



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



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences et Techniques

« Bioprocédés, Hygiène et Sécurité alimentaires »

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX DE L'OUED SEBOU

Présenté par : BEKKALI HASSANI Lamaie

Encadré par : Pr FADIL Fatima (FST)

Mr FELLAH Mohamed (ONEP)

Soutenu le : 16/06/2015

Devant le jury composé de :

- Mme : Fadil Fatima
- Mr : Rachiq Saad

Année universitaire

2014 /2015

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier dans un premier temps Monsieur HDOUD Abdellaziz, chef de secteur de production, d'avoir accepté de m'accueillir, afin de passer mon stage de fin d'étude

Je remercie également Monsieur ABOUZOUHOUR El Mostafa, Chef d'unité de la production Sebou pour son accueil.

je remercie vivement mon encadrant de stage monsieur el FELLAH Mohamed, ingénieur de laboratoire de l'unité de production d'oued Sebou pour sa bienveillance, ainsi m'avoir permis de profiter de ses connaissances et son soutien durant la période du stage.

J'associe mes remerciements A MM.ALAMI Keltoum, A MM.ANNOUH Fouzia, MR.HAMDANI Driss, pour l'aide précieuse, l'orientation, la grande compréhension.

Mes remerciements les plus chaleureux à mon encadrante à la FST MADAME FADIL Fatima pour sa disponibilité, ses conseils, ses remarques afin de mener à bien ce travail.

Sans oublier j'envoie mes remerciements à monsieur le Pr RACHIQ qui a accepté d'évaluer et juger mon travail.

Résumé

Au Maroc les oueds constituent une source importante dans l'alimentation en eau potable, dans l'irrigation et aussi dans le domaine de l'industrie. Mais, ils sont mal conservés et exposés à la pollution, du fait de l'absence des réseaux d'assainissement et des normes de rejet pour les unités industrielles qui y déversent leurs rejets.

La production de l'eau potable de la ville de Fès est assurée par l'ONEE/BE (office national de l'électricité et de l'eau potable – branche d'eau) qui exploite principalement les eaux d'Oued Sebou. Ces eaux subissent d'abord un prétraitement dans le but de diminuer leurs charges en matière en suspension, ensuite un traitement assurant l'élimination de la pollution chimique et microbiologiques et l'abaissement de la turbidité par toute une série de transformation afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine.

Le laboratoire régional de l'ONEP de Fès procède dans le cadre du contrôle des eaux potables aux analyses physico-chimiques (turbidité, conductivité, pH, alcalinité, oxydabilité...etc.) et bactériologiques.

Les résultats obtenus des différentes analyses effectuées pendant la durée de mon stage sont conformes aux normes marocaines.

Sommaire

Introduction.....	6
Présentation de l'ONEP	7
1) Historique	7
2) Le Prétraitement de l'eau de l'oued Sebou.....	8
2.1 Le dégrillage	8
2.2 le relevage	8
2.3 Le dessablage	9
2.4 Le mélangeur- répartiteur	9
2.5 Le débouage.....	9
3) Le traitement de l'eau de l'oued Sebou :	10
3.1 Ouvrage d'arrivée de l'eau brute	10
3.2 Pré chloration	10
3.3 Coagulation-floculation	10
3.4 Répartiteur- mélangeur.....	10
3.5 Décantation.....	12
3.6 Filtration	12
3.7 Désinfection.....	12
3.8 Réservoirs de stockage.....	13
Première partie : bibliographie	
I. Pollution de l'eau.....	13
1) la pollution chimique.....	13
2) la pollution physique.....	13
3) la pollution biologique.....	14
II. Les maladies hydriques	14
III. Contrôle bactériologique de l'eau	16
1) Les micro-organismes recherchés	16
1.1 Les coliformes totaux	17
1.2 Coliformes fécaux.....	17

1.3	Les clostridium sulfito –réducteurs	18
1.4	Les streptocoques fécaux.....	18
1.5	Les micro-organismes revivifiables	19
Deuxième partie : matériel et méthodes		
I.	Analyses physico-chimiques.....	20
1)	Mesure de la turbidité.....	20
2)	Le potentiel d’hydrogène pH	21
3)	Mesure de la conductivité	21
4)	Chlore résiduel.....	21
5)	Détermination de l’alcalinité de l’eau	21
6)	Oxydabilité.....	21
II.	Analyses microbiologiques de l’eau :	22
1)	Analyse de l’eau traitée.....	22
1.1.	Recherche des coliformes totaux et fécaux.....	23
1.2.	Recherche des clostridium sulfito- réducteurs.....	23
1.3.	Recherche des streptocoques.....	24
1.4.	Recherche des micro-organismes revivifiables	24
2)	Analyse de l’eau brute.....	26
2.1.	Recherche des coliformes totaux et fécaux :	27
2.2.	Recherche des streptocoques fécaux :.....	29
Troisième partie : Résultats et Discussions		
I.	Résultats d’analyses physico- chimiques.....	31
II.	Résultats d’analyses bactériologiques	33
Conclusion.....		36
Références		37
Annexes.....		37



Introduction

L'eau est une source naturelle rare et vitale, elle constitue un bien primordial de la vie. De multiples usages font appel à ce milieu complexe et fragile : besoins alimentaires, utilisations domestiques, industrielles, agricoles et touristiques. La croissance démographique et une gestion souvent incontrôlée des ressources en eaux conduisent néanmoins à une situation inquiétante, non seulement du point de vue de la quantité, mais aussi de la qualité de l'eau.

Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappe, à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface, qui sont malheureusement exposées de plus en plus à la pollution.

Les activités humaines posent de nombreux problèmes, notamment le phénomène de la pollution de l'eau, en produisant des eaux usées contenant des micro-organismes fécaux et divers contaminants (matières organiques, azote, phosphore, micropolluants minéraux et organiques...etc.) dont la charge dépasse souvent le pouvoir auto épurateur des eaux réceptrices (cours d'eau, eaux de surface ...etc.), induisant un risque pour la santé humaine et les écosystèmes.

Pour être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Des normes ont été établies fixant notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et 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 matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

L'objectif de ce travail est de réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux pour mettre en valeur l'importance et l'efficacité des différentes étapes de traitement de l'eau d'oued Sebou.

Présentation de l'ONEP

1) Historique

L'ONEE/BE ¹ 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 l'ONEP² est regroupé avec l'ONE³ au sien d'un même établissement public dénommé ONEE.

C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, l'Office National de l'Eau Potable est l'organisme gouvernemental qui assure l'essentiel de la gestion de la ressource en eau potable et de sa production au Maroc.

➤ Missions principales

- ✓ Production de l'eau potable.
- ✓ contrôle de la qualité de l'eau.
- ✓ Le suivie de l'efficacité du traitement.

➤ Description de lieu de stage

Ce complexe de production d'eau potable- Fès comprend :

- ✓ Station de prétraitement.
- ✓ Station de pompage d'eau brut de l'Oued Sebou.
- ✓ Station de traitement.
- ✓ Station de pompage d'eau traitée Ain Nokbi.

❖ Laboratoire régional de Fès :

La station de traitement est dotée d'un laboratoire d'analyse pour le suivi de la qualité de l'eau. L'office surveille régulièrement si l'eau qu'il produit et distribue satisfait aux normes et cela par des analyses physicochimiques et bactériologiques effectuées par des techniciens au sein de laboratoire, ces analyses sont réalisées sur des échantillons d'eaux (traitées, brutes).

¹ ONEE/ BE : Office National de l'électricité et de l'Eau Potable- Branche d'eau

² ONEP : Office National de l'Eau Potable

³ ONE : Office National de l'électricité

2) Le Prétraitement de l'eau de l'oued Sebou

La station de prétraitement est située près d'Oued Sebou à 2,5 Km de la station de traitement, et elle est mise en service selon le taux des matières en suspension {M.E.S}. S'il est inférieur à 2 g/l, l'eau brute est pompée directement vers la station de traitement s'il est compris entre 2 g/l et 50 g/l l'eau passe d'abord par un prétraitement avant d'être Pompée vers la station de traitement. Enfin, si la qualité de matière en suspension est supérieure à 50 g/l on fait arrêter les 2 stations de traitement et on a recours à la nappe de saïs pour alimenter en eau potable la ville de Fès.

2.1. Le dégrillage

Il a pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui retiennent les gros déchets et séparent les matières qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants. Il s'agit d'un système de protection de la station pour éviter un débouchage dans les différentes unités de l'installation.



Figure 1 : opération de dégrillage

2.2. Le relevage

Le relevage est assuré par trois vis d'Archimède qui permettent le pompage de l'eau de l'oued vers les déssableurs.



Figure 2 : Opération de relevage

2.3. Le dessablage

Il sert à débarrasser l'eau relevée du sable, de gravier et des particules de taille moyenne.



Figure 3 : Opération de dessablage

2.4. Le mélangeur- répartiteur

Il assure à la fois le mélange de l'eau brute avec un polymère (poly-électrolyte) pour casser la stabilité colloïdale et augmenter la taille des particules contenues dans les eaux brutes ainsi la répartition de l'eau dans les déboueurs.

2.5. Le débouage

Il permet d'éliminer les boues et de supprimer les particules en suspension.



Figure 4 : Opération de débouillage

3) Le traitement de l'eau de l'oued Sebou :

La station de traitement assure le traitement de l'eau brute selon les étapes suivantes :

3.1. Ouvrage d'arrivée de l'eau brute

Cet ouvrage permet de transformer l'énergie cinétique de l'eau de la station de prétraitement en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement.

3.2. Pré chloration

C'est une opération qui permet :

- D'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute. (En général responsable de la couleur).
- De détruire les matières organiques afin d'améliorer le goût et l'odeur de l'eau.
- De détruire les micro-organismes et d'inhiber la croissance algale.

Le produit généralement utilisé est le chlore Cl_2 .

3.3. Coagulation-floculation

Coagulation : Cette opération a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est-à-dire de faciliter leur agglomération par la neutralisation des charges électrostatiques des particules colloïdales, on pratique cette opération est caractérisée par l'injection de Sulfate d'alumine : $(\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3, 18 \text{H}_2\text{O})$.

Floculation : C'est l'agglomération de particules déstabilisées, ces particules s'agglomèrent pour former des flocs qui par gravitation, se sédimentent. La station de traitement utilise poly électrolyte qui est un polymère ionique comme floculant.

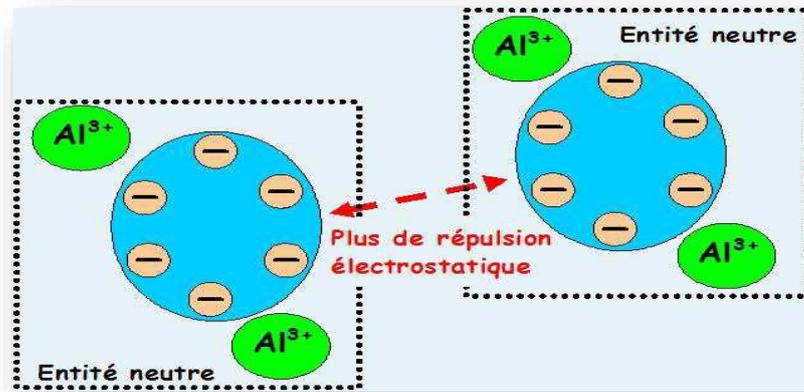


Figure 5 : Coagulation-floculation

3.4. Répartiteur -mélangeur

Son rôle est de mélanger les réactifs de traitement (chlore, sulfate d'alumine, poly électrolyte et le charbon actif) avec l'eau provenant de l'ouvrage d'arrivée. Ainsi c'est un ouvrage qui fait répartir l'eau brute sur les 6 décanteurs.

- ✓ **Le charbon actif** : est utilisé pour l'amélioration du goût des eaux.



Figure 6: Répartiteur-mélangeur

3.5. Décantation

La décantation est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer une grande partie des floccs. Elle permet aux déchets de se déposer sous l'effet de la gravité.



Figure 7: Décanteur a racleur

3.6. Filtration

La filtration consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux à fin d'éliminer les matières en suspension restantes. Le type de filtration le plus répandu est la filtration sur sable. L'eau filtrée passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse de floccs non éliminés par la décantation.



Figure 8: Filtres à sable

3.7. Désinfection

C'est l'étape terminale du traitement de l'eau, elle a pour objectif d'assurer la destruction des micro-organismes pathogène de l'eau. L'agent de désinfection utilisé à la station de traitement de Fès est le chlore. C'est un agent oxydant fort qui réagit facilement avec plusieurs substances organiques et inorganiques.

3.8. Réservoirs de stockage

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



Figure 9 : Réservoir de Stockage

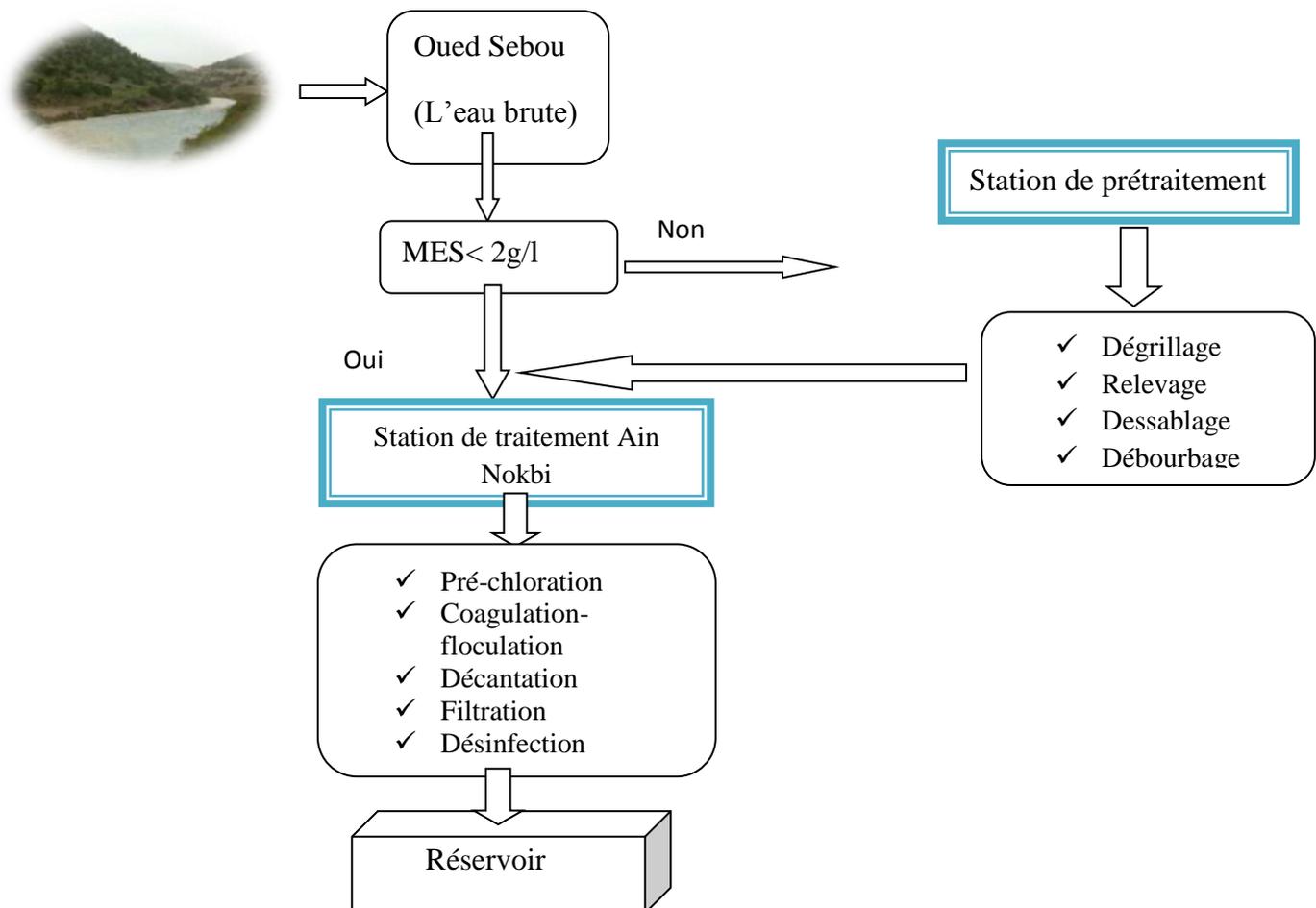


Figure 10 : schéma récapitulatif des étapes des prétraitements et des traitements

Première partie : bibliographie

I. Pollution de l'eau

Une pollution est définie selon le droit international comme une altération physique, chimique ou biologique de l'eau liée à l'homme et entraînant des effets nuisibles pour la santé humaine, pour la sécurité, pour le bien-être et pour l'utilisation des eaux à quelque fins que ce soit, ou pour la conservation et la protection de l'environnement.

La pollution peut être physique, chimique ou biologique :

1) La pollution chimique

L'agriculture (culture et élevage) est une cause majeure de pollution des eaux souterraines, et importante pour les eaux de surface. Les engrais (nitrates, phosphates, mais aussi parfois cadmium) et pesticides utilisés pénètrent dans le sol, puis dans l'eau. Les médicaments et compléments alimentaires (par exemple, zinc) donnés aux animaux d'élevage pourraient également être source de pollution.

Les particuliers, commerçants et artisans (eaux usées gérées par les villes, exemple Fès) sont également à l'origine de pollutions des eaux. Les produits chimiques utilisés (produits de nettoyage, pesticides, peinture...) sont le plus souvent rejetés dans les canalisations. Les résidus de médicaments (absorbés puis rejetés dans les eaux usées) constituent également une source de pollution.

Les activités industrielles, autre source de pollution, rejettent des métaux, des hydrocarbures, des acides, et peuvent provoquer le réchauffement des eaux.

2) La pollution physique

Elle provient essentiellement des centrales thermiques et nucléaires et des usines utilisant l'eau comme liquide de refroidissement. L'eau prélevée dans le milieu naturel va être rejetée par ces structures à une température plus élevée. Ceci va provoquer une élévation de la température. La pollution thermique qui est liée à l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement par les industriels, apparaît souvent mineur. Mais il s'accroît, du fait de l'augmentation des besoins de l'industrie.

Ensuite, un autre facteur de la pollution physique de l'eau lié aux risques de pollution radioactive tels que les accidents potentiels.

on peut également constater une pollution de l'eau par des matières en suspension provenant des mines ou des cimenteries qui peuvent alors modifier la turbidité de l'eau, c'est-à-dire réduire la transparence de celle-ci.

3) La pollution biologique

La pollution biologique des eaux est une pollution essentiellement microbienne, c'est à dire engendrée par des microorganismes. Les rejets provenant de l'intestin des animaux et de l'homme sont évacués dans le sol ou déversés dans les cours d'eau. Ils y subissent une épuration naturelle. Mais s'ils parviennent trop rapidement à une ressource en eau, ils peuvent provoquer une pollution microbiologique.

Ces microorganismes prennent quant à eux le nom d'agents pathogènes. Ceux-ci peuvent être de trois types (bactéries, virus, parasites), ces derniers se développent aussi dans les égouts et les eaux usées non traitées.

- Bactéries : *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrions*.
- Parasites : *Helminthes*, *Protozoaires*.
- Virus : *Calivirus*, *Virus de l'hépatite A*, *Eentérovirus*, *Rotavirus*.

Chez l'humain, l'eau contaminée par des microorganismes peut provoquer des diarrhées, des vomissements et des maladies parasitaires. La pollution de l'eau avec la diversité de ses sources, menace la santé de l'Homme, en étant responsable de plusieurs problèmes sanitaires et de maladies graves.

II. 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.

Le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde, le botulisme, la poliomyélite, les hépatites A et E font partie des maladies hydriques les plus fréquentes.

Tableau 1 : Maladies d'origine hydrique

Organismes	Maladies	Symptômes
Bactéries	Cholera	Diarrhée, vomissement grave, déshydratation, souvent mortel si non traité
	dysenterie bactérienne	Diarrhée ; rarement mortel excepté pour les enfants en bas âge sans traitement approprié
	Fièvre typhoïde	Diarrhée, vomissement grave, agrandissement de la rate, intestins enflammés ; souvent mortel si non traité
	Botulisme	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	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	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

III. Contrôle bactériologique de l'eau

1. Les micro-organismes recherchés

L'appareil digestif de l'homme et des animaux constitue un réservoir de germes potentiellement pathogènes qui peuvent se trouver dans les eaux, les agents pathogènes d'origine fécale sont de trois types : Bactéries (Salmonella, E. coli, Listeria...), Virus (Rotavirus, ...etc.), et protozoaires (Toxoplasma gondi...etc.).

Puisqu'il est impossible de rechercher tous ces pathogènes dans une eau potable, on se contente de rechercher ce qu'il est convenu d'appeler « germes indicateurs de pollution fécale ».

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

- ✓ Les coliformes totaux ;
- ✓ Les coliformes fécaux (*E. coli*) ;
- ✓ Les bactéries anaérobies sulfite –réductrices (*Clostridium perfringens*) ;
- ✓ Les streptocoques fécaux (*Entérocoques intestinaux*) ;
- ✓ Micro-organismes revivifiables ;

1.1. Les coliformes totaux

Microorganismes aérobies et anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnets, gram négatif, ne formant pas de spores, présentant une réaction négative à l'oxydase, ils sont capables de croître en aérobiose à 37°C sur gélose sélective.

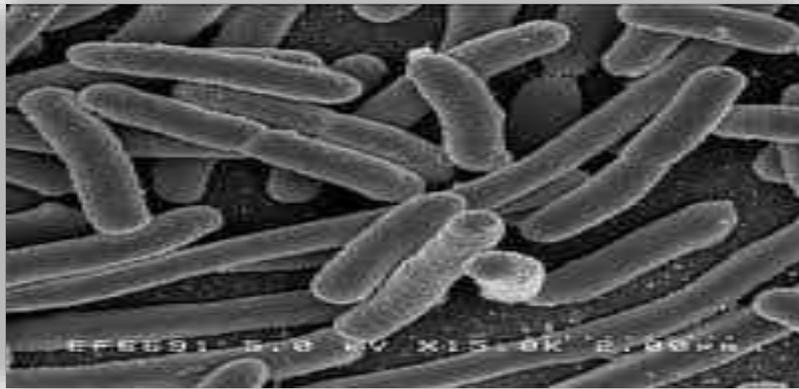


Figure 11 : les coliformes totaux

1.2. Les Coliformes fécaux

Ils ont la même définition que les coliformes totaux, ces coliformes sont capables de se développer à 44°C (thermo -tolérants) 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*.



Figure 12 : les coliformes fécaux

1.3. Les clostridiums sulfito –réducteurs

Les clostridiums sulfito-réducteurs sont des germes anaérobies appartenant à la famille *bacillacées* et au genre *clostridium* capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau sous une forme végétative. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.



Figure 13 : Les clostridium sulfite –réducteurs

1.4. Les streptocoques fécaux

Le terme “streptocoques fécaux” désigne dans ce document l'ensemble des bactéries en forme sphérique ou de cocci, gram+, disposés en pair ou en chaînette, ne possédant pas de catalase capable de croître à 37 °c en 48h. Ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire

dangereuses pour la santé. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les entérocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance.



Figure 14 : Les streptocoques fécaux

1.5. Les micro-organismes revivifiables

Toute bactérie aérobie, levure ou moisissures, capable de former des colonies dans le milieu spécifié et dans les conditions d'essai décrites par la norme marocaine. La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" représente la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Deuxième partie : Matériel et méthodes

I. Analyses physico-chimiques

Pour faire une analyse d'eau destinée à la consommation humaine, il est nécessaire de réaliser quelques analyses physicochimiques qui sont essentielles pour la potabilité de l'eau.

Nous avons fait ces analyses au niveau des :

-Eaux brutes destinées à la production d'eau d'alimentation humaine (eau à la sortie de station de prétraitement).

-Eaux traitées pour l'alimentation humaine (eau traitée à la sortie de la station de traitement).

Les méthodes utilisées sont celles décrites par Rodier (1997) :

1) Mesure de la turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau. Il s'agit des particules de sol, de matières ou débris organiques, organismes microscopique ou tous autres corpuscules d'origines différentes. La charge en matière en suspension dépend de facteurs météorologiques, hydrologiques, érosifs et anthropiques.

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.

La mesure de la turbidité est effectuée par un turbidimètre. L'unité d'expression est le NTU (unité de turbidité néphélogéométrie).



Figure 15 : un Turbidimètre

2) Le potentiel d'hydrogène pH

C'est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau ; C'est l'un des paramètres opérationnels de la qualité de l'eau. Le pH est lié à la nature géologique des terrains traversés. Les valeurs normales sont comprises entre 6,5 et 8,5. En dessous de 6, l'eau est corrosive et au-dessus de 8,5 il y a risque d'entartrage et de mauvaise efficacité du chlore, Le pH est mesuré par un pH-mètre de paillasse étalonné en entrant l'électrode de l'appareil au bécher remplie d'eau.



Figure 16 : un pH-mètre

3) Mesure de la conductivité

La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions, la mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, La mesure est effectuée par un conductimètre portable étalonné, en entrant l'électrode de l'appareil au bécher remplie d'eau, la lecture du résultat affiché doit correspondre à la température 20°C.

L'unité est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$).



Figure 17 : un conductimètre

4) Chlore résiduel

Le test du chlore sert à détecter la quantité du chlore résiduel dans l'échantillon, à l'aide du DPD, la colorimétrie avec DPD sert à mesurer le chlore libre. La diéthyl paraphénylène diamine (DPD) sous forme de comprimé donne en présence du chlore libre une coloration rouge foncée susceptible d'un dosage colorimétrique.

Des disques colorés étalonnés spécifiques pour chaque réactif et un comparateur en lumière du jour sont utilisés pour la déduction des différentes teneurs en chlore.



Figure 18 : un comparateur de chlore résiduel

5) Détermination de l'alcalinité de l'eau

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

Titre alcalimétrique TA : consiste à la neutralisation de la totalité des ions hydroxydes et la moitié des ions carbonates à $\text{pH} = 8.3$.

Titre alcalimétrique complet TAC : le titre alcalimétrique complet correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates en présence d'un indicateur coloré, c'est-à-dire neutralisation de toutes les espèces basiques présentes.

6) 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.

L'oxydabilité consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans l'échantillon par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition pendant 13 min. L'addition de l'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium. On procède à un titrage en retour par le permanganate de potassium.

II. Analyses microbiologiques de l'eau :

- Nous avons recherché et dénombré les bactéries indicatrices de contamination au niveau des :

-Eaux brutes destinées à la production d'eau d'alimentation humaine (eau à la sortie de station de prétraitement).

-Eaux traitées pour l'alimentation humaine (eau traitée à la sortie de la station de traitement).

1) Analyse de l'eau traitée.

❖ Echantillonnage :

Le robinet est désinfecté et flambé, l'eau s'est écoulée un certain temps (5 min) avant le prélèvement, puis le flacon de verre est rempli en laissant un espace d'air entre la surface de l'eau et le bouchon ce qui facilite l'homogénéisation de l'échantillon au moment de l'analyse en fin on bouche soigneusement et hermétiquement le flacon après le prélèvement

❖ Milieux de culture :

- **Tergitol 7 TTC** : Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des coliformes et des coliformes thermo tolérants dans les eaux potables.
- **TSC** : Ce milieu est utilisé pour l'isolement sélectif et le dénombrement de *Clostridium perfringens* des eaux.
- **Slanetz** : Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux (streptocoques fécaux) dans les eaux potables.
- **Gélose à l'extrait de levure** : La gélose à l'extrait de levure est utilisée en bactériologie des eaux pour le dénombrement des microorganismes revivifiables par comptage des colonies à 36 et 22°C.

1.1. Recherche des coliformes totaux et fécaux :

La méthode utilisée est la filtration sur membrane (sous vide), 100ml d'eau bien homogénéisée est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de porosité 0,45 μ m. Cette membrane est incubée (à 44°C pendant 24h pour fécaux et à 37°C pendant 48h pour totaux) sur un milieu sélectif des coliformes qui est le Tergitol 7 TTC.



Figure 19 : Pompe à vide



Figure 20 : appareil de filtration sur membrane

❖ Lecture de résultat

Coliformes fécaux et totaux → colonies Jaunes avec halo jaune

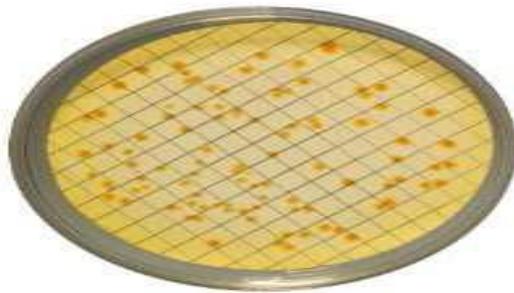


Figure 21 : coliformes fécaux et totaux après incubation

1.2. Recherche de Clostridium sulfite-réducteurs :

Par la méthode de filtration sur membrane, 100ml échantillon d'eau traitée est filtrée sur une membrane de porosité 0.2 μ m, puis on dépose cette membrane sur un milieu sélectif qui est le TSC, On place la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose. Puis on l'incube à 37°C pendant 48h.

❖ Lecture de résultat :

Clostridium sulfito-réducteur → colonies noires

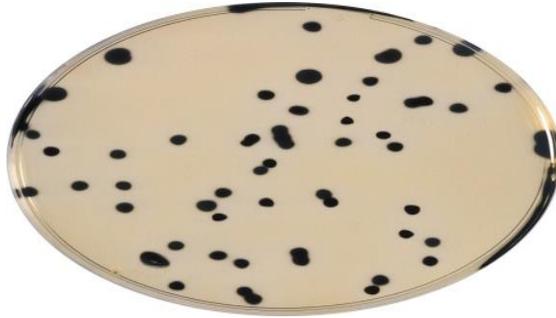


Figure 22 : Clostridium sulfito-réducteur après incubation

1.3. Recherche des streptocoques fécaux

Par la méthode de filtration sur membrane (0,45µm de porosité), onensemence la membrane dans le milieu nutritif « le Slanetz », et on le met à l'étuve à une température de 37°C pendant 48h.

❖ Lecture de résultat :

Streptocoques fécaux → colonies rouge, marron ou rose

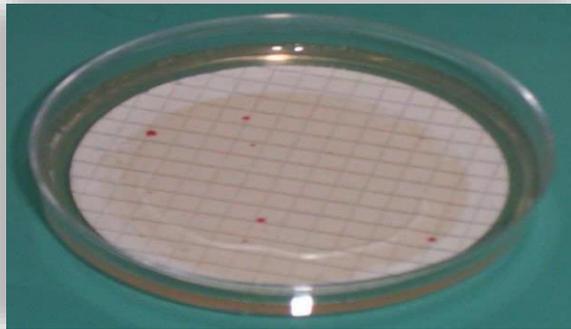


Figure 23 : Streptocoques fécaux après incubation

1.4. Recherche des micro-organismes revivifiants

La méthode utilisée est l'incorporation en gélose, 1ml d'eau à analyser est placée dans une boîte de pétri stérile, puis on ajoute la gélose à l'état liquide, on ferme la boîte de pétri et on la déplace selon une ligne traçant le chiffre 8. On laisse la gélose se solidifier et on incube soit à la température de 37°C, Soit à 22°C pour la détection des germes revivifiants.

❖ Lecture de résultat :

Après incubation, le nombre de colonies se développant sur le milieu est compté.



Figure 24 : Micro-organismes revivifiables après incubation

Tableau 2 : les différentes analyses bactériologiques de l'eau traitée

Milieu de Culture	Support	Type de bactérie	Technique	Durée d'incubation	Température d'incubation
<i>Tergitol</i> 	Boite de pétri	Coliformes totaux	La membrane filtrante	48 H	37°C
		Coliformes fécaux	La membrane filtrante	24 H	44°C
<i>Slanetz</i> 	Boite de pétri	Streptocoques Fécaux	La membrane filtrante	48 H	37°C
<i>TSC</i> 	Boite de pétri	Les Clostridium sulfito –réducteurs	La membrane filtrante	48 H	37°C
<i>Gélose nutritive</i> 	Boite de pétri	Micro-organismes revivifiables	Incorporation en gélose	48H	37°C
		Micro-organismes revivifiables	Incorporation en gélose	72 H	22°C

2) Analyse de l'eau brute

- Echantillonnage :

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en verre stériles et transportés en glacière réfrigérée (4°C) jusqu'au laboratoire, L'analyse est effectuée dans les 12 h qui suivent le prélèvement.

- milieux de culture :

- **Lauryl** : le bouillon lauryl sulfate-tryptose est un milieu d'enrichissement sélectif utilise pour la recherche et le démembrement 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.
- **Rothe** : 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.

1.1. Recherche des coliformes totaux et fécaux :

Pour l'eau brute, il s'agit d'ensemencer une prise d'essai de l'échantillon dans une série de tube de bouillon Lauryl et d'incuber ensuite ces tubes pendant 48h à 37°C.

- ❖ Test présomptif :

Ce test est effectué sur neuf tubes et chaque tube contient le milieu lauryl avec cloche , la première étape consiste à ensemencer trois tubes avec 10ml de l'échantillon contenant le milieu lauryl double concentration, pour les six autres tubes contenant le milieu lauryl simple concentration, on ensemence trois tubes avec 1ml de l'échantillon et trois tubes avec 0,1 ml.

On mélange le contenu de ces neuf tubes de façon à obtenir une répartition homogène de l'inoculum et du milieu. Finalement les tubes sont incubés à 37°C pendant 48 h.

❖ Lecture de résultat :

Les tubes présentant un trouble avec du gaz dans la cloche sont positifs.



Figure25 : tube du milieu lauryl négatif (à gauche) et tube positif (à droite)

❖ Test confirmatif :

On procède à la confirmation de chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemencant à l'aide d'une anse bouclée le bouillon lactosé au vert brillant pour les coliformes totaux et l'EC medium pour les coliformes fécaux.

- Les coliformes totaux sont incubés à 37°C pendant 48h.
- Les coliformes fécaux sont incubés à 44°C pendant 24h.

❖ Lecture de résultat :

Les tubes présentant un trouble avec dégagement du gaz dans la cloche sont positifs.



Figure 26 : tube positif du bouillon EC medium



Figure 27 : tube positif du bouillon vert brillant

Pour pouvoir compléter le test confirmatif, on compte le nombre de séries de tubes positifs et le nombre de tubes négatifs en respectant la durée d'incubation de chaque test, ensuite on obtient les résultats en extrapolant sur une table statistique appelée : table de MAC CRADY.

Le nombre de germes dans le cas d'un test présomptif sans dilution est donné par l'expression suivante : $N=NPP$

Avec NPP : nombre le plus probable dans la table de MAC CRAY.

1.2. Recherche des streptocoques fécaux :

Pour l'eau brute, il s'agit d'ensemencer une prise d'essai de l'échantillon dans une série de tube de bouillon Roth et d'incuber ensuite ces tubes pendant 48h à 37°C.

❖ Test présomptif :

On suit les mêmes étapes citées pour la détection des coliformes sauf pour le milieu de culture, pour les streptocoques on utilise le milieu Roth de concentration double et simple.

❖ Lecture de résultat :

Les tubes présentant un trouble avec dépôt au fon sont positifs.



Figure 28 : Tube Roth positif (à gauche) et tube négatif (à droite)

❖ Test confirmatif :

On procède à la confirmation de chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemencant à l'aide d'une anse bouclée le bouillon Litsky.

- Les streptocoques fécaux sont incubés à 37°C pendant 48h

❖ Lecture de résultat :

Les tubes présentant un trouble avec dépôt violet au fond sont positifs.



Figure 29 : tube positif du milieu litsky

Troisième partie : Résultat et discussions

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

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées pour les différents paramètres, sont présentés dans les tableaux suivants en nombre exprimant la moyenne de 3 valeurs (voir annexes).

Tableau 3 : les mesures de turbidité

	l'eau brute	L'eau traitée
Moyenne	25,76NTU	0,33 NTU
Ecart-type	2,92	0,11

La turbidité de l'eau brute est élevée, alors que celle de l'eau traitée ne dépasse pas **1NTU** fixée par la norme marocaine. Cette diminution est liée à l'injection de sulfate d'alumine et chlore pendant coagulation –floculation et pré –chloration.

Tableau 4 : les mesures de pH

	l'eau brute	L'eau traitée
Moyenne	8,01	7,41
Ecart-type	0,11	0,06

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 (pré-chloration).

Tableau 5 : les mesures de conductivité

	l'eau brute	L'eau traitée
Moyenne	1057,33 $\mu\text{s/cm}$	1056,33 $\mu\text{s/cm}$
Ecart-type	38,65	6,65

On remarque que la conductivité de l'eau brute est supérieure à celle de l'eau traitée qui ne dépasse pas **2700 $\mu\text{s/cm}$** 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.

Tableau 6 : les mesures du chlore résiduel

	l'eau traitée
Moyenne	0.86 mg/l
Ecart-type	0,1

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.

Tableau 7 : les mesures de TAC

	l'eau brute	L'eau traitée
Moyenne	5,78 meq/l	5,08 meq/l
Ecart-type	0.06	0,12

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.

Tableau 8 : les mesures de l'oxydabilité

	l'eau brute	L'eau traitée
Moyenne	2,70 mg/l	1,16 mg/l
Ecart-type	0.30	0,21

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, ceci s'explique que dans l'eau traitée les matières organiques sont oxydées dans l'étape de pré-chloration.

II. Résultat des analyses bactériologiques

1) Résultat des analyses bactériologiques de l'eau brute :

Au niveau de l'eau brute les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Résultat de la recherche des coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux dans l'eau brute :

	Test présomptif			Test confirmatif			NPP	Résultats Le nombre de germes (N)
	10	1	-1	10	1	-1		
CT	3	3	3	3	3	2	1100	1100
CF	3	3	3	3	2	0	93	93
SF	3	1	1	3	1	1	75	75

Les résultats d'analyse bactériologique montrent que l'eau analysée est chargée en :

- Coliformes totaux avec N : 1100 coliformes totaux /100 ml.
- Coliformes fécaux avec N : 93 coliformes fécaux /100 ml.
- Streptocoques fécaux avec N : 75 streptocoques fécaux /100 ml.

Une eau qui possède ces caractéristiques peut provoquer des maladies graves pour la santé du consommateur.

2) Résultat des analyses bactériologiques de l'eau traitée :

Au niveau de l'eau traitée les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Résultats de la recherche des CT, CF, C, SF et micro-organismes revivifiants dans l'eau traitée.

Germes	le nombre de germes	VMA ⁶
Coliformes totaux	0 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml
Coliformes fécaux	0 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml
Clostridium sulfito-réducteurs	0 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml
Streptocoques fécaux	0 UFC/ 100 ml	0 UFC/ 100 ml
Micro-organismes revivifiants à 22 °C et 37°C	0 UFC/ 1 ml	100 UFC/ml à 22°C 20 UFC /ml à 37°C

Les résultats d'analyse bactériologique montrent que l'eau analysée est exempte de :

- Coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans 100 ml,
- Anaérobies sporulés sulfito-réducteurs dans 100 ml,

⁶ VMA : valeur maximale admissible

- Streptocoques fécaux dans 100 ml,
- Micro-organismes revivifiabes à 22°C et 33°C dans 1ml.

Ces résultats des analyses bactériologiques montrent que l'eau traitée est **conforme** vis-à-vis de coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, anaérobies sulfite-réducteurs et micro-organismes revivifiabes. Donc sont compatibles avec les Normes Marocaines (NM 03.7.001) fixées pour la qualité des eaux d'alimentation humaine.

En comparant entre les résultats d'analyses bactériologiques de l'eau brute et traitée, on constate une diminution du nombre de bactéries indicatrices de pollution fécale, est cela grâce au traitement de l'eau et surtout à l'étape de désinfection.

Conclusion



L'eau d'oued Sebou doit subir un traitement pour la rendre potable par l'office national de l'eau potable (ONEE), ce type de traitement consiste à faire passer l'eau via une chaîne de traitement au niveau de la station « Ain Nokbi », dans laquelle plusieurs étapes sont mises en œuvre pour éliminer d'abord la matière en suspension à l'aide d'un procédé physico-chimique, puis éliminer les microorganismes par le procédé désinfection.

Dans ce travail l'étude a porté sur les analyses physicochimiques et bactériologiques, ces analyses se font sur l'eau brute avant et après le traitement pour s'assurer.

Les teneurs observées pour les différents paramètres physico-chimiques étudiés ne dépassent pas la norme marocaine.

D'après les résultats d'analyses bactériologiques, on peut remarquer qu'il y a une diminution du nombre de bactéries indicatrices de pollution fécale de 1100 à 0 pour les coliformes totaux, de 93 à 0 pour les coliformes fécaux, et de 75 à 0 pour les streptocoques fécaux. Cela signifie que le traitement a été efficace et surtout l'étape de pré chloration et de désinfection en utilisant de chlore, qui ont pour but principal **l'élimination des germes pathogènes** et **certains éléments indésirables** de l'eau destinée à l'alimentation humaine.

Les résultats obtenus des différents paramètres étudiés pendant la durée de mon stage sont conformes aux normes marocaines.

Références :

Rodier T., 1997. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux de mer. Dunod. Paris, 753-771 ; 1107-1117.

Manuel des analyses physico-chimiques et des analyses bactériologiques de l'ONEP.

<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/analyses-dans-l-environnement-42382210/analyse-des-eaux-residuaires-p4200/>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/D-ou-viennent-les-principales.html>

<http://btsesf-belorme.forumactif.com/t11-expose-pollution-de-l-eau>

<http://www.lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/Disciplines/SVT/MISVT/2nde3-09-10/Th6-DD/Site-Laura-Chahrazed/3e-La%20pollution-du-aux-virus-et-au-%20bacteries.html>

<http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/medecine-maladie-hydrique-6340/>

ANNEXES :

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.....	0.1g

Bouillon lactosé vert brillant

Tryptone.....	10.0g
Bile de bœuf 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

Normes relatives à la qualité de l'eau :

Paramètres physico-chimiques :

<i>Paramètres</i>	<i>Expressions des résultats</i>	<i>VMA</i>	<i>Commentaires</i>
Turbidité	Unité de turbidité Néphélométrie (UTN)	5	Turbidité médiane ≤ 1NTU et turbidité de l'échantillon ≤ 5NTU
<i>Potentiel hydrogène</i>	<i>Unité</i>	<i>6.5 < PH < 8.5</i>	<i>Pour que la désinfection d'eau par le chlore soit efficace, le PH doit être de préférence < 8</i>
<i>Conductivité</i>	<i>us/cm à 20°C</i>	<i>2700</i>	
<i>Oxydabilité au KMnO₄</i>	<i>O₂ : mg O₂/l</i>	<i>5</i>	<i>La valeur de 2 mg O₂ doit être respectée au départ des installations de traitement</i>

Paramètres bactériologiques :

Paramètres	Valeurs maximales admissibles (VMA)
Escherichia coli	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	100/1ml
à 37°C	20/1ml

Résultat d'analyses physicochimiques de l'eau brute et traitée :

Tableau 3 : les mesures de pH

Dates	l'eau brute	L'eau traitée
14/ 05	8.10	7.48
18/05	7.88	7.4
20/05	8.05	7.36

tableau 4 : les mesures de la turbidité

Dates	l'eau brute (EB)	L'eau traitée (ET)
14/ 05	27.2 NTU	0.47 NTU
18/05	22.4 NTU	0.27 NTU
20/05	27.7 NTU	0.26 NTU

Tableau 5 : les mesures de conductivité

Dates	l'eau brute	L'eau traitée
14/ 05	1013 µs/cm	1049 µs/cm
18/05	1084 µs/cm	1062 µs/cm
20/05	1075 µs/cm	1058 µs/cm

Tableau 6 : les mesures de chlore résiduel

Dates	l'eau traitée
14/ 05	0.8
18/05	1
20/05	0.8

Tableau 7 : les mesures de TAC

Dates	l'eau brute	L'eau traitée
18/05	5.8	5.18
20/05	5.86	5.16
22/05	5.7	4.9

Tableau 8 : les mesures de l'oxydabilité

Dates	l'eau brute	L'eau traitée
18/05	3.12	1.2
20/05	2.6	1.4
22/05	2.4	0.88