



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



Projet de fin d'études

Licence Sciences & Techniques
«BioProcédés, Hygiène & sécurité alimentaires»

***Analyses microbiologiques des eaux d'Oued Sebou et
Contrôle de la qualité analytique des paramètres
bactériologiques au sein du laboratoire régional de
L'ONEE /BO de Fès***

Présenté par : EL-Merdai Fadoua

Encadré par : Mr. Pr Rachiq Saâd (FST)

Mr. Hamdani Driss (ONEE/BO)

Soutenu le : 07 Juin 2017

Devant le jury composé de :

- Mr. Pr Rachiq Saâd
- Mr. Hamdani Driss
- Mme. MANNI Laila

Année universitaire : 2016/2017

REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, j'adresse mes plus sincères remerciements

A mon encadrant de L'ONEE/BO **Mr. Hamdani Driss**, pour m'avoir encadré pendant la durée de mon stage, pour ses précieux conseils et ses efforts permanents dans le but d'assurer le bon déroulement de mon stage.

A **Mr. Rachiq Saâd** professeur à la faculté des sciences et techniques de Fès qui a accepté favorablement de m'encadrer pendant ce stage. Et qui m'a orienté et apporté toute l'aide nécessaire durant la rédaction du rapport.

Au personnel de service du laboratoire : **Mme.Bahia Ben cheikh, Mme.Fayrouz el Mehdi et Mr. Mohammed FELLAH** pour la gentillesse, la grande compréhension, l'aide précieuse, l'orientation, la disponibilité et le soutien durant la période du stage.

A **Mme. MANNI Laila** professeur à la faculté des sciences et techniques de Fès, d'avoir accepté d'être dans la commission d'examineur.

Et en fin merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
Aperçu sur l'office.....	2
PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE	3
I. Pollution de l'eau.....	3
II. Maladies hydriques:.....	3
III. Bactéries recherchées	4
IV. Le prétraitement et traitement de l'eau d'Oued Sebou.....	6
1. Station de prétraitement :	6
a) Dégrillage	6
b) Dessablage	7
c) Débourbage	7
2. Station de traitement :.....	8
a) Pré-chloration.....	8
b) Coagulation- floculation	8
c) Décantation	9
d) Filtration.....	10
e) Stérilisation	10
V. Analyses physico-chimiques	11
VI. Eau potable.....	12
Partie II : MATERIEL ET METHODES	13
I. Analyses microbiologiques :	13
1. Eaux brutes.....	13
1.1 Recherche et dénombrement des coliformes et des <i>Escherichia coli</i> :.....	13
1.2 Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux :.....	15
2. Eaux traitée :.....	15

2.1 Recherche des bactéries coliformes et <i>Escherichia coli</i> :.....	16
2.2 Recherche des Entérocoques intestinaux.....	16
2.3 Recherche de Clostridium sulfato- réducteurs.....	16
2.4 Dénombrement des micro-organismes revivifiables	17
II. Contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques	17
1. Contrôle de la salle de bactériologie	17
1.1 Suivi de la température de l'air ambiant.....	17
1.2 Qualité de l'air ambiant :	18
1.3 Qualité de la surface de travail:	18
2. Contrôle de qualité du matériel et consommables.....	19
2.1 Eau distillée	19
2.2 Membranes filtrantes.....	19
2.3 Verrerie et flacons de prélèvement.....	19
3. Contrôle de qualité des équipements.....	20
Partie III : Résultats et discussion	21
I. Résultat des analyses microbiologiques de l'eau	21
1. Eau brute	21
2. Eau traitée.....	21
3 Discussion	22
II. Résultats du contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques	23
1. Contrôle de la température des salles, des étuves et des réfrigérateurs	23
2. Contrôle de l'air ambiant.....	24
3. Contrôle de surface de travail.....	24
4. Contrôle d'eau distillée	25
5. Contrôle de la verrerie et des flacons de prélèvement:.....	25
Conclusion	26
Références bibliographiques	27
Annexes	28-33

Liste des abréviations

BHAA : Bactérie hétérotrophe aérobie anaérobie

C: Coliformes

E.coli : *Escherichia coli*

EI : Entérocoques intestinaux

EST : Entrée de station de traitement

MR : Micro-organismes revivifiables

MSE : Matière en suspension

MSR : Spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs

NPP : Nombre le plus probable

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONEE/BO : Office National de l'Électricité et de l'Eau potable-Branche Eau

pH : Potentiel Hydrogène

UFC : Unité formant colonies

VMA : Valeur maximale admissible

INTRODUCTION



L'eau est une ressource naturelle dont nous avons tous besoin quotidiennement. Avoir accès à une eau de qualité et sécuritaire est un avantage de premier ordre.

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire. De multiples usages font appel à ce milieu complexe et fragile : besoins alimentaires, utilisations domestiques, industrielles, agricoles et économiques.

La production d'eau destinée à la consommation humaine se fait par l'exploitation d'une multitude de sources : les eaux souterraines, les eaux de surfaces captives. Les eaux de mer et eaux saumâtres. Or les ressources hydriques sont soumises à des pressions du fait de la demande en eau liée à la croissance démographiques et le problème de la pollution.

A cause de cette pollution, l'utilité de procéder à des contrôles fréquents et d'établir des laboratoires pour effectuer ces contrôles, devient nécessaire.

Mon stage a été effectué dans la station de traitement de l'eau d'Oued Sebou, dont l'objectif est de connaître les différentes étapes de traitement de l'eau potable et de participer aux différentes analyses réalisées au sein du laboratoire régional de Fès particulièrement les analyses microbiologiques et assurance de qualité.

Le travail de ce stage comporte deux étapes :

- ✓ *Analyses microbiologiques des eaux brutes et des eaux traitées effectuées au sein du laboratoire régional de Fès situé à la station de traitement.*
- ✓ *Contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques.*

Aperçu sur l'office

L'Office National de l'Électricité et de l'Eau potable-Branche Eau (ONEE/BO), est un établissement public à caractère industriel et commercial, créé en 1972 sous le nom de l'ONEP; doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement au Maroc. En 2012 prend le nom ONEE-Branche Eau.

L'objectif de l'ONEE/BO est fixé par ses missions principales vont de la planification à la distribution de l'eau potable (produire 80% de l'eau potable) 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.

L'ONEE/BO a 10 directions, une centrale (Rabat) et les autres régionales.

Le laboratoire régional de Fès a pour tâche le contrôle de la qualité des eaux brutes et leur traitement dans les centres relevant de la direction régionale du centre Nord. Dans le but à livrer aux consommateurs une eau potable. Pour la production de l'eau potable l'ONEE/BO à Fès utilise soit des ressources souterraines: les forages situés dans la plaine du Saïs ou de ressources superficielles: les eaux d'Oued Sebou



Figure1 : Station de traitement des eaux d'oued Sebou/Fès

L'ONEE/BO est chargé de la :

- **Planification** de l'approvisionnement en eau potable à l'échelle nationale ;
- **Production** et **Distribution** de l'eau potable pour le compte des collectivités locales ;
- **Gestion** de l'assainissement liquide pour le compte des collectivités locales ;
- **Contrôle** de la qualité des eaux.

PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE

I. Pollution de l'eau

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants la consommant. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences néfastes sur leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré.

Il existe différents types de polluants d'eau tel que:

- Les nutriments; ce sont les nitrates et les phosphates hydrosolubles qui entraînent une croissance excessive des algues et des plantes aquatiques, ce qui diminue la quantité d'oxygène dans l'eau, donc la mort de la vie aquatique.
- Les composés organiques comme le pétrole, les plastiques, les pesticides, et les polluants inorganiques hydrosolubles comme les acides, les sels et les métaux toxiques. Ils sont nocifs pour les êtres vivants consommant ou vivant dans cette eau.
- Les composés radioactifs hydrosolubles (polluants dangereux) peuvent causer des cancers, des malformations chez les nouveau-nés et des modifications génétiques.
- Les bactéries, les virus, les protozoaires et les vers parasites sont des agents responsables de plusieurs problèmes sanitaires et de maladies graves.

II. Maladies hydriques:

Selon l'OMS, 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées à la pollution des eaux. Ces maladies dites hydriques sont n'importe quelles maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes.

On dénombre de nombreuses maladies véhiculées par ces micro-organismes:

La diarrhée: les diarrhées peuvent parfois témoigner d'une atteinte plus sérieuse et nécessitent une prise en charge médicale. Chaque jour, 6000 personnes meurent dans le monde à cause de maladies diarrhéiques. En 2001, on a ainsi dénombré près de 2 millions de morts, dont plus de la moitié sont des enfants.

La schistosomiase: selon l'OMS plus de 2 billions de personnes sont infectées par les schistosomias qui sont des trématodes du genre *Schistosoma haematobium*. Les signes qui suivent l'infection sont des éruptions ou des démangeaisons cutanées. Deux mois après l'infection, de la fièvre, des frissons, une toux et des douleurs musculaires peuvent apparaître alors que les parasites atteignent leur maturité.

Le choléra: Il s'agit d'une maladie infectieuse grave due à une bactérie du genre *vibron* qui est à l'origine d'une diarrhée extrêmement sévère avec vomissements s'accompagnant d'une déshydratation rapide, le plus souvent mortelle en l'absence de traitement adapté.

Les hépatites virales : Certaines hépatites virales peuvent être contractées en consommant une eau ou des aliments contaminés. Il s'agit de l'hépatite A et de l'hépatite E. Il s'agit de maladies potentiellement sévères commence avec une forte fièvre, une faiblesse du corps, une perte d'appétit, une nausée et un malaise abdominal.

Fièvre typhoïde et salmonelloses : Il s'agit typiquement d'affection à transmission féco-orale par les mains sales, causée par la *Salmonella typhi*. Une fois que les bactéries entrent dans le corps de la personne, elles se multiplient et se diffusent à partir des intestins.

Le botulisme : C'est une maladie bactérienne grave, souvent mortelle due à une neurotoxine bactérienne, produite par *Clostridium botulinum*. Il provoque une faiblesse générale, des problèmes de langage, le phénomène de double vision et difficultés respiratoire.

III. Bactéries recherchées

Les micro-organismes pathogènes (*Salmonelle*, *E. coli*, *Entérovirus*, *kystes amibien*...) qui peuvent être présents dans l'eau sont très nombreux et variés. Leur présence est toujours liée à une pollution fécale de celle-ci. Cependant, il est difficile de les mettre en évidence, d'une part, parce qu'ils sont trop nombreux pour faire l'objet d'une recherche spécifique, et d'autre part, parce que leur identification demeure souvent difficile, voire impossible (virus). De plus, leur durée de vie dans l'eau est parfois très courte.

Pour cela on cherche Les micro-organismes témoins de contaminations fécales les plus représentatifs dans l'eau :

-
- ❖ **Les coliformes** : regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries, ils sont des aérobies et anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnets, Gram négatif, non sporogènes, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou aldéhyde) et de gaz.
 - ❖ ***Escherichia coli (E.coli)*** : Ce sont les bactéries coliformes ayant les mêmes propriétés à 44°C que les bactéries Coliformes totaux, pour mettre en évidence la présence des coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants, L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est ***E coli***, il est d'origine fécale la raison pour laquelle elle est considérée comme la bactérie la plus importante parmi les indicateurs de pollution fécale.
 - ❖ ***Entérocoques intestinaux (EI)***: sont des bactéries de forme sphérique au coccoïde, gram positif, 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.
 - ❖ **Les spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs(*Clostridium*)** : C'est un groupe de bactérie anaérobie appartenant au genre *Clostridium*, présentes dans les matières fécales humaines et animales. A la différence des *E. coli*, et les EI, les spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes que la forme végétative à l'action des facteurs chimiques et physiques. Alors leur présence dans l'eau désinfectée peut donc montrer une déficience de traitement.
 - ❖ **Les micro-organismes revivifiables (MR)**: sont des bactéries aérobies anaérobies facultatives, elles exigent essentiellement de la matière organique comme source de carbone et une température optimale située entre 20 et 45°C. Le dénombrement des MR, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau. De manière générale, la présence de MR en quantité anormalement élevée peut être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau.

IV. Le prétraitement et traitement de l'eau d'Oued Sebou

1. Station de prétraitement :

La station est située près d'Oued Sebou à 2,5 Km de la station de traitement. Son rôle est d'extraire l'eau brute et de diminuer le taux de matière en suspension (**M.S.E**) jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l et de la refouler jusqu'à la station du traitement.

Si **M.E.S** < 2g/l $\longrightarrow$ Pompage directement vers station de traitement.

Si 2g/l < **M.E.S** < 50g/l $\longrightarrow$ Fonctionnement de station de prétraitement.

Si **M.E.S** > 50g/l $\longrightarrow$ Arrêter des deux stations

Ce prétraitement comporte **Trois** opérations majeures :

a) Dégrillage

Première étape dans le prétraitement des eaux brutes, elle permet d'éliminer les gros déchets (troncs, branches d'arbre, plastiques ...) à l'aide des grilles métalliques dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont équipées d'un système automatique de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi le dysfonctionnement des pompes.



Figure 2 : dégrillage

b) Dessablage

C'est un prétraitement physique qui consiste l'élimination des particules minérales plus ou moins fines, des graviers, des sables en stockant l'eau dans 2 bassines rectangulaires appelées dessableurs afin de permettre sa décantation.



Figure 3 : dessableurs

c) Débourbage

Il constitue un pré décantation qui permet la clarification des eaux de surface, et d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute par leur évacuation sous forme de boues concentrées. Cette technique utilisée quand la teneur en MES est supérieur à 2g/l.



Figure 4 : débouillage

2. Station de traitement :

Elle assure le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement selon une série d'étapes pour que ces eaux deviennent conforme aux normes définies par la réglementation, et assure aussi le contrôle de la qualité des eaux traitées. À l'entrée de cette station se fait l'injection du sulfate d'alumine et le polymère.

Ce traitement comporte **Cinq** opérations majeures :

a) Pré-chloration

La pré-chloration consiste à mettre du chlore gazeux sous forme de Cl_2 dans l'eau avant décantation au niveau de la prise d'eau pour permettre au chlore :

- d'oxyder les composés minéraux tel que le fer, le manganèse ;
- d'oxyder la matière organique tel que l'ammoniaque ;
- d'éliminer les mauvais goûts et odeurs,
- de détruire les micro-organismes et empêche la prolifération des algues ;
- en plus elle permet d'améliorer la coagulation et la floculation.

On utilise souvent le chlore car il est plus économique et plus facile à utiliser.

b) Coagulation- floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causés par des particules très petites dites particules **colloïdales**. Ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau pendant de longues périodes, n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres peuvent même traverser un filtre très fin .pour les éliminer on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

Coagulation : Elle consiste à déstabiliser ces particules colloïdales en éliminant la charge électrostatiques (négative) qui se trouvent sur leur surface par neutralisation afin de favoriser leur rencontre par addition d'un coagulant. En pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques (**sulfate d'alumine**).

Floculation : la floculation a pour objectif de favoriser à l'aide d'un mélange lent le contact entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qui peut être facilement éliminé par les procédés de décantation et de filtration. Le floculant utilisé est : **polymère (poly-électrolyte)**.

NB : Il est très important que les procédés de coagulation-floculation soient utilisés correctement, en effet la production d'un floc trop petit ou trop léger entraîne une décantation insuffisante. Lorsque les eaux qui arrivent sur les filtres contiennent de grandes quantités de particules de floc qui encrassent rapidement ces filtres, ce qui nécessite des lavages fréquents des filtres (perte d'eau et d'énergie). Par ailleurs lorsque le floc est fragile il se brise en petites particules de floccs qui peuvent traverser les filtres et altérer la qualité de l'eau produite.



Figure 5 : Répartiteur (mélangeur)

c) Décantation

A pour objectif de récupérer tout ou une grande partie des floccs qui sont regroupés pour former la boue. Cette opération se fait par des décanteurs. Plus de 95% des matières en suspensions sont éliminées lors de cette étape



Figure 6 : Décanteur

d) Filtration

Elle consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux afin d'éliminer les matières en suspension restants. L'eau à filtrer passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse de floccs non éliminés par la décantation. Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à **0.5 NTU**.



Figure 7 : filtres à sables

e) Stérilisation

C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. Le désinfectant utilisé est le chlore.

—→ Désormais l'eau est devenue potable et prête à être transportée vers le réservoir Bâb EL Hamra de la RADEEF.

V. Analyses physico-chimiques

Parmi les paramètres physico-chimiques analysés quotidiennement sur les prélèvements au niveau de l'eau brute, l'eau floculé, l'eau décantée, l'eau filtrée ainsi que l'eau traitée, il y a:

- ❖ **Turbidité** : sa mesure permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (particules de sol, matières ou débris organiques, organismes microscopique...). La turbidité se mesure à l'aide d'un turbidimètre.
- ❖ **Conductivité**: Elle mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La mesure de conductivité se fait à l'aide d'un Conductimètre.
- ❖ **pH**: C'est une indication de l'acidité ou l'alcalinité d'eau, et il est en fonction de la concentration des ions H^+ présents dans cette eau (**$pH = - \log [H^+]$**). Le pH caractérise un ensemble d'équilibres physico-chimiques, et affecte la croissance et la reproduction des organismes existants dans une eau. La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre.
- ❖ **Température** : Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle agit sur la conductivité électrique et le pH, et influe sur l'effet des enzymes, le développement des microorganismes, les réactions chimiques et biochimiques. La mesure de température se fait à l'aide d'un thermomètre.
- ❖ **Chlore résiduel**: La présence de chlore libre résiduel dans le réseau de distribution constitue une assurance qualité. Pour le mesurer, on utilise le DPD (d'éthyle-para-phénylène diamine) sous forme de comprimé donne en présence de chlore résiduel une coloration rose susceptible d'un dosage colorimétrique.

VI. Eau potable :

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau tel que les micro-organismes pathogène et les substances toxiques (cuivre, plomb, fluorures, cyanure, arsenic, mercure ...), ainsi certaines substances chimiques (sels minéraux, ammoniacale, nitrites, nitrates, chlorures, matières organiques tel les pesticides). Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempt de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

La vérification de conformité des eaux aux exigences spécifiées par la norme se fait suivant les modes opératoires fixés par les normes marocaines homologuées **NM 03.7.001** (voir annexe).

Partie II : MATERIEL ET METHODES

I. Analyses microbiologiques :

Si les critères chimiques peuvent avoir des conséquences à long terme par leurs accumulations, les critères microbiologiques sont plus importants par leurs effets aigus dus aux bactéries qui peuvent être pathogènes. On cherche les germes témoins de la contamination fécale, s'il y a présence de ces germes donc signale de présence des germes pathogènes.

Ces analyses dépendent de la nature de l'eau à analyser : eau brute ou eau traitée.

1. Eaux brutes

L'eau brute c'est l'eau prélevée au niveau d'Oued Sebou, ou à partir d'un captage d'eau (puits, forage, source...), pour l'analyser on applique **La méthode du nombre le plus probable (NPP)**.

❖ Méthode du nombre le plus probable (NPP):

C'est une estimation statistique du nombre de micro-organisme supposés distribués dans l'eau, elle consiste à ensemencer des séries de tubes avec un volume donné de l'échantillon.

Echantillonnage : Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des flacons en verre stériles et transportés en glacière réfrigérée ($\leq 10^{\circ}\text{C}$) jusqu'au laboratoire, L'analyse est effectuée dans un délai qui ne dépasse pas les 24h entre le prélèvement et l'analyse.

1.1 Recherche et dénombrement des coliformes et des *Escherichia coli*:

a) *Test présomptif* :

Dans 9 tubes de contenant différents concentrations de milieu de culture : **Lauryl** (3 tubes à double concentration et 6 tubes à simple concentration), on transfère avec une pipette stérile, respectivement 10 ml, 1 ml, 0,1 (dilution de 1/10) ml de l'échantillon bien homogénéisé, et on mélange le contenu de ces 9 tubes de façon à obtenir une répartition homogène de l'inoculum et du milieu. Puis on incube ces tubes à $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48 h.

Après incubation, les tubes positifs sont caractérisés par de trouble et un dégagement du gaz qui est décelé grâce à la cloche de Durham dans le milieu.



Figure9 : tube du milieu lauryl négatif (à gauche) et tube positif (à droite)

b) Test confirmatif :

On procède à la confirmation de chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemençant à l'aide d'une anse bouclée **le bouillon lactosé au vert brillant** pour les coliformes puis incubation à $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 48h.

Alors que pour *E.coli* on ensemence à l'aide d'une anse bouclée le milieu **EC medium** puis on incube à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24h, ensuite on ensemence **l'eau peptonée exempt d'indole**.

Après l'incubation à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24h, on ajoute 0,2 à 0,3 ml du **réactif de kovacs** dans les tubes d'eau peptonée. Les tubes positives présentent une coloration rouge.

On compte ensuite le nombre de séries de tubes positifs dont la lecture se fait à l'aide d'une table statistique appelée: table de Mac Grady.



Figure10 : tube positif du bouillon vert brillant



Figure 11 : tube positif du bouillon EC medium

1.2 Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux :

a) Test présomptif :

On suit les mêmes étapes citées pour la détection des coliformes sauf pour le milieu de culture, pour les entérocoques on utilise le milieu **Roth (Bouillon glucosé à l'azoture)** de concentration double et simple.

Après incubation à $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 48h, les tubes positives sont caractérisés par un trouble et /ou un dépôt.



Figure 12 : Tube Roth positif (à gauche) et tube négatif (à droite)

b) Test confirmatif :

On procède à la confirmation de chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en repique à l'aide d'une anse bouclée les tubes positives sur des boîtes de la gélose **BEA**.

Après incubation à $44\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48h, les boîtes ayant une coloration noire sont considérées positives.

2. Eaux traitée :

L'eau traitée c'est l'eau obtenue après les étapes de traitement. Pour l'analyser, il y a 2 méthodes: *filtration sur membrane, et incorporation en gélose*.

❖ Méthode de filtration sur membrane :

Elle consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau.

❖ Méthode d'incorporation en gélose :

Elle consiste à dénombrer les microorganismes revivifiables, par incorporation d'1 ml d'échantillon d'eau, dans de la gélose en boîtes de pétri.

Echantillonnage : le robinet est désinfecté et flambé, l'eau est laissée couler un certain temps avant le prélèvement, puis le flacon de verre est rempli à 2/3, ce qui facilite l'homogénéisation de l'échantillon au moment de l'analyse. En fin on bouche soigneusement et hermétiquement le flacon.

2.1 Recherche des bactéries coliformes et *Escherichia coli* :

La méthode utilisée est la filtration sur membrane (sous vide), 100 ml d'eau bien homogénéisée est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de porosité 0,45µm. Cette membrane est incubée (à 44±0,5°C pour *E coli* pendant 21±3h et à 36±2°C pour coliformes pendant 44±4h) sur un milieu sélectif des coliformes qui est le **Tergitol 7 TTC**. Après incubation, les boîtes présentant des colonies Jaunes avec halo jaune sont considérés positives.

2.2 Recherche des Entérocoques intestinaux

Par la méthode de filtration sur membrane (0,45µm de porosité), on dépose la membrane dans le milieu nutritif **Slanetz**, et on le met à l'étuve à une température de 36±2°C pendant 21±3h jusqu'à 44±4h. Après incubation, les boîtes présentant des colonies rouge, marron ou rose sont considérés positives.

2.3 Recherche de Clostridiums sulfto- réducteurs

Par la méthode de filtration sur membrane, 100 ml échantillon d'eau traitée est filtrée sur une membrane de porosité 0.22µm, puis on dépose cette membrane sur un milieu sélectif **TSC**, On place la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose. Après incubation à 36±2°C pendant 21±3h jusqu'à 44±4h, les boîtes présentant des colonies noires sont considérées positives.



Figure14 : la méthode de filtration sur membrane

2.4 Dénombrement des micro-organismes revivifiants

La méthode utilisée est l'incorporation en gélose. **1 ml** d'eau à analyser est versée dans chacune des deux boîtes de pétrie d'un diamètre de 90 mm, puis on fait couler la **gélose nutritive** préalablement fondue. Après agitation pour homogénéiser le mélange, on laisse les boîtes lentement refroidir. L'incubation est faite à $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant $68\pm 4\text{h}$ pour une boîte et à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant $44\pm 4\text{h}$ pour l'autre.

II. Contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques

Pour garantir la cohérence des résultats et leurs fiabilités, plusieurs éléments de contrôle de la qualité doivent être réalisés en bactériologie, avant et en cours de réalisation des analyses.

1. Contrôle de la salle de bactériologie

1.1 Suivi de la température de l'air ambiant

Un suivi régulier de la température ambiante des salles de travail est indispensable afin d'évaluer son évolution et atténuer son impact potentielle sur la fiabilité des résultats.

Pour cela, la température ambiante de toutes les salles de travail est contrôlée quotidiennement. Sa mesure se fait à l'aide d'un thermomètre.

1.2 Qualité de l'air ambiant :

L'évaluation de cette qualité est réalisée par exposition des boîtes de pétri sans couvercle et contenant le milieu PCA pendant 17 minutes dans différents endroits (réfrigérateur, incubateurs, surfaces de travail), puis on procède au dénombrement des colonies après incubation à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant $44\pm 4\text{h}$.

1.3 Qualité de la surface de travail:

L'entretien des surfaces de travail s'effectue par un nettoyage humide. Les surfaces de travail sont aseptisées à l'aide de solution désinfectante avant et après chaque manipulation.

a) La méthode d'écouvillonnage:

Cette méthode est utilisée pour évaluer la qualité des endroits rugueux, irréguliers, discontinus, convexes ou concaves et difficilement accessibles (Incubateurs, Réfrigérateur...).



Figure15 : écouvillons

Mode opératoire:

On identifie un tube pour chaque point de prélèvement, on écouvillonne à l'aide d'un écouvillon stérile dans la solution de rinçage, 4 autres surfaces de 25cm^2 du même endroit de prélèvement, en ayant soin de rincer l'écouvillon dans le tube de solution de rinçage entre chaque prélèvement, puis on remet l'écouvillon dans la solution de rinçage et on lui coupe la tige avec des ciseaux stériles, on referme le tube et on le conserve à 4°C .

Pour l'analyse, on agite vigoureusement le tube contenant l'écouvillon et on prélève aseptiquement 1ml de la solution de rinçage afin de faire le dénombrement par incorporation à la gélose MTC, puis incubation à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant $44\pm 4\text{h}$.

2. contrôle de qualité du matériel et consommables

2.1 Eau distillée

Il est utilisé pour la préparation des milieux de culture, des réactifs servant aux analyses microbiologiques, elle doit être exempte de substances susceptibles d'inhiber ou d'influencer la croissance des micro-organismes dans les conditions de l'essai. Les contrôles réalisés sont :

- Le dénombrement des BHAA par la méthode d'incorporation en gélose PCA.
- L'analyse des paramètres chimiques (pH, conductivité, chlore résiduel...)

2.2 Membranes filtrantes

Chaque nouveau lot de membrane filtrante doit être contrôlé avant usage. Ce contrôle porte sur la vérification de certaines caractéristiques :

- ❖ La date de péremption ;
- ❖ Bonne diffusion du milieu de culture (filtre doit être humecté après 15s de contact avec le milieu de culture) ;
- ❖ La non diffusion de l'encre du quadrillé ;
- ❖ Absence de région hydrophobe.

2.3 Verrerie et flacons de prélèvement

Les verreries et les flacons de prélèvement utilisés doivent être en parfait état après le lavage, et exempts de tout résidu susceptible d'avoir un effet sur la croissance des micro-organismes.

Mode opératoire:

On utilise 10 ml de bouillon TSB avec lequel, on mouille les parois intérieures du flacon ou de la verrerie, puis on incube à $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 2 jours et à $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 3 jours.

——→ Absence de turbidité du bouillon (absence de croissance bactérienne) indique une stérilisation adéquate.

3. Contrôle de qualité des équipements

Les équipements scientifiques constituent un maillon important dans le procédé analytique puisque la qualité et la fiabilité des résultats sont fortement impactées par la performance des équipements.

Parmi ces équipements, il y a les réfrigérateurs et les étuves qui sont indispensables en microbiologie pour la conservation et le stockage des réactifs, des milieux de culture, et l'incubation des échantillons. Pour cela ils doivent être maintenus en parfait état et régulièrement contrôlés.

Pour assurer le bon fonctionnement de ces équipements, il faut suivre certains paramètres :

- ❖ La vérification de la stabilité de température ;
- ❖ Les actions d'entretien ; un nettoyage des surfaces internes à l'aide d'une solution désinfectante adéquate ;
- ❖ La qualité bactériologique de l'air ambiant ;
- ❖ La qualité bactériologique de surfaces.

Partie III : Résultats et discussion

I. Résultat des analyses microbiologiques de l'eau

1. Eau brute

Au niveau de l'eau brute (EST), et d'après la table de Mac Grady nous avons dénombré:

- 1100 colonies de Coliformes /100ml
- 460 colonies d'*E. coli* /100ml
- 460 colonies des Entérocoques intestinaux /100ml

2. Eau traitée

Au niveau de l'eau traitée, on a obtenu les résultats résumés dans les tableaux suivants :

Tableau 1 : résultats de la recherche des coliformes, *E.coli*, entérocoques intestinaux et *clostridium* :

Germes	nombre de germes/ 100ml
Coliformes	0
<i>E.coli</i>	0
Entérocoques intestinaux	0
<i>Clostridium</i>	0

Les résultats obtenus au niveau de l'eau traitée, montrent l'absence des bactéries recherchées.

Tableau 2 : résultats de la recherche des microorganismes revivifiables :

	Eau traitée	Blanc
Microorganismes revivifiables à 22°C	0 UFC/ml	0 UFC/ml
Microorganismes revivifiables à 37°C	0 UFC/ml	0 UFC/ml

Les résultats obtenus montrent l'absence des micro-organismes revivifiables que ce soit dans les boîtes incubées à 22°C ou à 37°C.

3 Discussion

D'après les résultats obtenus, on constate un abattement dans la charge bactérienne de l'eau brute. En effet, le nombre des *C. E. Coli* et EI passe respectivement 1100, 460, et 460 colonies/100 ml dans l'eau brute à des valeurs nulles dans l'eau traitée.

La présence de ces germes de pollution fécale est un indicateur de probabilité de la présence de bactéries pathogènes. Donc cette eau peut provoquer des maladies graves pour la santé du consommateur.

L'absence des *C. E.coli*, EI, et *Clostridium* dans l'eau traitée montre une efficacité du mode de traitement de l'eau. Cela signifie que le traitement a été efficace et surtout l'étape de pré chloration et de désinfection en utilisant du chlore, qui ont pour but principal l'élimination des germes pathogènes et certains éléments indésirables dans l'eau destinée à l'alimentation humaine. Aussi l'absence des MR indique la salubrité d'eau (l'eau est acceptable pour la consommation).

Ces résultats des analyses microbiologiques montrent que l'eau traitée est conforme à la norme marocaine. En effet, elle respecte les VMA des paramètres bactériologiques fixés par la norme marocaine NM 03.7.001 relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. (Voir annexe)

L'évaluation de la charge bactériologique d'eau brute par l'analyse microbiologique permet d'évaluer l'importance de la pollution fécale, dans le but d'apprécier le traitement qu'il faut mettre en œuvre. En effet, le type de traitement dépend de la charge bactérienne de l'eau.

II. Résultats du contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques

1. Contrôle de la température des salles, des étuves et des réfrigérateurs

Pour le contrôle de la température des salles, des étuves et des réfrigérateurs, on a obtenu les résultats résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3: résultats du contrôle de la température de salle bactériologie des étuves et des réfrigérateurs

Mois	Jours	la salle de bactériologie	Etuve 22°C (22±2°C)	Etuve 37°C (36 ±2°C)	Etuve 44°C (44±0,5°C)	Réfrigérateur (4±2°C)
Mai	1	24	23	36	44	3,5
Mai	2	23	23	36	44	4
Mai	3	25	23,5	36	44	4,5
Mai	4	25	23	36	44	4,5
Mai	5	23	22	37	44,5	5
Mai	6	25	22	37	44	5
Mai	7	23	22,5	36	44,5	4
Mai	8	24	22,5	36	44,5	4,5
Mai	9	23	23	36	44	4,5
Mai	10	25	22	36	44	5

→ La température de la salle bactériologie doit se situer entre 16°C et 27°C

D'après le tableau ci-dessus, la température varie dans l'intervalle de la norme, ce qui nous assure des conditions thermiques convenables pour les conditions d'analyse, d'incubation et de conservation.

2. Contrôle de l'air ambiant

Pour le contrôle de l'air ambiant, on a obtenu les résultats résumés dans le tableau suivant :

Tableau 4: résultat du contrôle de l'air ambiant

Lieux	Point de contrôle	Date de contrôle	Heure de contrôle	Résultats bactériologiques en UFC/1000cm ²	Conformité
	Paillase1	17/5/2017	09H00	6	Conforme
	Paillase2	17/5/2017	09H00	5	Conforme
Réfrigérateur		17/5/2017	09H00	2	Conforme
Etuve 37°C		17/5/2017	09H00	1	Conforme
Etuve 44°C		17/5/2017	09H00	1	Conforme
Etuve 22°C		17/5/2017	09H00	2	Conforme

→ La valeur limite doit être inférieure ou égale à 15UFC/1000cm²

Donc, les résultats de contrôle de l'air ambiant sont conformes aux normes.

3. Contrôle de surface de travail

Pour le contrôle de surface de travail, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau 5: résultat du contrôle de surface de travail

Lieux	Point de contrôle	Date de contrôle	Heure de contrôle	Résultats bactériologiques en UFC/25cm ²	Méthodes utilisés	Conformité
	Paillase1	17/5/2017	10H00	4	Ecouvillonnage	Conforme
	Paillase2	17/5/2017	10H05	6	Ecouvillonnage	Conforme
Réfrigérateur		17/5/2017	10H09	2	Ecouvillonnage	Conforme
Etuve 37°C		17/5/2017	10H15	1	Ecouvillonnage	Conforme
Etuve 44°C		17/5/2017	10H21	2	Ecouvillonnage	Conforme
Etuve 22°C		17/5/2017	10H27	1	Ecouvillonnage	Conforme

→ La valeur limite doit être inférieure ou égale à 25UFC/25cm²

D'après le tableau précédent, les résultats du contrôle de surface de travail sont conformes aux normes.

4. Contrôle d'eau distillée

Pour le contrôle d'eau distillée, on a obtenu les résultats résumés dans le tableau suivant :

Tableau 6: résultat du contrôle d'eau distillée

Paramètres	Résultats	Résultats attendus	Conformité
BHAA	3 UFC/ ml	inférieur à 1000 UFC/ ml	Conforme
pH	6,5	Entre 5,5 et 7,5	Conforme
Conductivité	2,9 µS/cm à 25°C	inférieur ou égale à 4 µS/cm à 25°C	Conforme
Chlore résiduel	< 0,1 mg/L	inférieur à 0,1 mg/L	Conforme

D'après le tableau précédent, les résultats du contrôle d'eau distillée sont conformes aux normes.

5. Contrôle de la verrerie et des flacons de prélèvement:

La lecture après incubation des résultats relatifs au contrôle de la verrerie ne montrent aucun signe de contamination bactérienne justifiant que le processus de stérilisation est correct.

→ On conclut que la qualité analytique des paramètres bactériologiques au sein du laboratoire régional de l'ONEE /BO sont conformes aux normes.

CONCLUSION



Nous avons obtenu un abattement de la charge bactérienne de l'eau brute qui se traduit par l'absence de germes indicateurs d'une pollution fécale dans l'eau traitée ce qui témoigne de l'efficacité du traitement dans la station de l'ONEE/BO.

Les résultats des analyses microbiologiques montrent que l'eau traitée est conforme à la norme marocaine (NM 03.7.001) relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine.

Si les analyses microbiologiques effectuées dans la station de traitement de l'ONEE/BO permettent un contrôle préventif du danger, d'autres analyses complémentaires, physiques, chimiques et biologiques (recherches d'autres germes pathogènes, des virus, de parasites,...) sont souhaitables pour s'assurer de la potabilité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Le contrôle de la qualité analytique des paramètres bactériologiques au sein du laboratoire régional de l'ONEE/BO pendant la durée de mon stage est conforme aux normes de qualité.

Le stage au sein de l'office National de l'Électricité et de l'Eau potable-Branche était très enrichissant. En effet, l'eau potable n'est pas tout à fait « bien du ciel », avant de parvenir au robinet du consommateur, l'eau brute subi une série de traitements plus ou moins poussés, puis elle est acheminée, stockée puis distribuée.

Je crois que mon objectif a été largement atteint, car l'ONEE/BO m'a donné la chance d'apprendre aux côtés de professionnels et aussi il m'a permis de mobiliser mes connaissances et approfondir mes savoirs pour expérimenter et concevoir des choses nouvelles. Au terme de ce stage qui a consacré mes premiers contacts avec le monde de l'entreprise, je retiendrai que la motivation et le savoir-faire sont deux éléments indispensables pour réussir une vie professionnelle.

Références bibliographiques

- **BEN AABIDATE L, 2008. Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. Thèse d'Etat, Faculté des sciences et techniques, Fès.**
- **Bourakkadi Idrissi S, 2012, Effets de la pollution sur la qualité de l'eau de l'Oued Sebou destinée à l'alimentation humaine, Mémoire de fin d'étude, FST, Fès.**
- **Lenntech, 2008. Traitement de l'eau et de l'air.**
- **Documents et archives de l'ONEP.**
- **La microbiologie des eaux : document interne de l'ONEE/BO : version Avril 2013**
- **Norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine (03.7.001)**
- www.onep.org.ma
- <http://www.mediaterre.org/actu,20130513090054,1.html>
- <http://www.Lesmaladies/transmission/hydrique/et alimentaire/recommandations aux.CMETE.html>

Annexes

❖ Les milieux de culture :

Bouillon Lauryl sulfate de tryptose :

<i>Tryptone</i>	20g/l
<i>Lactose</i>	5g/l
<i>Phosphate dipotassique</i>	2.75g/l
<i>Phosphate monopotassique</i>	2.75g/l
<i>Chlorure de sodium</i>	5g/l
<i>Lauryl sulfate de sodium</i>	0.1g/l

Milieu de Bouillon glucosé à l'azoture (Roth) :

<i>Tryptone</i>	20g/l
<i>Glucose</i>	5g/l
<i>chlorure de soduim</i>	5g/l
<i>Phosphate dipotassique</i>	2.75g/l
<i>Phosphate monopotassique</i>	2.75g/l
<i>Azide de sodium</i>	0,2g/l

Bouillon lactosé bilié au vert brillant :

<i>Tryptone</i>	10g/l
<i>Bile de bœuf bactériologique</i>	20g/l
<i>Lactose</i>	10g/l
<i>Vert brillant</i>	0,0133g/l

Bouillon EC medium :

<i>Tryptone</i>	20g/l
<i>lactose</i>	5g/l
<i>Sels biliaires n°3</i>	1,5g/l
<i>Phosphate dipotassique</i>	4g/l
<i>Phosphate monopotassique</i>	1,5g/l
<i>Chlorure de sodium</i>	5g/l

Gélose Bile Esculine Azide Agar (BEA) :

<i>Tryptone</i>	17 g/l
<i>peptone pepsique de viande</i>	3 g/l
<i>Extrait autolytique de levure</i>	5 g/l

<i>Bile de bœuf bactériologique</i>	<i>10 g/l</i>
<i>Chlorure de sodium.....</i>	<i>5 g/l</i>
<i>Esculine.....</i>	<i>1 g/l</i>
<i>Citrate ferrique amoniacal.....</i>	<i>0,5 g/l</i>
<i>Azide de sodium</i>	<i>0,15 g/l</i>
<i>Agar agar bacteriologique.....</i>	<i>13 g/l</i>

Eau peptonée exempt d'indole :

<i>Tryptone.....</i>	<i>10g/l</i>
<i>Chlorure de sodium.....</i>	<i>5 g/l</i>

Gélose lactosée au Tergitol-7 et au TTC :

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

Gélose Slanetz:

<i>Tryptone.....</i>	<i>20g/l</i>
<i>Extrait autolytique de levure.....</i>	<i>5g/l</i>
<i>Glucose.....</i>	<i>2g/l</i>
<i>Phosphate di potassique.....</i>	<i>4g/l</i>
<i>Azide de sodium.....</i>	<i>0,4g/l</i>
<i>Agar agar bactériologique.....</i>	<i>10g/l</i>

Gélose tryptone-sulfite-cyclosérine (TSC):

<i>Tryptone.....</i>	<i>15g/l</i>
<i>Peptone papainique de soja.....</i>	<i>5g/l</i>
<i>Extrait autolytique de levure.....</i>	<i>5g/l</i>
<i>Méta bisulfite de sodium.....</i>	<i>1g/l</i>
<i>Citrate ferrique ammoniacal.....</i>	<i>1g/l</i>
<i>Agar agar bactériologique.....</i>	<i>15g/l</i>

Gélose à l'extrait de levure (gélose nutritive) :

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

Gélose PCA

Tryptone.....	5g/l
Extrait de levure.....	2,5g/l
Glucose.....	1g/l
Agar agar bactériologique.....	12g/l

Solution de rinçage :

Solution tampon de dihydrogène phosphate de potassium(KH_2PO_4).....	2,5 ml
Solution aqueuse à 10% de thiosulfate de sodium	10 ml
Lécithine	8g/l
Polysorbate (Tween 80)	20g/l

Gélose (MTC)

Digestion pancréatique de caséine.....	15g/l
Peptone de soja.....	5g/l
Chlorure de sodium.....	5 g/l
Lécithine	0,7g/l
Gélose.....	15g/

Bouillon caséine soja (TSB)

Tryptone.....	17g/l
Peptone papaïque de soja	3g/l
Glucose.....	2,5g/l
Phosphate di potassique.....	2,5g/l
Chlorure de sodium.....	5g/l

❖ Extrait de l'annexe de la norme marocaine 03-7-001 relatif aux spécifications des eaux d'alimentation humaine

A. Paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unités	Valeurs maximales admissibles (VMA)
Turbidité	Néphélométrique (NTU)	5
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2700
pH	–	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
température	°C	Acceptable
Chlore résiduel	mg/l	Entre 0,1 et 1 mg/l à la distribution 0.5 à 1 mg/l à la production

B. Paramètres bactériologiques:

Paramètres	Valeurs maximales admissibles (VMA)
<i>Escherichia coli</i>	0 /100ml
<i>Entérocoques intestinaux</i>	0 /100ml
<i>Coliformes</i>	0 /100ml
<i>Spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs</i>	0 /100ml
<i>Micro-organismes revivifiables</i> à 22°C à 37°C	100/1ml 20/1ml

C. Substances minérales et organiques :

Paramètres	Valeurs maximales admissibles (VMA)
Chlorure : Cl	750 mg/l
Cuivre : Cu	1 mg/l
Fer : Fe	0,3 mg/l
Zinc : Zn	3 mg/l
Potassium : K	12 mg/l
Manganese : Mn	0,5 mg/l
Bore : B	0,3 mg/l
Sodium : Na	200 mg/l
Sulfates : SO₄	400 mg /l
Nitrates : NO₃	50 mg/l
Nitrite : NO₂	0,5 mg/l
Ammonium : NH₄	0,5 mg /l
Fluorures : F	1,5 mg /l
Plomb : Pb	10 µg /l
Mercure : Hg	1 µg /l
Cyanure : CN	70 µg /l
Arsenic : Ar	10 µg /l
Pesticides	0,1 µg /l

La table de Mac Grady

(Pour trois séries de trois tubes chacuneensemencées avec respectivement 10 ml, 1 ml et 0.1 ml), les résultats sont exprimés en nombre de germes pour 100 ml d'eau.

Dans le cas où les séries correspondant à des prises d'essais 10 fois moins fortes (1ml - 0.1 ml - 0.01 ml) les résultats de la 4^{ème} colonne sont à multiplier par 10.

Dans le cas où les séries correspondant à des prises d'essai 100 fois moins fortes (0.1 ml - 0.01 ml - 0.001 ml), les résultats de la 4^{ème} colonne sont à multiplier par 100.

Concentration			Résultats
+ forte	Moyenne	+ faible	
0	0	0	< 3
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6.1
0	2	0	6.2
0	3	0	9.4
1	0	0	3.6
1	0	1	7.2
1	0	2	11
1	1	0	7.4
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9.2
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	2	27

Concentration			Résultats
+ forte	Moyenne	+ faible	
2	2	0	21
2	2	1	28
2	2	2	35
2	3	0	29
2	3	1	36
3	0	0	23
3	0	1	38
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	1	3	160
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	2	3	290
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	>1100

