

SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
I/PRESENTATION DE L'ONEP :	7
1/Missions de l'ONEP :	7
2) Structure de l'ONEP :.....	7
II/Agence de l'ONEP de TAOUNATE :	7
.....	8
III/ Généralité sur l'eau :.....	8
1/ Définition :	8
2/ Propriétés :.....	8
3/ Les problèmes liés a l'eau :	8
IV/ La Politique des Barrages au Maroc :.....	9
1/ Définition :	9
2/ Importance des barrages :	9
3/ la politique des barrages :.....	9
V/ Les Critères de Potabilité des eaux :.....	10
1/La qualité microbiologique :	10
2/ La qualité chimique :.....	10
3/ La qualité physique et gustative :	10
4/ Les eaux adoucies ou	10
VI / Le traitement des eaux du barrage SAHLA :	11
1) l'étape de Dégrillage :.....	11
2) L'étape de Tamisage :.....	11
3/ l'étape d'aération de l'eau :	12
4) La clarification :	12
5 / La Coagulation-flocculation	12
6/ La Décantation :	12
7/ l'étape de La Filtration sur sable :	13
8/ l'étape de La Filtration sur charbon actif en grain :	13
9/ La Désinfection :	14
VII/Contrôle de la qualité des eaux des Barrages :	14
1-1/ Température :	14
1-2/ pH :	14
1-3/ Turbidité :	15

1-4/ Conductivité :	15
1-5/ Détermination du chlore résiduel :	15
1-6/ Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA et TAC) :	15
1-7/ Titre Hydrotimétrique (la dureté totale) :	17
1-8/ Oxydabilité :	18
2/ Les analyses Microbiologiques des eaux du Barrage SAHLA :	20
2-1/ Introduction :	20
2-2/ Les micro-organismes recherchés :	20
2-3/ Méthodes d'analyses bactériologiques :	20
2-4/ Echantillonnage :	21
2-5/ Milieux de culture :	22
2-6/ Bactériologie d'eau brute par La méthode du nombre le plus probable NPP:	22
2-7/ Bactériologie d'eau traitée par La méthode de la Membrane Filtrant MF :	26
2-8/ Bactériologie d'eau traitée par incorporation :	30
VIII/Résultats et discussions :	31
1/ Résultat d'analyses physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau traitée :	31
2/ Résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée :	35
Conclusion	37

INTRODUCTION

L'eau est une source indispensable à la vie et au développement de la stabilité des nations. 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, modifiant ainsi les conditions climatiques sur terre et par conséquent une forte diminution des précipitations.

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**, alors l'eau de ce barrage nécessite un traitement plus ou moins poussé et un suivi de contrôle physico-chimique et bactériologique.

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 et sur la politique des barrages appliquée au Maroc. La deuxième partie présente une description expérimentale sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées au laboratoire de l'**ONEP** de **TAOUNATE** et l'optimisation des doses des réactifs de coagulation-flocculation et on terminera par une conclusion générale.



I/PRESENTATION DE L'ONEP :

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 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.

1/Missions de l'ONEP :

Parmi les missions principales de l'ONEP on trouve :

- Planification de l'approvisionnement en eau potable du Royaume ;
- 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 ;

2) Structure de l'ONEP :

L'Office National d'Eau Potable se compose d'une direction centrale située à **Rabat** et neuf directions régionales à travers le royaume.

II/Agence de l'ONEP de TAOUNATE :

Pour répondre aux besoins de la ville de **TAOUNATE** en eau potable, l'**ONEP** a créé en **1997** un complexe de traitement de l'eau du barrage **SAHLA** avec une capacité de production initiale de **50 l/s**. Cette agence fait partie à des agences de la direction de Fès.

Les ressources qu'elle utilise l'**ONEP de TAOUNATE** sont :

- ✓ Ressource superficielle : l'eau du barrage **SAHLA**.

- ✓ Ressource souterraines et qui sont principalement les **puits** situés au niveau **d'Oued SRA.**

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres. Le laboratoire dispose de 3 salles, une salle d'analyses physico-chimiques, une salle d'analyses bactériologiques et une salle de lavage

III/ Généralité sur l'eau :

L'eau est presque aussi ancienne que notre planète, elle est apparue il y a **3 ou 4 milliards** d'années. Depuis, son volume est resté globalement stable. C'est toujours la même eau qui circule et se transforme en permanence à travers le cycle de l'eau.

1/ Définition :

L'eau de formule **H₂O**, 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), les eaux de mer.

2/ Propriétés :

L'eau est indispensable au fonctionnement du corps humain, dont les réserves en eau doivent être alimentées en permanence pour ne jamais être déshydraté. L'eau assure de multiples fonctions : elle irrigue les tissus, permet la digestion en dissolvant les aliments, assure l'équilibre thermique du corps, permet l'évacuation des déchets.

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 de notre corps

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 etc. Ils sont soupçonnés 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. Par conséquent, des normes ont été établies pour fixer notamment les teneurs limites de ces substances nocives.

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.

IV/ La Politique des Barrages au Maroc :

Les ressources en eau superficielle sont évaluées en année moyenne à 18 milliards de m³, variant selon les années de 5 Milliards de m³ à près 50 Milliards de m³ enregistrant ainsi une très grande variabilité.

Cette répartition inégale des ressources en eau dans le temps impose le stockage des apports des années humides pour les utiliser pendant les périodes de sécheresse, et pour satisfaire les besoins des gens de Maroc de cette matière vive.

1/ Définition :

Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à en réguler le débit et/ou à stocker de l'eau.

2/ Importance des barrages :

La plus part des barrages sont à but unique, mais il y a un nombre grandissant de barrage polyvalents. Parmi les barrages à but unique, **48 %** sont pour l'irrigation, **17 %** pour l'hydro-électricité, **13 %** l'approvisionnement en eau, **10 %** le contrôle des crues, **5 %** pour les loisirs moins de **1 %** pour la navigation et la pisciculture.

3/ la politique des barrages :

Grace à la politique des barrages en **1925**, le royaume dispose de plus de **139** grands barrages avec une capacité globale de plus de **17,6 Milliards de m³**, **13** ouvrages hydrauliques

de transfert des eaux et plus d'une certaine de petits barrages et lacs collinaires. Le premier barrage du Maroc, mis en eau en **1929** le Barrage **Sidi Saïd Maâchou** de Casablanca.

Le barrage **SAHLA** a été construit en **1994** sur le cours inférieur de l'Oued SAHLA, affluent de rive droite du moyen OUERGHA. Il est l'un des barrages satellites sur les affluents de l'Oued OUERGHA assurant la réduction de l'envasement du grand barrage **Al WAHDA**. Il entre dans le cadre de politique de mobilisation des ressources en eaux, mise en place en vue d'une gestion rationnelle du potentiel hydraulique.



Image 1 : photo de Barrage SAHLA

V/ Les Critères de Potabilité des eaux :

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts. Fixés par le ministère de la santé, les critères d'une eau "propre à la consommation" sont au nombre de 63, ils portent sur :

1/ La qualité microbiologique :

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène

2/ La qualité chimique :

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables" ou "toxiques".

3/ La qualité physique et gustative :

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.

4/ Les eaux adoucies ou déminéralisées :

Les eaux traitées par un adoucisseur d'eau doivent contenir une teneur minimale en calcium ou en magnésium, de même qu'en carbonate ou en bicarbonate.

VI / Le 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 contenus dans l'eau par étapes successives, jusqu'aux organismes microscopiques comme les virus et les microbes. Tout cela se fait dans une usine d'eau potable.

- Les principales étapes du procédé de traitement des eaux adoptées par l'ONEP sont :

1) l'étape de Dégrillage :

Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets.



Image 2 : Système de Dégrillage

2) L'étape de Tamisage :

C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits.



Image 3 : Dispositif de tamisage

3/ l'étape d'aération de l'eau :

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



Image 4 : la cascade permettant l'aération et l'oxygénation de l'eau

4) La clarification :

Elle permet de rendre l'eau limpide en la débarrassant des matières en suspension qu'elle contient. On injecte dans l'eau un réactif chimique qui permet le regroupement de ces particules. C'est la flocculation.



Image 5 : Le système permettant l'ajout de coagulant

5 / La Coagulation-flocculation

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

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 flocculation.

Lors de la décantation, les particules dont leurs densité est supérieure à celle de l'eau, vont s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Ces dernières seront

éliminées du fond du décanteur périodiquement, l'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur.



Image 6 : bassin permettant la décantation

7/ l'étape de 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 suivantes conditions d'exploitations, il retient les matières en suspension par filtration d'une part, et il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique d'une autre part, c'est à dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniac, ou de fer et du manganèse, par les bactéries qui sont développées sur le sable.

Ce traitement permet de réduire la turbidité de l'eau à des valeurs de préférences inférieures à **0,5 NTU**.



Image 7 :les bassins de la filtration par le sable

8/ l'étape de La Filtration sur charbon actif en grain :

Spécifique pour l'élimination de l'odeur, de la saveur et d'autres éléments indésirables tels que les pesticides et les Tri-Halo Méthane THM (Chloroforme, Bromodichlorométhane, Dibromochlorométhane et Bromoforme).



Image 8 : les cuves de la filtration par le charbon actif en grain

9/ 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, ... etc.

L'agent de désinfection utilisé à la station de traitement est le chlore a cause de leur effet rémanant.

VII/Contrôle de la qualité des eaux des Barrages :

1/Les analyses physico-chimiques :

1-1/ Température :

Elle joue un rôle primordial dans la solubilité des sels. La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement une sonde de température intégrée.

1-2/ pH :

C'est un paramètre qui mesure la concentration en ion H⁺ de l'eau . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur un échantillon de 0 à 14 , 7 étant le pH de la neutralité .

La mesure du pH doit être faite sur le terrain par un **pH-mètre**.

1-3/ 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). NUT (Nephelometric Turbidity Unit)

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

Tableau 1 : Classification de l'eau selon leur turbidité

1-4/ Conductivité :

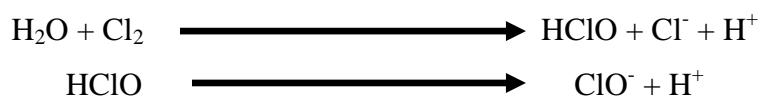
C'est un paramètre qui permet de mesurer la quantité de sels dissous dans l'eau donc la capacité de l'eau à conduire un courant électrique.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

1-5/ Détermination du chlore résiduel :

Le chlore Cl₂ 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 Diméthyle-Phényléne Diamine (DPD N⁰ 1) sur l'échantillon à analyser.



1-6/ Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA et TAC) :

L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des Hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), carbonates (CO₃²⁻) et des hydroxydes (OH⁻).

a/ Détermination de titre alcalimétrique TA :

Principe : Le TA correspond au dosage de la moitié des ions carbonates (CO₃²⁻) et la totalité des ions hydroxydes (OH⁻) à un pH de 8,30.



Mode opératoire : Dans un erlenmeyer de 250 ml on introduit 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 4 gouttes de la solution de phénolphthaleine pour que l'indicateur vire dès que le pH est inférieur à 8,30 et on agite pour homogénéiser la solution.

. =>**Deux cas peuvent se présenter :** Soit il se produit une coloration rose, soit le contenu de l'rlenmeyer reste incolore.

- **S'il se produit une coloration rose :** ça signifie que l'eau est alcaline ($\text{pH}=8,3$) on détermine alors le titre alcalimétrique par une solution d'acide chlorhydrique HCl (0,1N) on ajoute HCl jusqu'à la zone de virage de la solution et on note le volume versé puis on passe à la détermination du titre alcalimétrique complet.

- **S'il ne se produit pas de coloration rose :** ça signifie que le pH de l'eau est inférieure à 8,3 alors $\text{TA}=0$. Donc on passe directement à la détermination de titre alcalimétrique complet.

Résultat : $\text{TA} (\text{m}\text{eq/l}) = \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$

$$\text{Au point d'équivalence : } N_a V_a = N_b V_b \iff N_b = N_a V_a / V_b$$

$$N_b = 0,1 * V_a / 100 \iff N_b = 10^{-3} * V_a (\text{m}\text{eq/l})'$$

$$\text{Donc : } N_b = V_a (\text{m}\text{eq/l})$$

Alors :

$$\boxed{\text{TA} = V_m' \text{ en m}\text{eq/l}}$$

V_m' est le volume moyen de la burette.

b/ Détermination de Titre Alcalimétrique Complet TAC :

Principe : Le TAC correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH^- , carbonates CO_3^{2-} et Hydrogénocarbonates HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.



Mode opératoire : On prend 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer puis on ajoute deux gouttes de la solution d'hélianthine, la solution prend une coloration jaune et on dose par l'acide chlorhydrique HCl (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune orangée.

Résultat : $\text{TAC} (\text{m}\text{eq/l}) = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$

$$\boxed{\text{TAC} = V_m + V_m' \text{ en m}\text{eq/l}}$$

Avec V_m : le volume moyen de la burette.

1-7/ Titre Hydrotimétrique (la dureté totale) :

La dureté totale d'une eau correspond à la concentration en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} qui sont complexés par l'EDTA.

Le noir ériochrome qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

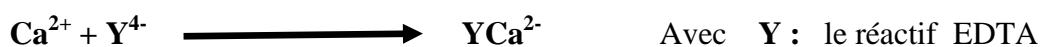
Elle est exprimée en °F et en méq/l.

1 méq de dureté calcique par litre = 20,04 mg Ca^{2+}

1 méq de dureté magnésienne par litre = 12,16 mg Mg^{2+}

1 méq = 5 degrés français

Les réactions mises en jeu sont :



Mode opératoire : Dans un erlenmeyer on ajoute 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 5 ml de solution tampon (NH_4^+ , NH_3), une pointe de spatule d'indicateur de noir ériochrome et on réalise un titrage avec la solution EDTA jusqu'à virage du rouge au bleu royale.

Expression des résultats :

Au point d'équivalence : $N_1 V_1 = N_2 V_2 \iff N_2 = N_1 V_1 / V_2 \quad Na = C1 * p$;

Avec :

$$N_2 = 0,02 \times 2 \times V_1 / 100$$

$$N_2 = 4 \cdot 10^{-4} \times V_1 \text{ (éq/l)}$$

$$N_2 = 0,4 * V_1 \text{ (méq/l)}$$

$$p = 2 ; Ca = 0,02 \text{ mol/l}$$

N_1 : Normalité d'EDTA.

V_1 : Volume versé d'EDTA.

N_2 : Titre hydrotimétrique.

V_2 : Volume de l'échantillon.

Donc :

$$TH = V_1 \times 0,4 \text{ (méq/l)}$$

a/ Ion Calcium Ca^{2+} :

La dureté calcique est la concentration en ion Ca^{2+} d'une eau.

Principe : Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'Ethylène Diamine Tétra Acétique (EDTA). Le calcon est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium. Le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxydes $Mg(OH)_2$ et n'interfère pas.

Mode opératoire : À 100 ml d'eau on ajoute 5 ml de la solution tampon NaOH, une petite spatule d'indicateur coloré (alcon), puis on titre au moyen de la solution EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.

Résultat : Selon le calcul précédent de TH on a :

$$N2 = 0,4 \times V1 \text{ (mEq/l)} \quad \text{et} \quad \text{On a : } C2 = N2/2$$

$$\text{Donc : } C2 = 2 \cdot 10^{-1} \times V_a \text{ (mol/l)} \quad ; \quad \text{avec } M(\text{Ca}^{2+}) = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{On a : } T(\text{Ca}^{2+}) = M(\text{Ca}^{2+}) \times C \quad \Longleftrightarrow \quad T(\text{Ca}^{2+}) = 40 \times 2 \times 10^{-1} \times V$$

$$T(\text{Ca}^{2+}) = V \times 8 \text{ (mg/l)}$$

b/Ion magnésium Mg^{2+} :

La concentration en ions Mg^{2+} se détermine par calcul.

$$T(Mg^{2+}) = (TH - T(\text{Ca}^{2+})) \times 12,16 \text{ en (mg/l)}$$

1-8/ Oxydabilité :

Correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cède par l'ion permanganate MnO_4^- et consommé par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

Principe : Chauffage d'un échantillon dans un bain marie bouillant en présence d'une quantité connue de $KMnO_4$ dans un milieu acide pendant un temps donnée, réduction d'une partie de permanganate par les matières oxydables de l'échantillon et détermination de l'excès de permanganate par addition d'un excès d'acide oxalique suivi par un titrage de l'oxalate $C_2O_4^{2-}$ en excès par le MnO_4^- .



Mode opératoire : Dans un ballon on met 100 ml d'eau à analyser plus 2 ml 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 13min, après on ajoute 1ml d'acide oxalique ($H_2C_2O_4$) (N/10) et on titre avec le $KMnO_4$ (N/100) jusqu'à l'apparition d'une faible teinte rose.

Expression des résultats: Après les réactions précédent on trouve :

$$n(MnO_4^-)/2 = n(C_2O_4^{2-}) / 5 \quad \longrightarrow \quad n(MnO_4^-) = 2/5 n(C_2O_4^{2-})$$

$$n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = n(MnO_4^-)_{\text{initial}} - n(MnO_4^-)_{\text{reste}} \quad \text{avec: } n(MnO_4^-)_{\text{rest}} = 2/5 n(H_2C_2O_4)$$

$$n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = n(MnO_4^-)_{\text{initial}} - 2/5 n(C_2O_4^{2-})_{\text{cons}}$$

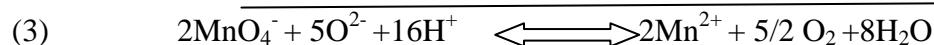
$$\text{avec: } - n(C_2O_4^{2-})_{\text{cons}} = n(C_2O_4^{2-})_{\text{initial}} - n(C_2O_4^{2-})_{\text{reste}}$$

$$- n(C_2O_4^{2-})_{\text{reste}} = 5/2 n(MnO_4^-)_{\text{final}}$$

$$\text{Alors: } n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = n(MnO_4^-)_{\text{initial}} - 2/5 n(C_2O_4^{2-})_{\text{initial}} + 2/5 [5/2 n(MnO_4^-)_{\text{final}}]$$

$$\text{Donc: } \begin{cases} n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = C_O V_O - 2/5 \times C_R V_R + C_O \times V_{\text{versé}} \\ n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = N_O V_O / p_1 - 2/5 N_R V_R / p_2 + V_{\text{versé}} N_O / p_1 \end{cases}$$

$$\underline{n(MnO_4^-)_{\text{cons}} = 1/500 V_{\text{versé}} \times 10^{-3}}$$



D'après la réaction (3) :

$$: n(MnO_4^-)/2 = n(O_2)/(5/2) \longrightarrow n(O_2) = 5/4 n(MnO_4^-)$$

$$n(O_2) = 5/4 \times 1/500 \times V_{\text{versé}} \times 10^{-3} \longrightarrow n(O_2) = 1/400 \times V_{\text{versé}} \times 10^{-3}$$

avec : $C(O_2) = n(O_2) / V_{\text{initial de l'échantillon}}$; $V_{\text{initial de l'échantillon}} = 100 \text{ (ml)} = 100 \times 10^{-3} \text{ (l)}$

$$\text{Donc: } C(O_2) = 1/400 \times V_{\text{versé}} / 100 \quad \Longleftrightarrow \quad n(O_2) = 1/4 V_{\text{versé}} \times 10^{-4} \text{ (mol/l)}$$

$$C_m(O_2) = C(O_2) \times M(O_2) \quad \Longleftrightarrow \quad C_m(O_2) = 32/4 V_{\text{versé}} \times 10^{-4} \text{ (g/l)}$$

$$C_m(O_2) = 8 \times V_{\text{versé}} \times 10^{-4} \text{ (g/l)} \quad \Longleftrightarrow \quad C_m(O_2) = 0.8 \times V_{\text{versé}} \text{ (mg/l)}$$

Alors la quantité d'oxygène nécessaire est donnée par l'expression:

$\text{Oxydabilité} = V_{\text{versé de KMnO}_4} \times 0,8 \quad \text{en mg/l}$

1-9/La Détermination de la concentration 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.

2/ Les analyses Microbiologiques des eaux du Barrage SAHLA :

2-1/ Introduction :

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

2-2/ Les micro-organismes recherchés :

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 sporogènes. Ils sont capables de croître en aérobiose à 37°C sur milieu lactosé sélectif et différentiel, avec production d'acide dans les 24 heures.

b/ Les Coliformes thermotolérants : Regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries. Ils sont capables de croître en aérobiose à 44°C sur un milieu lactosé sélectif et différentiel, avec production d'acide dans les 24 heures.

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

d/ Les clostridies sulfito -réducteurs : Sont des germes anaérobies présentent 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.

e/ Les micro-organismes revivifiables : Toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu de gélose à l'extrait de levure.

2-3/ 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) on trouve :

-La technique du nombre le plus probable : C'est la méthode de dénombrement parensemencement 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 passe à la lecture des résultats sur le table de Mac Craddy.

-**La technique de la membrane filtrante** : La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, 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.

- **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 boite de pétri à laquelle est ajouté un milieu de culture nutritif gélosé, maintenu liquéfié à environ 47°C. Par la suite les boites de pétris 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 boites, une série à 22°C pendant 68 heures et l'autre série à 37°C pendant 48 heures.

2/4 : Echantillonnage :

On désinfecte le robinet, puis on laisse l'eau écoulée un certain temps (5 min) avant le prélèvement, puis on remplit le flacon de verre et 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.

2-5/ Milieux de culture :

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

- ❖ **Tergitol 7 TTC** : Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des Bactéries coliformes.
- ❖ **TSC** : Ce milieu de culture est utilisé pour l'isolement et le dénombrement des Clostridium.
- ❖ **Slanetz** : Cette gélose permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des entérocoques.
- ❖ **Gélose a l'extrait de levure** : Ce milieu de culture est utilisé pour le dénombrement des microorganismes revivifiables par comptage des colonies à 36 et à 22°C.
- ❖ **Lauryl** : Est un milieu de culture d'enrichissement sélectif utilisé pour la recherche et le démembrément des coliformes dans les eaux.
- ❖ **Vert brillant** : Ce milieu est utilisé pour rechercher ou confirmer la présence de coliformes.
- ❖ **EC medium** : 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** : Est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux d'alimentation.

2-6/ Bactériologie d'eau brute par La méthode du nombre le plus probable NPP:

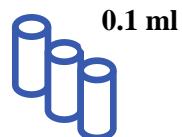
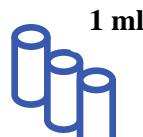
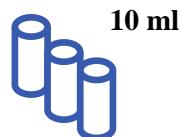
On implique cette méthode pour déterminer la présence des trois types des Bactéries :

1/ CAS DES COLIFORMES TOTAUX

Echantillon de 100 ml

Test présumptif

ensemencement



Bouillon Lauryl double

Bouillon Lauryl simple concentration

Incubation 37°C/48H

Test confirmatif

Dénombrement des tubes positifs Trouble +gaz

Ensemencement des tubes



Bouillon lactosé billié au vert brillant

Incubation 37°C/48H



Choix du triplet



Dénombrement des tubes positifs Trouble +gaz

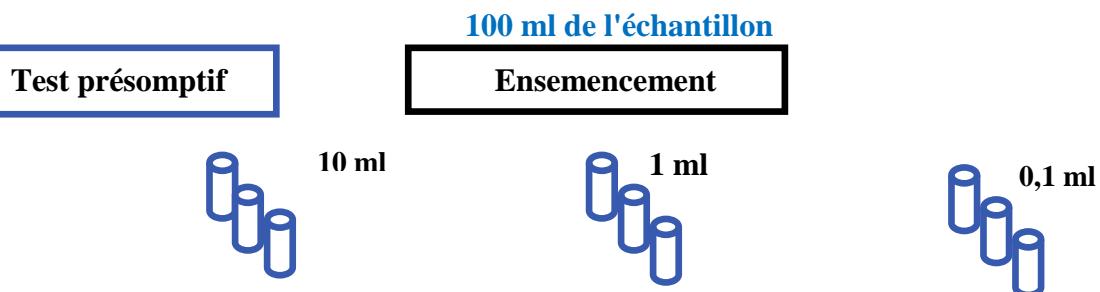


Choix du triplet



Lecture sur table de Mac Craddy

2/ CAS DES COLIFORMES THERMO-TOLERENTS



Incubation 37

Dénombrement des tubes positifs : Trouble+gaz

Test confirmatif **EC medium**

Incubation 44°C/24H


Eau peptonnée exempté d'indole


Dénombrement des tubes positifs : Trouble

Réaction d'indole : Ajouter 0,2 à 0,3 ml du réactif de Kovacs dans les tubes d'eau peptonnée (Apparition d'une coloration)

Choix du triplet

Choix du triplet

Lecture sur la table de Mac Craddy (3 tubes)

3/ CAS DES ENTEROCOQUES INTESTINAUX

100 ml de l'échantillon

Test présumptif

ensemencement

10 ml



1 ml



0,1 ml



Bouillon glucosé à l'azoture double concentration

Bouillon glucosé à l'azoture simple concentration

Test confirmatif

Dénombrément des tubes positifs : trouble et/ou dépôt



Repiquer les tubes positifs sur des boîtes de la gélose BEA

Incubation 44±0,5°C/48H



Dénombrer les tubes positifs : coloration foncée à noire des colonies et/ou du milieu environnant



Choix du triplet



Lecture sur table de Mac Craddy (3 tubes)

2-7/ Bactériologie d'eau traitée par La méthode de la Membrane Filtrant MF :

On implique cette méthode pour déterminer la présence des quatre types des Bactéries :

1/ CAS DES BACTERIES COLIFORMES TOTAUX

Test préemptif

100 ml de l'échantillon

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

Milieu de culture Tergitol 7-TTC



Incubation 37°C/24H

Test confirmatif

Dénombrer les colonies typiques (jaune avec halo jaune)



Isoler

TSA



Incubation 37°C/24H

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 y a apparition d'une coloration bleue/violet foncé on dit que la réaction est positive donc la souche est oxvdase +



Coloration de Gram : Pour les colonies atypique si leurs oxydase est négative Bactérie sous forme de bâtonnet coloré en rose →Bacille Gram négatif.



Nombre de colonies confirmées en UFC / 100 ml

2/ CAS DES BACTERIE ESCHERICHIA COLI

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

Test présomptif

Milieu de culture Tergitol 7-TTC



Incubation 44°C/24H

Dénombrer les colonies typiques (jaune avec halo jaune)



Isoler la membrane

Test confirmatif

TSA



Incubation 37°C/24H

Ensemencer sur eau peptonnée exempte d'indole



Incubation 44 °C/24H

- Ajouter 0,2 à 0,3 ml du réactif Kovacs 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 / 100 ml

3/ CAS DES ENTEROCOQUES INTESTINAUX

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

Test présumptif

Milieu Slanetz et Bartely

Incubation $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ / 1 à 2

Test confirmatif

Dénombrer les colonies typiques (rouge-marron)

Milieu Slanetz et Bartely

Dénombrer les colonies brune et noir

Nombre de colonies confirmées en UFC / 100 ml

4/ CAS DES CLOSTRIDIUMS SULFITO- REDUCTEURS

Chauffer 100 ml de l'échantillon dans un bain marie à $75\pm5^{\circ}\text{C}$ /15 min



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



Après filtration de l'échantillon sur membrane 0,22 μm



Placer la membrane renversée dans le fond d'une boite de pétri $\Phi 55$



Incubation à $37^{\circ}\text{C}/24\text{H à }48\text{H}$

Verser sur la membrane 18 ml du milieu TSC liquéfié complet (avec supplément D-Cyclosérine)



Comptage de toutes les colonies noires



Nombre de colonies confirmées en UFC / 100 ml

2-8/ Bactériologie d'eau traitée par incorporation :

On utilise cette méthode dans le cas du micro organismes revivifiables.

1/ CAS DES MICRO ORGANISMES REVIFIABLES à 22°C et à 37°C

Technique d'incorporation en gélose

Faire fondre au bain-marie la gélose à l'extrait de levure



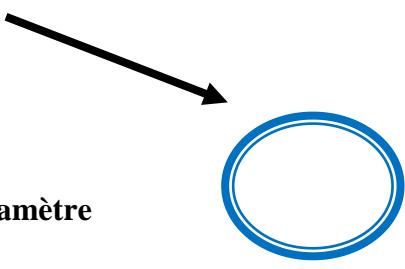
Maintenir la gélose liquéfiée dans le bain-marie 47± 2°C



1ml de l'échantillon / boite puis ajouter 15 à 20 ml de gélose à extrait de levure



Boite de pétri de 90 mm de diamètre



Incubation à 22°C/68±4H

Incubation à 37°C/48H

Dénombrement de toutes les colonies



Nombre de colonies confirmées en UFC /ml

VIII/Résultats et discussions :

1/ Résultat d'analyses physico-chimiques de l'eau brute et de l'eau traitée :

a-Quelque résultat d'analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau brute :

Ce tableau représente les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute d'un prélèvement par chaque jour durant cinq jours.

Eau brute	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	Moyen
Température	18.4	17.3	16.4	17.6	17.0	17.3
pH	8.29	8.24	8.27	8.30	8.20	8.26
Turbidité	1.58	2.01	1.10	1.67	1.95	1.66
Conductivité	480	484	478	477	474	478
Oxydabilité	3.36	2.80	3.28	3.12	2.16	2.28

Tableau 2 : l'analyses physico-chimiques de l'eau brute (p :prélèvement)

b/ Quelques résultat d'analyses physico-chimique effectués sur l'eau traité :

Ce tableau représente les résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau traitée d'un prélèvement par jour durant cinq jours.

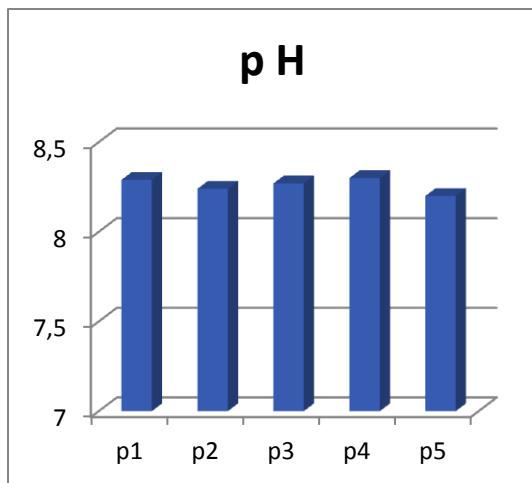
Eau traité	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	moyen
Température	22.8	20.8	18.4	21.2	19	20.4
pH	7.94	7.83	7.97	7.91	7.85	7.90
Turbidité	0.11	0.23	0.27	0.18	0.22	0.20
Conductivité	492	492	488	485	475	486
Oxydabilité	1.44	0.80	1.36	1.20	0.64	1.08

Tableau 3 : l'analyses physico-chimiques de l'eau traitée

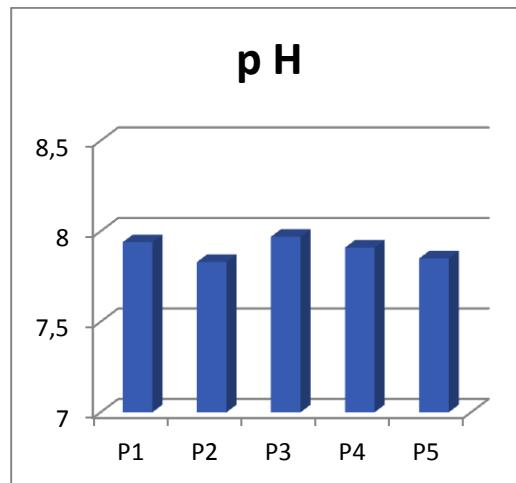
c/ Comparaison des résultats :

Pour valoriser les interprétations des deux résultats, on trace les Histogrammes suivant :

→ Pour pH :



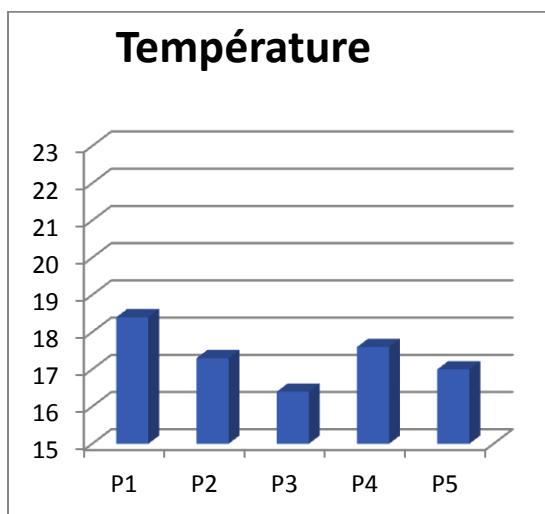
Histogramme de pH pour l'eau brute



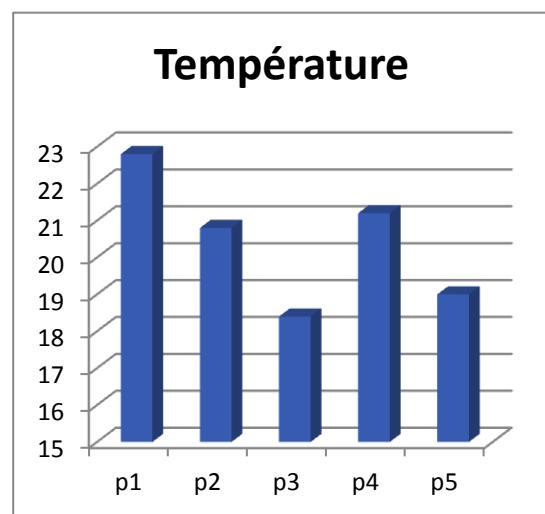
Histogramme de pH pour l'eau traitée

- ✓ Le pH diminue de 8.26 à 7.90.

→ Pour la Température :



Histogramme de T° pour l'eau brute

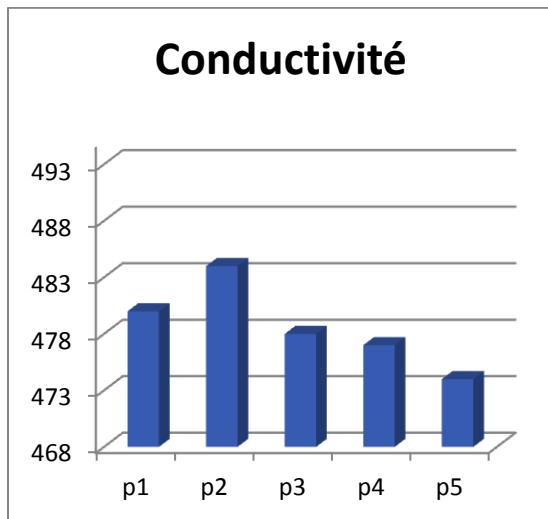


Histogramme de T° pour l'eau traitée

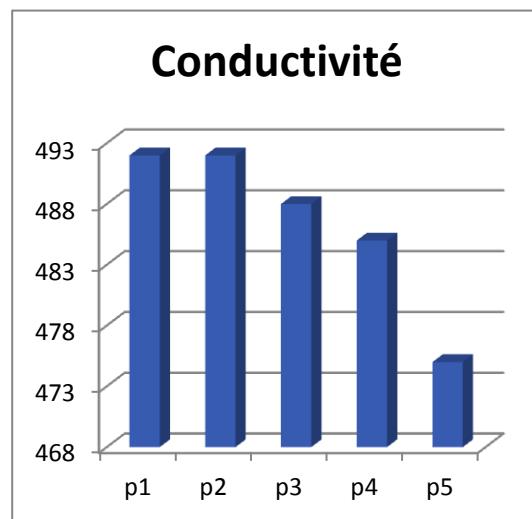
- ✓ La Température augmente de 17.3 à 20.4 °C



►Pour la Conductivité :



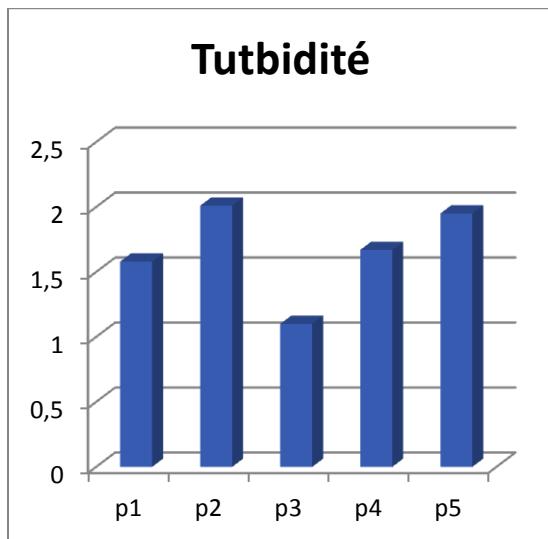
Histogramme de conductivité de l'eau brute



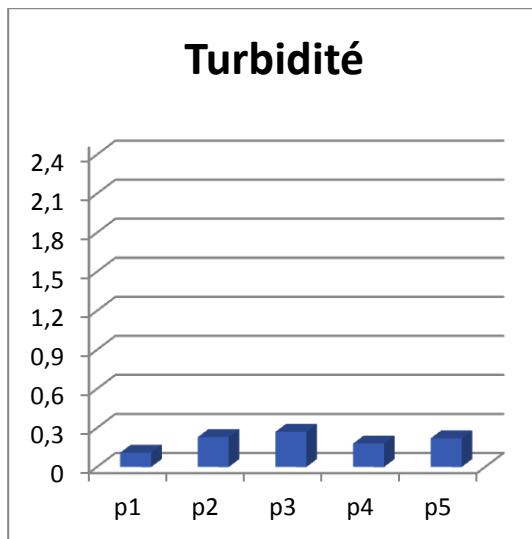
Histogramme de conductivité de l'eau traitée

- ✓ La conductivité augmente de 478 µS/cm à 486 µS/cm

►Pour la Turbidité :



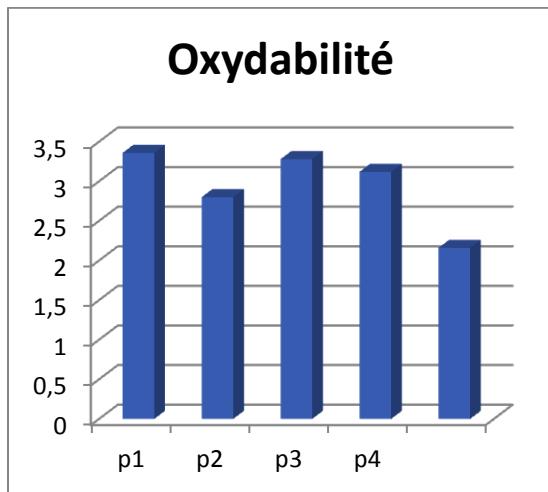
Histogramme de turbidité de l'eau brute



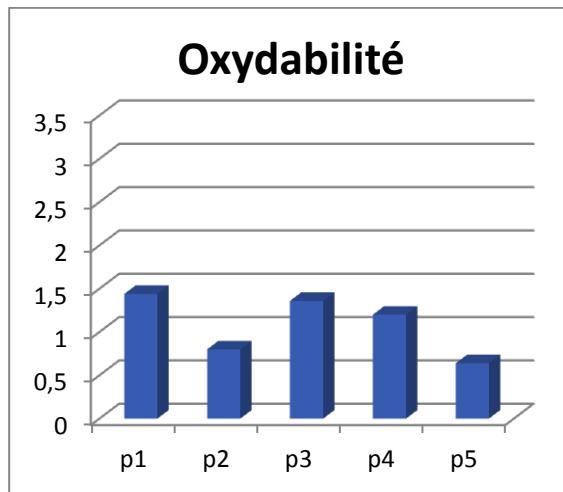
Histogramme de turbidité de l'eau traitée

- ✓ La turbidité diminue de 1.66 à 0.20 NTU.

→ Pour l'oxydabilité :



Histogramme d'oxydabilité de l'eau brute



Histogramme d'oxydabilité de l'eau traitée

- ✓ L'oxydabilité diminue de 2.2 à 1.21 mg/l.

c/ Discussion des résultats :

Dans les tableaux ci-dessus, la qualité de l'eau du barrage ne connu pas un vrai changement, mais cette qualité peut connaître des changements saisonnières ou s'il y a des pollutions accidentelles.

En revanche on enregistre une amélioration de la qualité après passage de cette eau par les différentes étapes de traitements.

La comparaison de la qualité d'eau brute avec de l'eau traitée indique que :

*Le pH diminue de 8.26 à 7.90

*La turbidité diminue de 1.66 à 0.20

*L'oxydabilité diminue de 2.2 à 1.21

*La conductivité augmente de 478 µS/cm à 486 µS/cm

- La température élevée agit sur la solubilité des sels ainsi sur l'efficacité de décantation c'est pour cela on remarque une augmentation de la conductivité de 478µS/cm à 486µS/cm.

- La diminution du pH peut être expliquée par l'ajout de certains réactifs tels que les sulfates utilisés lors de la coagulation à cause de libération de l'acide carbonique.
- L'oxydabilité décroît par l'ajout du chlore qui permet la dégradation de la matière organique et par conséquence la diminution des problèmes de reviviscence bactérienne
- La diminution de la turbidité donne une idée sur l'efficacité de l'étapes coagulation-flocculation, ce facteur joue un rôle important c'est pour cela, leur contrôle est nécessaire pour lutter contre l'effet sanitaire des matière en suspension et pour réussir le procédé de désinfection.

Selon les résultats obtenus pour le traitement de l'eau montre l'amélioration de la qualité de l'eau.

D'après les résultats précédent on constate que les analyses que j'ai effectué repend au norme suivant :

Paramètre	Expression des résultats	VMA
Turbidité	Seuil de perception à 25 °C	5 NTU
Température	° C	Acceptable
pH	Unité de pH	6.5 < pH < 8.5
L'oxydabilité	mg O ₂ /l	5
Conductivité	µS/Cm à 20°C	2700

Avec VMA : Valeur Maximale Admissible

2/ Résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée :

a/ les résultats obtenus pour l'eau brute :

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

Bactéries recherchées	Coliformes totaux	Escherichia coli	Entérocoques intestinaux
P ₁	29/100 ml	28/100ml	0/100 ml
P ₂	7/100 ml	3/100ml	0/100 ml

Tableau 4: analyses bactériologiques de l'eau brute

b/ les résultats obtenus pour l'eau traitée:

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

Bactéries recherchés	Coliformes totaux	Escherichia coli	Entérocoques intestinaux	Spores des MO sulfito-réducteurs	MO revivifiables à 220C et 370C
P ₁	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/1 ml
P ₂	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml	0/1 ml

Tableau 5 : analyses bactériologiques de l'eau traitée

c/ Discussion des résultat :

L'analyses bactériologiques de l'eau brute a montré la présence de :

-29 UFC (Unité Formatrice de Colonies) /ml des coliformes totaux.

-28UFC/ml des Escherichia Coli.

-0UFC/ml des Entérocoques intestinaux.....etc.

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

Conclusion

L'eau potable n'est pas tout à fait un bien de ciel, avant de parvenir au robinet, elle subit des traitements plus au moins poussés à savoir l'aération, pré chloration, coagulation, flocculation, décantation, filtration et la désinfection.

La qualité de l'eau potable est assurée par plusieurs analyses et contrôles, à s'avoir la qualité microbiologique et physico-chimique.

Dans ce travail on a suivie les opérations que l'eau subit de son état brut à son état potable et d'optimiser les doses de coagulant, le pH et la vitesse d'agitation pour les appliquer à l'échelle industrielle dans l'objectif de vérifier la production de l'eau potable de bonne qualité dans des normes bien définie.

Alors le traitement de l'eau est devenu une nécessité pour alimenter les populations en eau potable. Pour cela, il faut disposer d'effectif humain et matériel suffisant pour la réalisation de ce projet.

L'eau potable est donc une donnée rare et précieuse qu'il ne faut pas la gaspiller, par ailleurs, il faut garder à l'esprit qu'elle est produite à partir des ressources naturelles qu'il protéger afin d'éviter la mise en place des traitements complexes et couteux.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Classification de l'eau selon leur turbidité.....	10
Tableau 2 : Analyses physico-chimique de l'eau brute.....	25
Tableau 3 : Analyses physico-chimiques de l'eau traitée.....	25
Tableau 4 : Analyses bactériologiques de l'eau brute.....	29
Tableau 5 : Analyses bactériologiques de l'eau traitée.....	29

Liste des Images

Image 1 : photo du barrage SAHLA.....	5
Image 2 : la machine de Dégrillage.....	6
Image 3 : la machine de Tamisage.....	6
Image 4 : le Cascade.....	7
Image 5 : le système permettant l'ajout de coagulant.....	7
Image 6 : le Décanteur.....	8
Image 7 : le bassin de la filtration par le sable.....	8
Image 8 : le système permettant le filtration par le charbon actif	9

Liste des Histogrammes

Histogramme de pH.....	26
Histogramme de la température.....	26
Histogramme de la conductivité.....	27
Histogramme de la turbidité.....	27
Histogramme de l'oxydabilité.....	28

Liste des abréviations

- DPD : Diméthyle-Phényléne-Diamine.
- EDTA : Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique.
- ET : Entérocoques Intestinaux.
- MF : Membrane Filtrant.
- NPP : Nombre le Plus Probable.
- NUT : Nephelometric Turbidity Unit.
- P : Prélèvement.
- TA : Titre Alcalimétrique . .
- TAC : Titre Alcalimétrique Complet.
- TH : Titre Hydrotimétrique.
- TSC : Tryptone-Sulfite-Cycloséride.
- UFC : Unité Formatrice de Colonie.

Références bibliographiques

- <http://www.etudier.com/dissertation/Normes-Marocaine-1%27Eau/584015.html>
- www.ONEP.com
- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEP
- Analyse de l'eau (auteur : J.Rodier)
- Mode opératoire normalisé du dosage MOND (auteur : N.Labarki)
- Mémento technique de l'eau (auteur : Degrémont).
- Manuel des analyses bactériologiques de l'ONEP (auteur : M.El Mghari Tabib, S.Benabdellah,M.El Alami ; N.Fathi , H.Fathi ; H.El Boujnouni