates et le chlore. Ils sont susceptibles de provoquer des cancers, des mutations, la stérilité, des troubles du système nerveux, des dommages à l'ossature, des difficultés aux facultés intellectuelles et même, dans le cas du Nitrate, la mort des Nourrissons [6].

II / Les procédés de traitement des eaux du barrage SAHLA

Pour rendre l'eau potable, on lui applique des traitements variés qui obéissent tous au même principe : éliminer les éléments de matière contenue dans l'eau par des étapes successives, jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes.

La station de traitement de Taounate est située à une distance de 5,6 Km du barrage de SAHLA, elle permet le traitement des eaux brutes émanant du barrage suivant la chaîne de traitement suivante :

1/ Dégrillage

Dès la prise d'eau par les pompes qui se situent dans le barrage, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets ; la méthode de dégrillage permet aussi de protéger la station de traitement de l'eau contre le débouchage de différentes unités d'installations. Cette opération se passe au sein du barrage SAHLA.

Cette étape n'existe pas dans la station de traitement de l'eau à Taounate car la source d'eau est de bonne qualité ne contient pas des matières en suspension dans l'eau [2].

2/ L'Aération

Permettra d'une part la désorption des gaz indésirables (H_2S , CH_4 , CO_2 ...), l'augmentation de la teneur d'oxygène dans l'eau, et pour assurer l'oxydation de certains corps réducteurs (Fe, Mn...) qui précipitent et peuvent alors être éliminé par filtration [2].



Figure 2: Aérateur

3/ La Pré-chloration

Il s'agit d'une chloration à l'hypochlorite de sodium.

Le chlore par sa grande efficacité à très faible dose et par sa facilité d'emploi est le réactif le plus utilisé pour réduire la charge microbienne de l'eau.

L'hypochlorite de sodium stocké dans des tanks est ensuite inspiré par un hydro-injecteur puis, il passe par des canalisations jusqu'à le déboureur [2].

4/ Débourbage

C'est une opération de pré-décantation qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspensions (MES) (limons et sables fins). Cette technique est utilisée quand la teneur en MES est supérieure à 2g/l [2].

5 / La Coagulation-floculation

C'est une étape clé dans le processus de potabilisation, elle consiste d'abord à déstabiliser les particules colloïdales, par l'ajout d'un coagulant, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération: Coagulation, ensuite les agglomérer pour augmenter leur masse : Floculation.

Les coagulants les plus utilisés sont : [2]

- ❖ Les sulfates d'alumine $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$.
- ❖ Le chlorure ferrique $FeCl_3$.
- ❖ Le sulfate ferreux $FeSO_4$.

Les floculants les plus souvent utilisés sont :

- ❖ Les polymères.
- ❖ L'alginate.

6/ La Décantation

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et les colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation floculation.

Lors de la décantation, les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau, vont s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Elles seront éliminées du fond une fois que l'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur passera par des pores à 6 cm de diamètre [2].



Figure 3: Décanteur

7/ La Filtration sur sable

La filtration consiste à faire passer l'eau à travers un lit de sable afin d'éliminer les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes. Le filtre peut jouer un double rôle, il retient les matières en suspension par filtration, et il constitue aussi un support bactérien permettant un traitement biologique, c'est à dire une consommation des

matières organiques et de l'ammoniac, ou de fer et du manganèse, par les bactéries qui se sont développées sur le sable.

Ce traitement permet de réduire la turbidité de l'eau.

Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique qui se fait par l'envoi d'eau et d'air à contre-courant pour éliminer les matières retenues entre les grains de sable et éviter ainsi le risque de colmatage.

Il existe aussi des filtres à charbon actif en grains CAG spécifique pour l'élimination de l'odeur et d'autres éléments indésirables [2].



Figure 4: Filtre à charbon actif en grain

8/ La Désinfection

L'étape finale de traitement, permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes pathogènes, on utilise pour cela soit un désinfectant chimique tel que le chlore, dioxyde de chlore ou l'ozone, soit physique tel que les rayonnements ultraviolets. Le plus utilisé reste le chlore à cause de son effet rémanence [2].

III/ Les micro-organismes recherchés dans l'eau

Les micro-organismes recherchés dans une eau destinée à la consommation humaine sont :

a/ Les coliformes totaux : Microorganismes aérobies et anaérobies facultatifs, gram négatif, non sporulés, oxydase négative. Ils sont capables de croître en aérobiose à 37°C sur milieu lactosé sélectif et différentiel, avec production d'acide dans les 48 heures.

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale [5].

b/Escherichia coli (Les Coliformes thermotolérants): Ce sont des bactéries coliformes, espèces bactériennes de la famille Entérobactéries, donc elles possèdent les mêmes caractéristiques que les coliformes

E. coli est capable de produire de l'indole à partir du tryptophane dans les 24h à 44 °C.

E. coli est une bactérie présente de façon naturelle dans le tube digestif de l'être humain et de nombreux animaux [5].

c/ Les Entérocoques Intestinaux : Elles font partie de la flore intestinale normale de l'homme ou d'autres animaux à sang chaud. Ce sont des bactéries de forme ovoïde, gram positif, disposées en paire ou en chaînette, ne possédant pas de catalase, capable de croître à 37 °C en 24 à 48heures sur des milieux sélectifs contenant de l'azide de sodium.

Elles sont capables de réduire le chlorure de 2, 3,5-triphényl-tétrazolium en formazan et d'hydrolyser l'esculine [5].

d/ Les spores sulfite –réducteurs : Sont des germes anaérobies(Clostridia) présent dans les matières fécales humaines et animales, 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 [5].

IV/ La Norme Marocaine de qualité de l'eau (NM 03.7.001)

La présente norme fixe les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux d'alimentation humaine [3].

1 /Paramètres à effet sanitaire

Le tableau suivant indique les paramètres à effet sanitaire fixés par la norme [3].

Tableau 1: les paramètres à effet sanitaire fixés par la norme

Paramètres	VMA	Commentaires
Escherichia coli	0 /100ml	Les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0,1 à 1mg/l à la distribution 0 ,5 à 1mg/l à la production
Entérocoques intestinaux	0 /100ml	

2/ Paramètres bactériologiques indicateurs du fonctionnement des installations et de l'efficacité de traitement

Le tableau ci-dessous montre les paramètres biologiques qui indiquent le fonctionnement des installations et l'efficacité de traitement [3].

Tableau 2 : les paramètres biologiques qui indiquent le fonctionnement des installations et l'efficacité de traitement

Paramètres	VMA	Commentaires
Coliformes	0 /100ml	-pas de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois. -pas de résultats positifs dans deux échantillons consécutifs
Spores de MO sulfite réducteurs (Clostridia)	0 /100ml	Ce paramètre doit être mesuré lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par eau d'origine superficielle.
MO revivifiables à 22à°C et 37°C	20 /1 ml à 37°C 100/1 ml à 22°C	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

3/ Substances indésirables et /ou pouvant donner lieu à des plaintes

Ce tableau montre les substances indésirables qui peuvent donner lieu à des plaintes [3].

Tableau 3 : les substances indésirables qui peuvent donner lieu à des plaintes

Paramètre	Expression des résultats	VMA	commentaire
Odeur	Seuil de perception à 25°C	3	
Saveur	Seuil de perception à 25°C	3	
Couleur réelle	Unité pt mg/	20	
Turbidité	(NTU)	5	Turbidité médiane <1NTU et turbidité de l'échantillon <5NTU
Température	°C	Acceptable	
pH	Unité de pH	6,5<pH<8.5	Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence <8
Chlorure	Cl: mg/l	750	
Sulfate	SO ₄ : mg/l	400	
L'oxygène dissous	mg O ₂ /l	5< O ₂ < 8	
Aluminium	Al : mg/l	0.2	
Ammonium	NH ₄ : mg/l	0.5	
L'oxydabilité	mg O ₂ /l	5	La valeur de 2mg O ₂ /l doit être respectée au départ des installations
Hydrogène Sulfuré		Non détectable organoleptiquement	
Fer	Fe : mg/l	0.3	
Conductivité	µS/cm à 20°C	2700	

Matériel et Méthodes

I/ Les analyses physico-chimiques

A/ Analyses quotidiennes

1/ Température

Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels. La température doit être mesurée. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement une sonde de température intégrée, (il n'y a pas une température optimale) [4].



Figure 5: thermomètre

2/ pH

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau

La mesure du pH doit être faite sur le terrain par un pH-mètre, (il ne doit pas dépasser la norme) [4].



Figure 6: pH-mètre

3/ Turbidité

Elle caractérise la capacité de l'eau à diffuser la lumière du fait de la présence de matières colloïdales (particules de très faibles dimensions pour lesquelles la gravité terrestre est insuffisante pour les faire décanter naturellement), mesuré par un turbidimètre, l'unité de mesure est NTU (Nephelometric Turbidity Unit) [4].



Figure 7: turbidimètre

On peut classer les eaux selon leur turbidité suivant le tableau ci-dessous:

Tableau 4 : la classification de l'eau selon la turbidité

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

4/ Conductivité

C'est un paramètre qui permet de mesurer la quantité de sels dissous dans l'eau donc la capacité de l'eau à conduire un courant électrique [4].



Figure 8: conductimètre

5/ Détermination du chlore résiduel

Le chlore Cl_2 est un facteur important pour le traitement des eaux brutes à cause de son pouvoir à détruire toutes matières supposées nuisible pour la santé.

Sa valeur est déterminée par un comparateur de coloration après l'ajout d'un réactif Diéthyl-Phénylène Diamine (DPD) sur l'échantillon à analyser [4].



Figure 9: comparateur du chlore

B/ Analyses hebdomadaires

Se sont des analyses chimiques effectuées chaque semaine pour suivre la qualité de l'eau.



Figure 5: les analyses hebdomadaires effectués sur l'eau traitée et brute

1/ Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Il correspond à la teneur de l'eau en carbonates et hydrocarbonates (CO_3^{2-} et HCO_3^-) dans l'eau [4].

Mode opératoire :

On introduit 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, puis on ajoute quelques gouttes d'hélianthine (indicateur coloré) qui donne une coloration jaune, ensuite on titre avec l'acide chlorhydrique (N /10) jusqu'à obtention d'une coloration jaune orangée [4].

Expression de résultat :

$$TAC(\text{en méq /L})=V (\text{ml})$$

Avec V : la tombée de la burette (le volume de l'acide chlorhydrique versé en ml)

2/ Titre Hydrotimétrique (la dureté totale)

La dureté totale d'une eau correspond à la concentration en ions calcium et magnésium. [4]

Elle est exprimée en degré français °F et en méq/l.

1 méq de dureté calcique par litre = 20,04 mg Ca²⁺

1 méq de dureté magnésienne par litre = 12,16 mg Mg²⁺

Mode opératoire :

A 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de solution tampon, une pointe de spatule d'indicateur de noir érichrome T et on réalise un titrage avec la solution EDTA (0,02N) jusqu'à virage du rouge au bleu royal [4].

Expression de résultat :

$$\text{TH (degré français : } ^\circ\text{F)} = V \text{ (ml)} \times 2$$

Avec V : la tombée de la burette (le volume d'EDTA versé).

3/ Dosage du chlorure Cl⁻

La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine d'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. En plus, les chlorures participent à la conductivité électrique des eaux [4].

Mode opératoire :

On ajoute à 100 ml d'échantillon d'eau à analyser 0.5 ml d'indicateur de pH plus quelques gouttes de HNO₃ (N/ 3) jusqu'à apparition de la coloration jaune, on effectue un dosage par HgNO₃, on arrête le dosage une fois l'apparition de la couleur mauve foncée [4].

Expression de résultat :

$$[\text{Cl}^-] = V \text{ (ml)} \times 35.5$$

Avec V : la tombée de la burette (le volume de HgNO₃ versé en ml).

4/ Oxydabilité

Représente la quantité d'oxygène cédée par l'ion permanganate MnO_4^- et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau [4].

Mode opératoire :

Dans un ballon on met 100 ml d'eau à analyser plus 2ml de l'acide sulfurique(H_2SO_4) concentré plus 10 ml de KMnO_4 (N/100), puis le ballon est mis au bain marie à 100 °C pendant 13 min, après on ajoute 1 ml d'acide oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_2$) (N/10) et on titre avec KMnO_4 (N/100) jusqu'à l'apparition d'une teinte rose [4].

Expression de résultat :

La quantité d'oxygène est donnée par l'expression :

$$\text{Oxydabilité} = V \times 0.8 \text{ en méq /l}$$

Avec V : la tombée de la burette (le volume de KMnO_4 versé en ml).

5/ Détermination des éléments minéraux : Fer, Manganèse, Aluminium et l'Azote ammoniacal par kits

Ces éléments sont déterminés par colorimétrie. C'est une méthode visuelle, on compare la couleur de l'échantillon d'eau après l'ajout de certains réactifs avec une gamme de couleur dont on connaît les concentrations [4].



Figure 10: les kits pour la détermination des éléments minéraux

II/ Les analyses microbiologiques

1/ Introduction

Les analyses Bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence des bactéries pathogènes, responsables d'infections humaines redoutables.

2/ Les analyses des micro-organismes recherchés dans l'eau

a/ Les coliformes totaux : Les méthodes d'analyse de ces bactéries sont respectivement bien décrites dans (l'annexe 1 et l'annexe 6).

b/ Escherichia coli (Les Coliformes thermotolérants): Les méthodes d'analyse de ces bactéries sont respectivement bien décrites dans (l'annexe 2 et l'annexe 7).

c/ Les Entérocoques Intestinaux : Les méthodes d'analyse de ces bactéries sont respectivement bien décrites dans (l'annexe 3 et l'annexe 8).

d/ Les spores sulfite –réducteurs : (Voir annexe 4).

e/ Les micro-organismes revivifiables : (Voir annexe 5).

3/ Méthodes d'analyses bactériologiques

Le choix de la technique à utiliser dépend en premier lieu de la nature de l'échantillon lui-même (eau faiblement chargée, eau fortement chargée):

La technique du nombre le plus probable : C'est la méthode de dénombrement par ensemencement en milieu liquide consiste à rechercher, identifier et dénombrer à l'aide de tubes contenant le milieu les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau. Il s'agit d'ensemencer une prise d'essai de l'échantillon dilué ou non, dans une série de tubes contenant le milieu de culture lactosé. Les tubes montrant une turbidité avec production de Gaz, après une période d'incubation de 24 à 48 heures à 37°C sont repiqués sur un milieu de

Confirmation sélectif. Les tubes repiqués sont incubés durant 48 heures à 37°C puis on réalise la lecture des résultats sur la table de Mac Craddy (utilisée pour l'eau brute) [5].

La technique de la membrane filtrante : La méthode de filtration sur membrane consiste à identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau après l'incubation de cette membrane sur un milieu de gélose approprié (pour l'eau traitée) [5].

Incorporation : Consiste à dénombrer les micro-organismes viables présents dans une portion d'échantillon à analyser. Elle s'effectue en déposant une aliquote (1ml) d'un échantillon d'eau dans une boîte de pétri à laquelle est ajouté un milieu de culture nutritif gélosé, maintenu liquéfié à environ 47°C. Par la suite les boîtes de pétri sont agitées doucement afin de répartir uniformément les bactéries dans tout le volume de milieu disponible. Une fois la gélose solidifiée, on incube deux séries des boîtes, une série à 22°C et l'autre série à 37°C pendant 48 heures (pour l'eau traitée) [5].

Remarque : un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérilisé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle.

4/ Milieux de culture

Chaque bactérie nécessite un milieu de culture convenable on distingue alors :

- ✓ **Tergitol TTC :** Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des Bactéries coliformes [5].
- ✓ **Slanetz :** Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des entérocoques [5].
- ✓ **TSC :** Ce milieu de culture est utilisé pour l'isolement et le dénombrement des Clostridium [5].
- ✓ **Gélose à l'extrait de levure :** Ce milieu de culture sert au dénombrement des microorganismes revivifiables [5].
- ✓ **TSA :** ce milieu de culture est utilisé pour confirmer la présence des coliformes [5].
- ✓ **BEA :** ce milieu de culture confirme ou pas, la présence des entérocoques [5].

Résultats et discussion

A/Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau traitée

a /Résultats d'analyses physico-chimiques effectués sur l'eau brute

Le tableau montre les résultats des analyses physico-chimiques de cinq prélèvements différents sur l'eau brute dans cinq jours successifs.

Tableau 5 : résultats des analyses physico-chimiques de cinq prélèvements

En fonction du temps

<i><u>Eau brute</u></i>	<i><u>P1</u></i>	<i><u>P2</u></i>	<i><u>P3</u></i>	<i><u>P4</u></i>	<i><u>P5</u></i>	<i><u>Moyen</u></i>
<i><u>T°</u></i> (°C)	18,4	17,3	16,4	17,6	17,0	17,34
<i><u>pH</u></i>	8,29	8,24	8,27	8,30	8,20	8,26
<i><u>Turbidité</u></i> (NTU)	1,58	2,01	1,10	1,76	1,95	1,68
<i><u>Conductivité</u></i> (µS/cm)	480	484	487	477	474	480,4
<i><u>Oxydabilité</u></i> (még/l)	3,36	2,80	3,28	3,12	2,16	2,94

Pour valoriser ces analyses on trace leurs histogrammes :

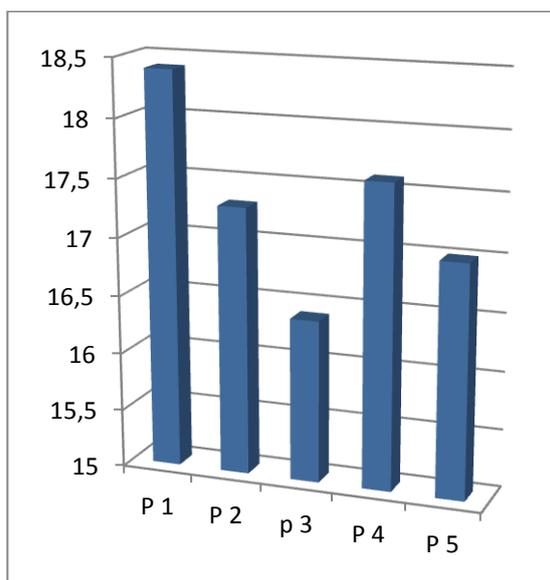


Figure 11: évolution de la température

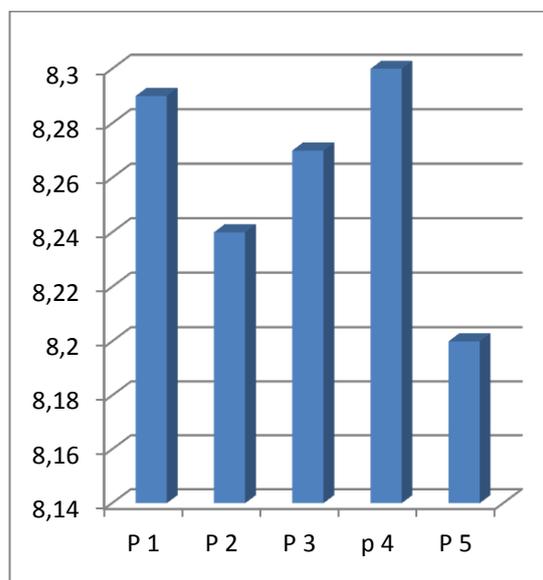


Figure 12: évolution du pH

- On constate que la température varie chaque jour, elle prend une valeur maximale dans le prélèvement 1(18,4 °C) et une valeur minimale dans le prélèvement 3(16,4). (Figure 11)

- Le pH varie de 8,30 à 8,20. (Figure 12)

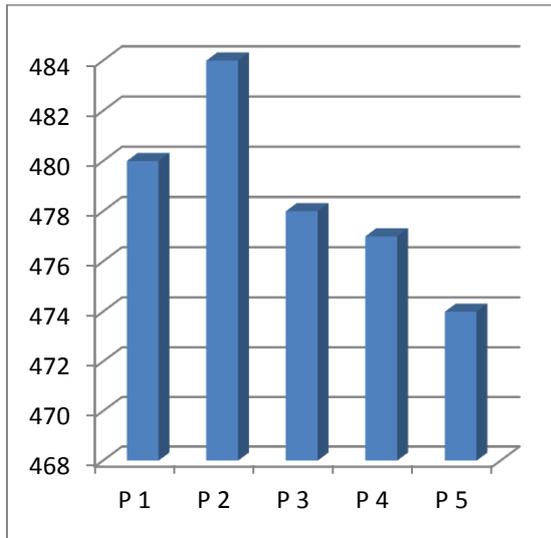


Figure 13: évolution de la conductivité

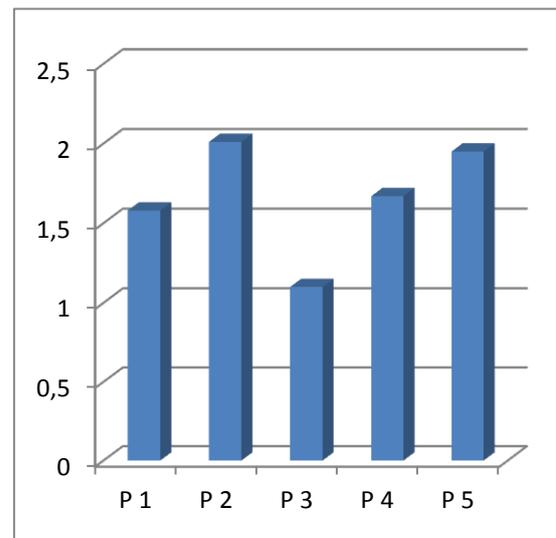


Figure 14: évolution de la turbidité

- La turbidité prend une valeur maximale de 2,01(NTU) et une valeur minimale de 1,10 (NTU) dans ces cinq prélèvements. (Figure 13)
- La conductivité varie de 487 µS/cm à 477 µS/cm. (Figure 14)

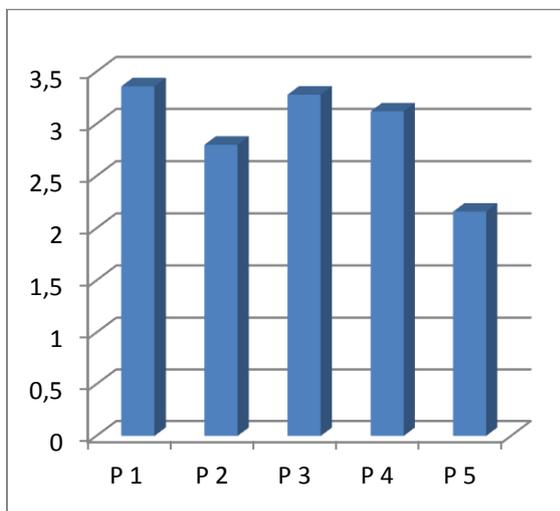


Figure 15: évolution de l'oxydabilité

- L'oxydabilité diffère dans les cinq prélèvements de 3,36 à 2,16 (méq/l). (Figure 15)

b /Résultats d'analyses physico-chimiques effectués sur l'eau traitée

Le tableau montre les résultats des analyses physico-chimiques de cinq échantillons différents sur l'eau traitée dans cinq jours successifs.

Tableau 6 : résultats des analyses physico-chimiques de cinq prélèvements

En fonction du temps

<u>Eau traitée</u>	<u>E1</u>	<u>E2</u>	<u>E3</u>	<u>E4</u>	<u>E5</u>	<u>Moyen</u>
<u>T°</u> (°C)	24,8	20,8	18,4	21	19	20,8
<u>pH</u>	7,94	7,83	7,97	7,91	7,85	7,90
<u>Turbidité</u> (NTU)	0,11	0,23	0,27	0,18	0,22	0,20
<u>Conductivité</u> (μ S/cm)	492	488	485	475	500	488
<u>Oxydabilité</u> (még/l)	1,44	0,80	1,36	1,20	0,64	1,08

Pour valoriser ces analyses on trace leurs histogrammes :

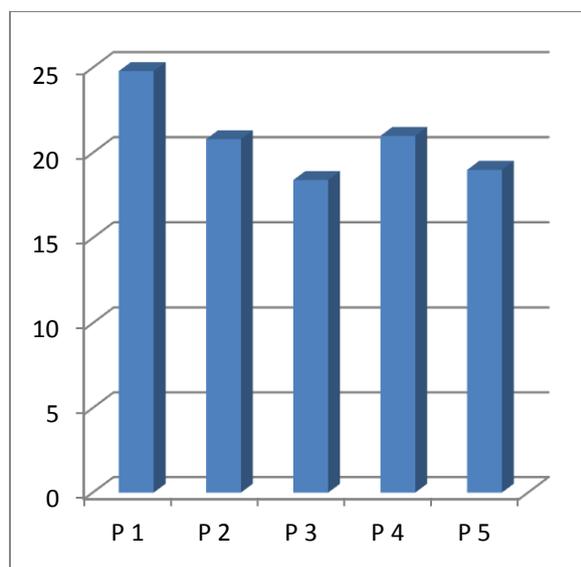


Figure 16: évolution de la température

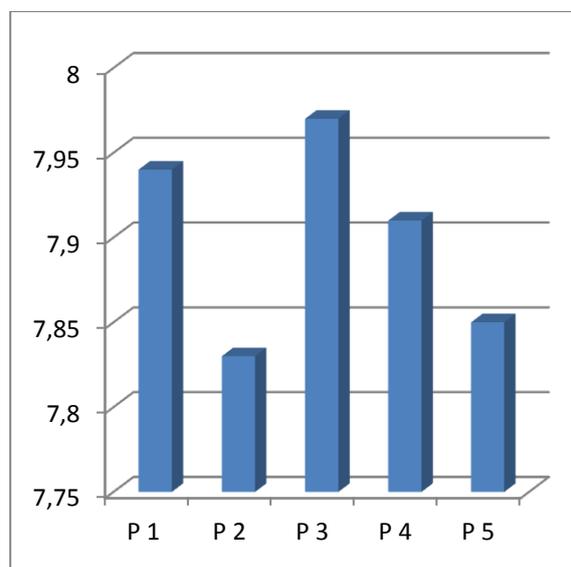


Figure 17: évolution du pH

- On constate que la température varie chaque jour, elle prend une valeur maximale dans le prélèvement 1(24,8 °C) et une valeur minimale dans le prélèvement 3(18,4). (Figure 16)
- Le pH varie de 7,83 à 7,97. (Figure 17)

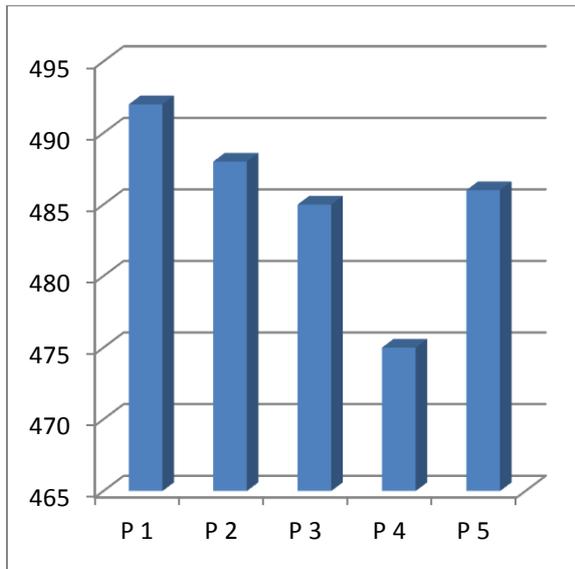


Figure 18: évolution de la conductivité

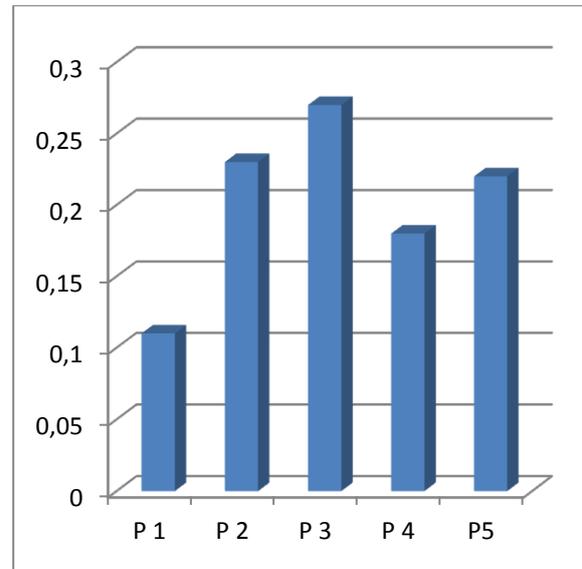


Figure 19: évolution de la turbidité

- La turbidité prend une valeur maximale de 0,27(NTU) et une valeur minimale de 0,11 (NTU) dans ces cinq prélèvements. (Figure 18)
- La conductivité varie de 500 µS/cm à 475 µS/cm. (Figure 19)

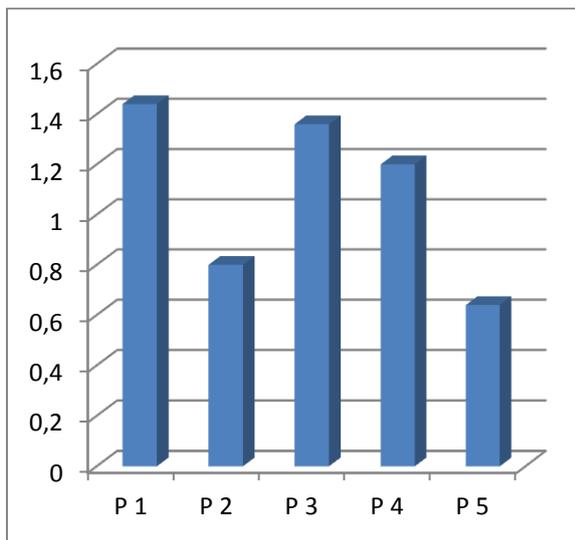


Figure 20: évolution de l'oxydabilité

- L'oxydabilité se diffère dans les cinq prélèvements de 1,44 à 0,80.

c/Discussion

- On constate que la qualité de l'eau du barrage ne connaît pas un vrai changement sur les cinq jours étudiés, sauf s'il y'a des changements saisonnières ou des pollutions accidentelles.
- En revanche on enregistre une amélioration de la qualité de l'eau après son passage par les différentes étapes de traitement.
- La comparaison entre la qualité de l'eau brute et la qualité de l'eau traitée indique que :
 - ✚ Le pH diminue de 8,26 à 7,90
 - ✚ La turbidité diminue de 1,68 à 0,20 (NTU)
 - ✚ L'oxydabilité diminue de 2,94 à 1,08 (még/l)
 - ✚ La conductivité augmente de 480,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau brute à 488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau traitée.
- La température agit sur la solubilité des sels ainsi sur l'efficacité de décantation c'est pour cela on remarque une augmentation de la conductivité.
- La diminution du pH peut être expliquée par l'ajout de certains réactifs tels que les sulfates utilisés lors de la coagulation.
- L'oxydabilité décroît par l'ajout du chlore qui permet la dégradation de la matière organique, et par conséquent la diminution des problèmes de reviviscence bactérienne.
- La diminution de la turbidité donne une idée sur l'efficacité de l'étape coagulation-floculation, ce facteur joue un rôle important c'est pour cela leur contrôle est nécessaire pour lutter contre l'effet sanitaire des matières en suspension et pour réussir le procédé de désinfection.

Alors on peut conclure que la qualité de l'eau est en amélioration, donc les traitements réalisés sont efficaces.

B/Résultats d'analyses microbiologiques effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée

Chaque jour on effectue des analyses bactériologiques sur des échantillons prélevés à partir d'eau brute ainsi de l'eau traitée.

a / Résultats d'analyses microbiologiques effectués sur l'eau brute

Le tableau montre les résultats des analyses bactériologiques de deux prélèvements différents sur l'eau brute :

Tableau 7 : les résultats des analyses bactériologiques de deux prélèvements différents

<u>Bactéries recherchées</u>	<u>Coliformes totaux</u>	<u>Coliformes fécaux</u>	<u>Entérocoques intestinaux</u>
<i>P 1</i>	1100/100 ml	4/100 ml	1100/100 ml
<i>P 2</i>	62/100 ml	0/100 ml	0/100 ml

L'analyse bactériologique de l'eau brute a montré la présence des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des Entérocoques intestinaux.

b / Résultats d'analyses microbiologiques effectués sur l'eau traitée

Le tableau montre les résultats des analyses bactériologiques de deux prélèvements différents sur l'eau traitée :

Tableau 8 : les résultats des analyses bactériologiques de deux prélèvements différents

<u>Bactéries recherchées</u>	<u>Coliformes totaux</u>	<u>Escherichia coli</u>	<u>Entérocoques intestinaux</u>	<u>MO sulfite réducteurs</u>	<u>MO revivifiables</u>
<i>P 1</i>	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
<i>P 2</i>	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml

L'analyse bactériologique de l'eau traitée a montré que cette eau contient 0UFC/100ml pour toutes les bactéries recherchées.

On constate alors que l'eau brute se caractérise par la présence des concentrations élevées en bactéries par contre l'eau traitée se caractérise par l'absence de tous les germes recherchés, ce qui indique l'efficacité du traitement dans la station.

Conclusion

L'eau brute qui arrive à la station subit une chaîne de traitements pour devenir une eau potable apte à être utilisée par les consommateurs. Cette chaîne se résume dans les étapes suivantes : aération, pré-chloration, débouage, décantation, filtration et la désinfection.

Mon travail a consisté donc à déterminer la qualité d'eau brute et de l'eau traitée par des analyses physico-chimiques afin de déterminer les paramètres suivants : le pH, la turbidité, le chlore résiduel, la conductivité, l'oxydabilité, titre alcalimétrique complet, titre hydrotimétrique, dosage du chlorure et les éléments minéraux (Fer, Manganèse, Aluminium et l'azote ammoniacal) par les kits.

Ainsi que des analyses bactériologiques qui visent à rechercher des germes présents dans l'eau à savoir : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *E. Coli*, les microorganismes revivifiables, les entérocoques intestinaux et les spores des microorganismes sulfite réducteurs.

On constate alors que l'eau brute se caractérise par la présence des concentrations élevées en bactéries par contre l'eau traitée se caractérise par l'absence de tous les germes recherchés, ce qui indique l'efficacité du traitement dans la station.

On enregistre une amélioration de la qualité de l'eau après son passage par les différentes étapes de traitement. Suite à la comparaison entre la qualité de l'eau brute et la qualité de l'eau traitée indique que : les traitements réalisés sont efficaces.

Il est évident que mon stage au sein de l'ONEP a été bénéfique, car il m'a permis de découvrir le monde de travail, d'approfondir mes connaissances acquises pendant mon cursus d'études, tant sur le plan pratique que sur le plan théorique au point d'être capable de juger si le traitement a été efficace et que l'eau traitée est potable .

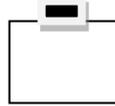
L'eau potable est donc une donnée rare et précieuse qu'il ne faut pas la gaspiller.



LES ANNEXES

ANNEXE 1 : Schéma de la méthode d'analyse des coliformes totaux dans l'eau traitée

1/ COLIFORMES TOTAUX



Echantillon de 1000ml

Test présomptif

Après filtration de 100ml d'échantillon sur membrane 0.45µm, la membrane est déposée sur:

Milieu de culture Tergitol 7-TTC

Incubation 36±2°C/21H±3H

Dénombrer les colonies typiques (jaune avec halo jaune)

Test confirmatif

Isoler

TSA

Incubation 36°C/21H±3H

Test de l'oxydase:

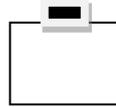
Étaler une partie de culture sur un papier sur lequel on a déjà versé quelque goutte du réactif à l'oxydase s'il n'y a pas apparition d'une coloration bleue/violet foncée dans 30s on dit que la réaction est négative donc la souche est oxydase (-), ce qui confirme la présence des Coliformes totaux.

Nombre de colonies confirmées en UFC / 100ml

ANNEXE 2 : Schéma de la méthode d'analyse des *Escherichia coli* dans l'eau traitée

2/ *ESCHERICHIA COLI*

Test présomptif



Echantillon de 1000ml

Après filtration de 100ml d'échantillon sur membrane 0.45µm, la membrane est déposée sur :

Milieu de culture Tergitol 7-TTC

Incubation $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C} / 21 \pm 3\text{H}$

Dénombrer les colonies typiques (jaune avec halo jaune)

Isoler

TSA

Incubation $36 \pm 2 / 2\text{H} \pm 3\text{H}$

Ensemencer sur eau peptonnée exempte d'indole

Incubation $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C} / 21 \pm 3\text{H}$

Réaction d'indole :

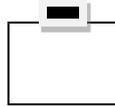
- Ajouter 0,2 à 0,3 ml du réactif kovac's dans les tubes d'eau peptonnée
- Apparition d'une coloration rouge à la surface d'eau peptonnée confirme la présence d'*Escherichia Coli*

Nombre de colonies confirmées en UFC / 100ml

ANNEXE 3 : Schéma de la méthode d'analyse des Entérocoques intestinaux dans l'eau traitée

3/ ENTEROCOQUES INTESTINAUX

Test présomptif



Après filtration de 100ml d'échantillon sur **membrane 0.45µm**, la membrane est déposée sur :

Milieu slanetz et bartely

Incubation 36± 2°C/ 1 à 2 jours

Dénombrer les colonies typiques (rouge-marron)

Test confirmatif

Transfert de la membrane sur une boîte contenant le milieu BEA

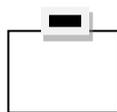
Incubation 36± 2°C/ 1 à 2 jours

Dénombrer les colonies brune et noir

Nombre de colonies confirmées en UFC / 100ml

ANNEXE 4 : Schéma de la méthode d'analyse des spores de microorganismes sulfite réducteurs dans l'eau traitée

4/ SPORES DE MICRO- ORGANISMES SULFITE REDUCTEURS



Chauffer 100ml de l'échantillon dans un bain marie à $75\pm 5^{\circ}\text{C}/15\text{min}$

Refroidir rapidement dans un bain marie glacée ou sous jet d'eau (choc thermique)

Après filtration de l'échantillon sur **membrane $0.22\mu\text{m}$**

Placer la membrane renversée dans le fond d'une boîte de pétri

Verser sur la membrane du milieu TSC liquéfié complet

Incubation à $37\pm 2^{\circ}\text{C}/20\pm 4\text{H}$ à $44\pm 4\text{H}$

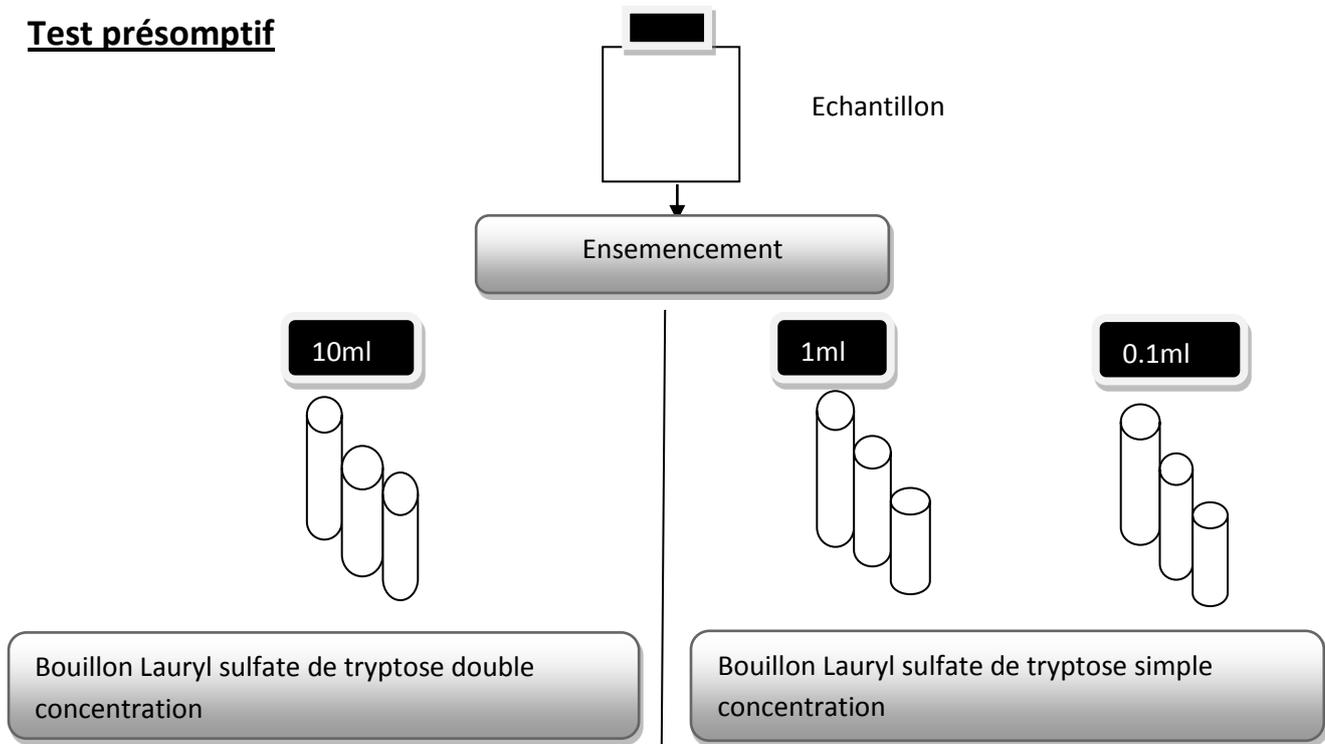
Comptage de toutes les colonies noires

Nombre de colonies confirmées en UFC / 100ml

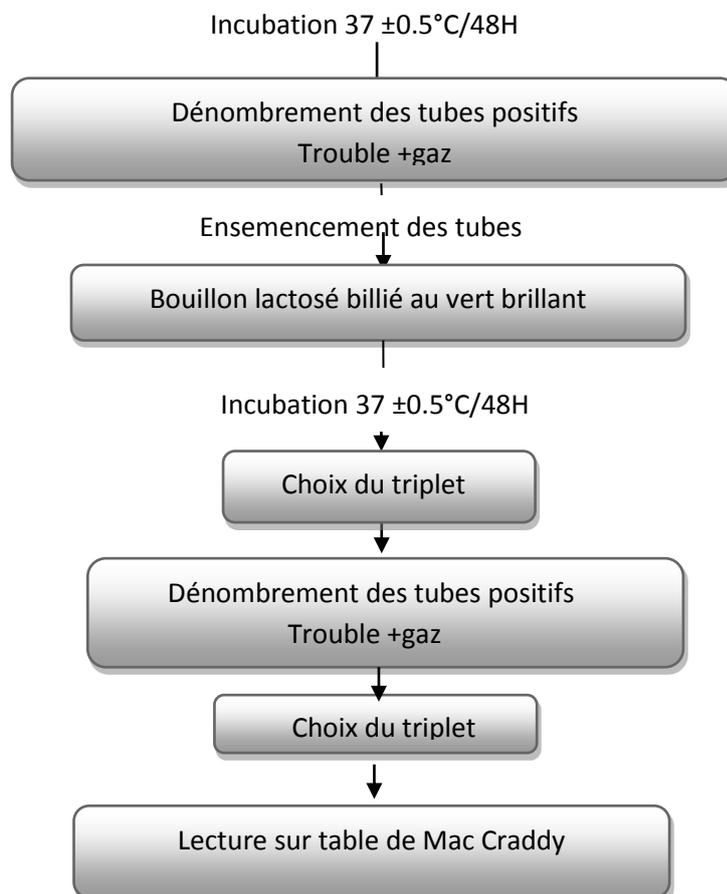
ANNEXE 6 : Schéma de la méthode d'analyse des coliformes totaux dans l'eau brute

6/ LES BACTERIES COLIFORMES

Test présomptif



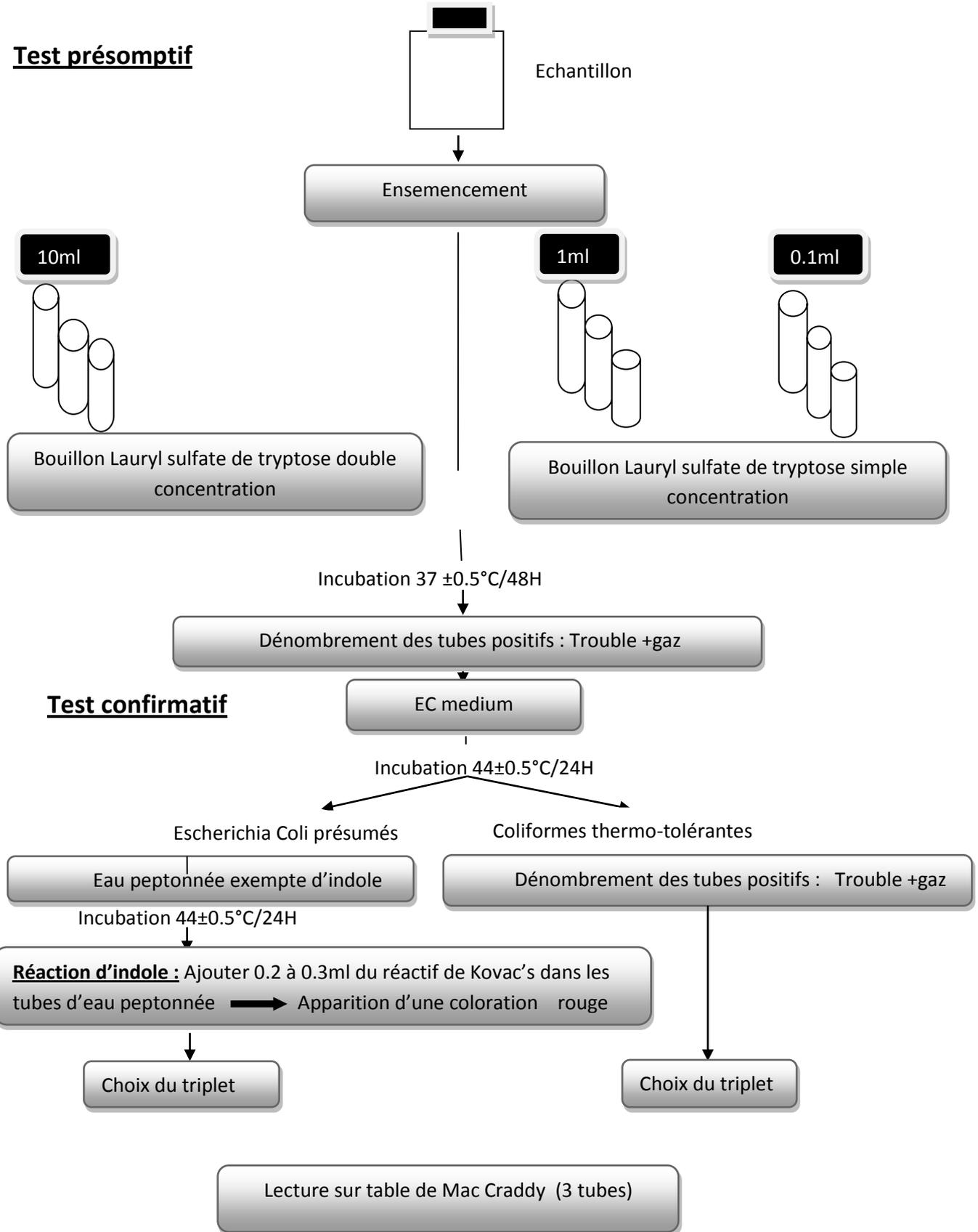
Test confirmatif



ANNEXE 7 : Schéma de la méthode d'analyse des *Escherichia coli* dans l'eau brute

7/ LES COLIFORMES THERMO-TOLERENTS ET *E. COLI*

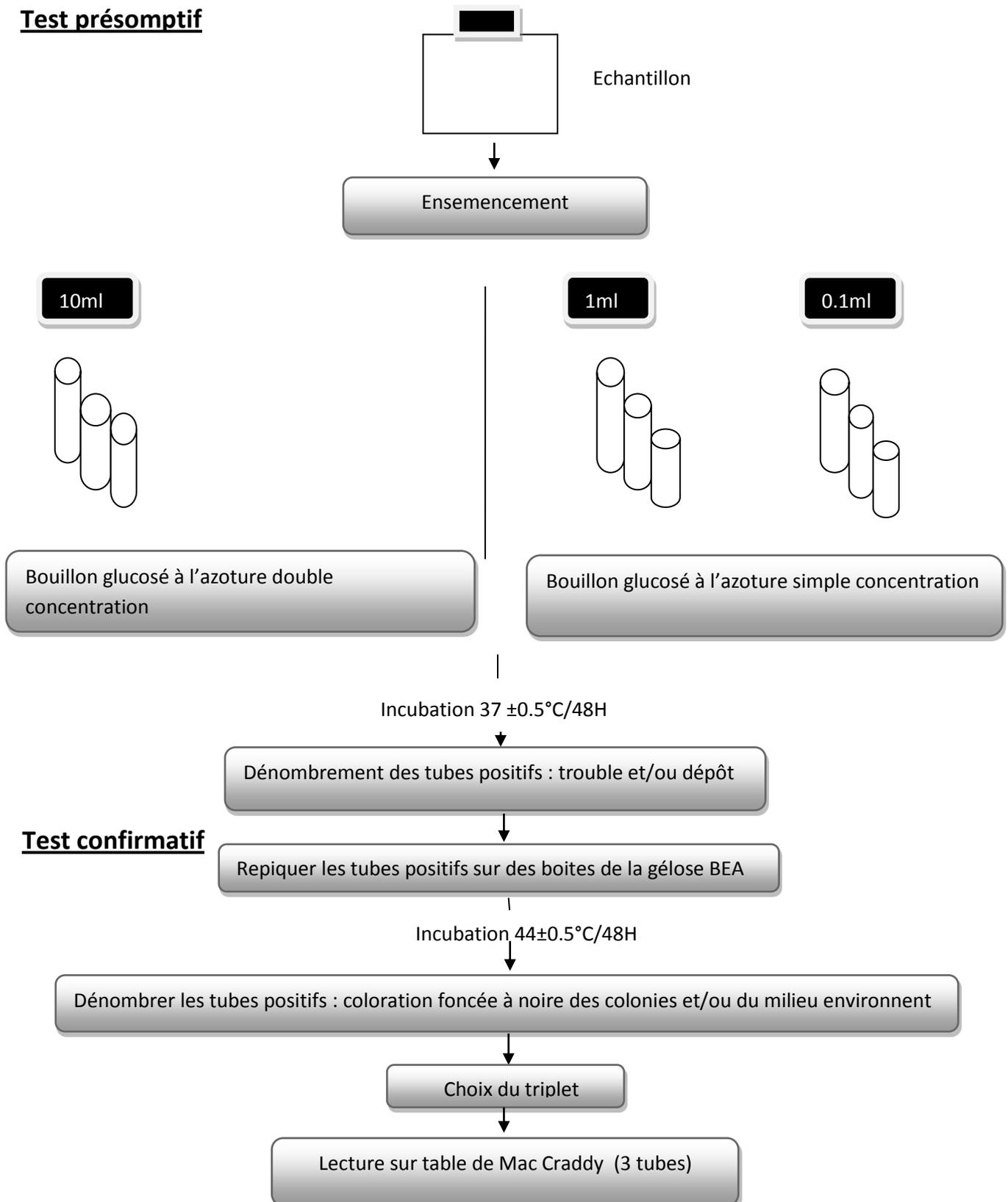
Test présomptif



ANNEXE 8 : Schéma de la méthode d'analyse des Entérocoques intestinaux dans l'eau brute

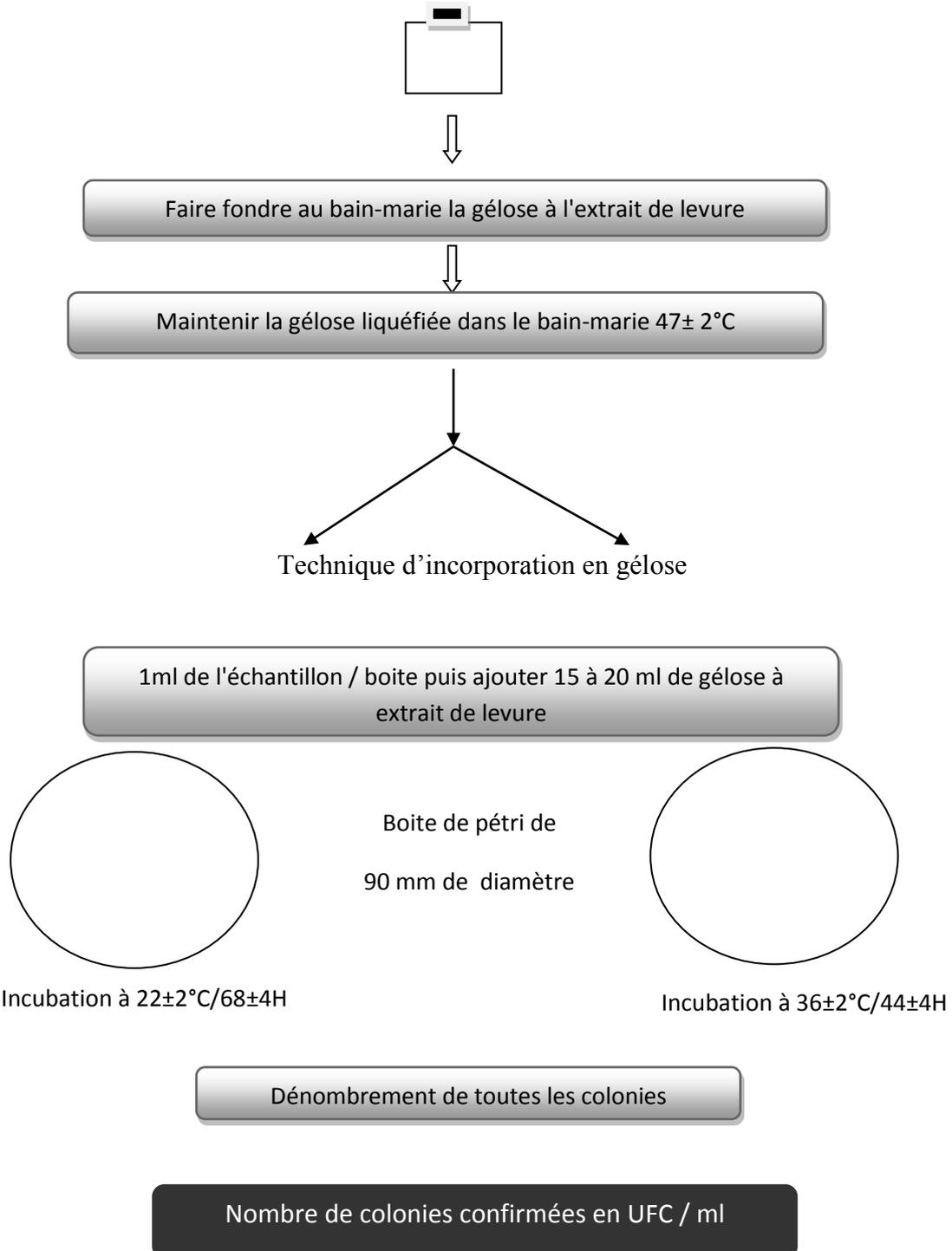
8/ ENTEROCOQUES INTESTINAUX

Test présomptif



ANNEXE 5 : Schéma de la méthode d'analyse microorganismes revivifiables à 22°C et à 37°C dans l'eau traitée

5/ MICRO ORGANISMES REVIVIFIABLES à 22°C et 37°C



Références bibliographiques

- [WWW .onep .ma](http://www.onep.ma) [1]
- [WWW.eau-poitou-charentes.org](http://www.eau-poitou-charentes.org) [2]
- <http://WWW.etudier.com/dissertations/Normes-Marocaine-sur-1°/°27Eau/584015.html> [3]
- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (1993) [4]
- Manuel des analyses bactériologiques de l'ONEE (auteurs : M.EL MGHARI Tabib, S.Benabdellah, M.EL Alami, Fathi, H.EL Boujnouni) (2014) [5]
- WWW.cieau.com [6]