

**Département des sciences de la terre**

**Mémoire de stage de fin d'études**  
**Licence Sciences et Techniques**  
**Eau et Environnement (LST EE)**

**Traitement et contrôle de la qualité des eaux**  
**traitées au niveau de la station de Tamanar**  
**(Province d'Essaouira)**

Réalisé Par :

**Ayoub BOUGRINE et Soumia GOUAHI**

Parrains :

**Mr. Abdellatif KELLAM (O.N.E.E -Branche Eau-)**

**Mr. Zakaria GHOUTANI (O.N.E.E -Branche Eau-)**

SOUTENU le 16 juin 2015 devant le jury composé de :

**Pr. Khadija ELHARIRI (FST Marrakech) : Encadrante**

**Pr. Abdelfatah BENKADOUR (FST Marrakech) : Examinatuer**

**Année universitaire : 2014/2015**



***A nos très chers parents,***

*Rien au monde ne pourrait compenser les sacrifices que vous avez consentis pour notre éducation et notre bien être, veuillez trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et vos efforts.*

***A nos chers frères et sœurs,***

*Pour l'amour et le respect qui nous en toujours octroyés...*

***A nos enseignants & professeurs,***

*Pour leur patience, dévouement et sacrifice.*

***A nos chers amis,***

*Pour leurs soutiens qu'ils n'ont cessés d'apporter au cours de cette formation.*

GOUAHI & BOUGRINE



## Remerciements

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant ce mois de stage.

Tout d'abord, à notre encadrante, Professeur **Khadija El HARIRI**, pour avoir dirigé ce projet de fin d'étude. La confiance et le soutien, qu'elle nous a accordés, nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nos remerciements s'adressent également au professeur, **Abdelfattah BENKADOUR**, qui, malgré ses multiples occupations, a accepté d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants.

Nous exprimons notre gratitude au Professeur **El Mehdi SAIDI**, qui malgré ses occupations, nous a bénéficié de ses conseils et critiques judicieux.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur **Abdellatif KELLAM** et Monsieur **Zakaria GHOUTANI** pour avoir enrichi nos recherches dans le cadre de ce projet de fin d'étude et pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de cette période.

Nous remercions également tous les professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech et en particulier ceux du Département des Sciences de la Terre.

Enfin nous remercions toute personne ayant aidé de prêt ou de loin à la réalisation de mon travail.

# Table des matières

---

<u>Liste des abréviations</u> .....	1
<u>Résumé</u> .....	2
<u>Introduction</u> .....	3

## **Chapitre I : Aperçu sur l'office**

I- <u>Bref historique</u> .....	6
II- Présentation de l'organisme de l'organisme d'accueil .....	6
II-1- Structure de l'O.N.E.E –Branche Eau-.....	6
II-2- Missions de l'O.N.E.E – Branche Eau-.....	7

## **Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

I- Données générales sur barrage Igouzoulen .....	9
I-1- Géologie du site .....	10
I-2- Climat .....	11
I-3- Hydrologie de site .....	12
I-4- Carractérisations générales de la retenue .....	12
II- Bassin versant de Igouzoulen .....	12

## **Chapitre III : Procédés de traitement des eaux potables**

I- Description de la station .....	15
II- Les phase de traitement des eaux destinées à la consommation humaine .....	16
II-1- Pré-traitement .....	16
II-1-1- Pré-chloration .....	16
II-1-2- Débourbage .....	17
II-2- Clarification .....	18
II-2-1- Processus chimiques .....	19
II-2-2- Processus physiques.....	20
II-3- La désinfection.....	22
II-4- Stockage de l'eau potable .....	22

## **Chapitre IV : Analyses et intertation des résultats**

I- Présentation du laboratoire .....	24
II- Normes de qualité de l'eau .....	25
II-1- Paramètres physico-chimiques .....	25
II-2- Paramètres bactériologiques.....	27
II-3- Les substances minérales .....	28
III- Méthodologie du travail .....	28

III-1- Méthodes d'analyses physico-chimiques .....	28
III-2- Les Méthode d'analyses bactériologiques .....	39
III-2-1- Définition .....	39
III-2-2- Méthodes d'analyses .....	39
III-2-3- Bactéries recherchées .....	41
III-2-4- Modes opératoires .....	43
IV- Présentation des résultats .....	47
IV-1- Résultats des analyses physico-chimiques .....	47
IV-2- Résultats des analyses bactériologiques .....	50
IV-2-1- Les eaux brutes .....	50
IV-2-2- Les eaux Traitées .....	50
V- Interprétation des résultats .....	51
V-1- Interprétation des analyses physico-chimiques .....	51
V-2- Interprétation des analyses bactériologiques .....	57
Conclusion .....	58
Listes des tableaux .....	59
Liste des figures .....	59
Liste des Photos .....	60
Bibliographie et web-graphie.....	62
Annexes. ....	63

## Liste des abréviations

**ABHT** : Agence du Bassin Hydraulique de Tensift.  
**BV** : Bassin versant.  
**NGM** : Niveau générale de la mer  
**CF** : Coliformes Fécaux  
**CT** : Coliformes Totaux.  
***E .coli*** : *Escherichia coli*  
**NTU** : Unité néphéométrique de la turbidité  
**MES** : Matière en suspension.  
**O<sub>2</sub> dissous** : Oxygène Dissous  
**OMS** : Organisation Mondial de la Santé  
**ONEE** : Office National de l'Eau et de l'Electricité  
**PHE** : Plus hautes eaux  
**RP** : Route principal  
**SB** : Slanetz et Bartley  
**SF** : Streptocoques Fécaux  
**TA** : Titre alcalimétrique  
**TAC** : Titre alcalimétrique complet  
**TH** : Titre hydrométrique.  
**TSN** : Tryptone Sulfite Néomycine  
**TTC** : Chlorure de Triphényl le 2, 3, 5 Tétrazolium .  
**UFC** : Unité Formant Colonie.  
**V** : Volume  
**VMA** : Valeur Maximale Admissible

## Résumé

L'optimisation de l'eau est nécessaire, elle doit être tant quantitative que qualitative : au-delà de la seule quantification des ressources en eau disponible, un suivi permanent de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux est indispensable. En effet, la détérioration de la qualité des eaux pose de sérieux problèmes surtout dans les régions semi-arides où ces ressources sont très limitées comme c'est le cas pour notre zone d'étude.

Le présent travail se focalise sur l'étude de la station de traitement de l'eau de Tamanar, dont le but est sa distribution après traitement, conformément aux normes marocaines, et plus particulièrement de point de vue physicochimique et bactériologique.

Les normes de mise en distribution de l'eau propre à la consommation sont strictes et renforcées depuis quelques années afin d'éviter tout problème sanitaire chez le consommateur.

Notre étude s'intéresse au suivi de la qualité de l'eau depuis l'entrée jusqu'au réservoir de la station de traitement des eaux de Tamanar, subissant plusieurs étapes de traitement dont la floculation, la coagulation, la décantation, la filtration, et de la désinfection. Les mêmes eaux vont subir d'autres analyses bactériologiques et physico-chimiques au sein du laboratoire

## INTRODUCTION

L'eau est une denrée rare, indispensable à la vie et au bien-être. Son usage doit se faire en respectant le besoin qui ne cesse d'augmenter, son traitement qui doit respecter les normes exigées par l'OMS mais aussi préconiser des mesures qui doivent permettre la préservation de nos ressources et aussi la protection de notre environnement.

Au Maroc, la demande en eau potable dans le milieu urbain a connu un accroissement important sous la pression de la croissance démographique, du développement économique et de l'amélioration du niveau de vie. Au milieu rural, la sécheresse qu'a connue le Maroc dans les années précédentes a fait ressortir l'importance cruciale de l'alimentation en eau potable.

Ceci fait qu'une partie de la population, rurale notamment, n'a pas accès à la ressource fondamentale qui est l'eau. Pour faire face à cela, et dans le cadre de l'approvisionnement des différentes villes en eau potable, le Maroc s'est fixé un nombre d'objectifs dont doter le pays d'une infrastructure solide lui permettant de relever les défis auxquels il est confronté.

C'est dans cette optique qu'a été décidée la réalisation de la station de traitement d'eau potable de la ville de Tamanar -Essaouira, et aussi afin de subvenir aux besoins de cette population.

Le présent travail, qui s'est déroulé au sein de l'O.N.E –Branche Eau- durant la période allant du 27/4/2015 au 27/5/2015, consiste à étudier les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées dans les stations de traitement de TAMANAR.

L'étude comporte trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre donne une présentation générale de l'ONEE
- ✓ Le second chapitre décrit les différentes étapes du traitement dans la station de Tamanar (traitement physico-chimique).
- ✓ Le troisième chapitre explique les paramètres physicochimiques et les analyses bactériologiques au laboratoire, les résultats et leurs interprétations.

Notre projet de fin d'étude nous a permis de suivre les différentes étapes de traitement au niveau de la station de Tamanar, de maîtriser les différents types d'analyses physico-chimiques et bactériologiques pratiquées et de contrôler ainsi la qualité conformément aux normes exigées par l'OMS

**Objectif** : l'objectif de notre travail est de mettre en relief toutes les phases de traitement des eaux potables .Cela sera classé sur des analyses faites au niveau de la station de Tamarin

**Méthodologie**:

- ❖ Recherches bibliographiques
- ❖ Analyses
- ❖ Résultats
- ❖ Interprétation des résultats

# **Chapitre I :**

# **Aperçu sur l'office**

## **I. Bref historique**

L'ONEP a été créée par dahir en 1929 sous le nom REIP (régie d'exploitation installation et planification), puis REP (régie d'exploitation et planification), et en fin le nom ONEP en 3 avril 1972.

A cette date, l'ONEP a pris le statut d'un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et placé sous la tutelle du ministère de l'équipement.

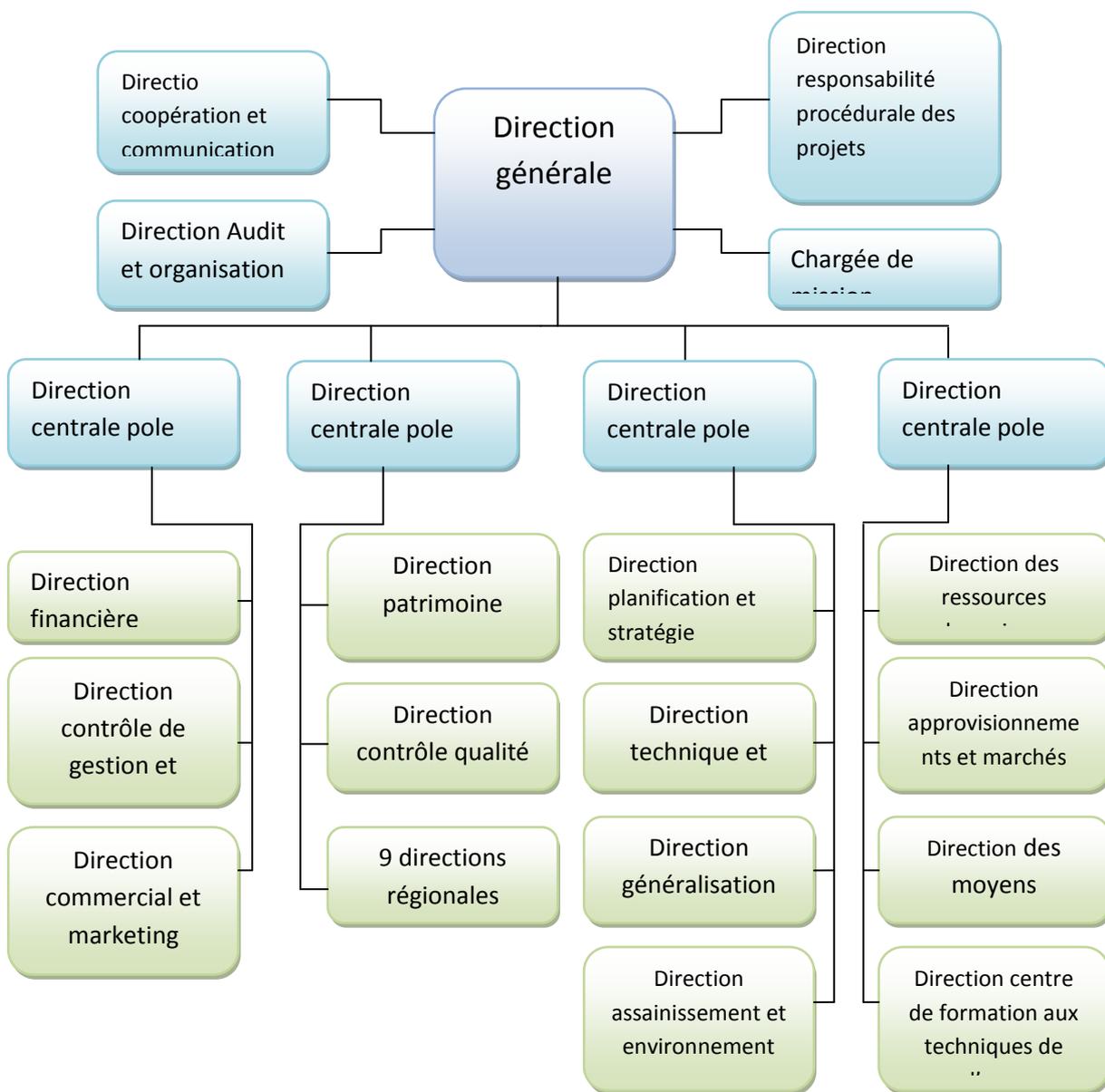
C'est un acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement, les missions principales de l'Office vont de la planification de l'approvisionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par les phases, études, conception, réalisation, gestion, exploitation des unités de production, de distribution et d'assainissement liquide et enfin du contrôle de la qualité des eaux jusqu'à la protection de la ressource sans oublier la direction de centre de formation aux techniques de l'eau interne à l'ONEE-Branche Eau qui participe à la formation continue et aux diverses formations programmées pour assurer aux agents ONEE-Branche Eau les performances requises. (ONEP, 1990)

## **II. Présentation de l'organisme d'accueil :**

### **1- Structure de l'ONEE (branche Eau) :**

L'O.N.E.E (branche Eau) se compose d'une direction centrale située à rabat et neuf directions régionales à travers le royaume , à savoir :

- Direction Régionale de sud AGADIR (DR1)
- Direction Régionale de TENSIFT (DR2)
- Direction Régionale du Centre de khouribga (DR3)
- Direction Régionale du centre Nord-Ouest KENITRA (DR4)
- Direction Régionale du Centre FES (DR5)
- Direction Régionale du l'Orientale OUJDA (DR6)
- Direction Régionale du Centre Sud MEKNES (DR7)
- Direction Régionale des coordinations des provinces sahariennes (DR8)
- Direction Régionale de l'Atlantique RABAT (DRC)



**Figure 1 : Schéma de structure de O.N.E.E**

L'actuelle structure organisationnelle de l'ONEE branche Eau se base sur le découpage administratif, c'est pour cette raison que les responsables sont en train d'étudier la possibilité de mise en place d'un projet de restructuration de l'ONEE branche Eau se basant essentiellement sur :

- ✓ La séparation des fonctions pour consolider le savoir-faire de l'ONEE branche Eau.
- ✓ L'adaptation du principe de la décentralisation pour une meilleure efficacité sur le terrain.

## **2- Les Missions de l'ONEE (branche Eau) :**

- Planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale.
- Etude, réalisation et gestion d'adduction d'eau potable.
- Production de l'eau potable.
- Distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales.
- Gestion de l'assainissement liquide pour le compte des C.L.
- Contrôle de la qualité des eaux.

« Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable –Branche Eau-»

## **Chapitre II :**

# **Présentation de la zone d'étude**

La région d'Essaouira en général et celle de Tamarar en particulier, accusent des déficits chroniques en eau potable du fait que la pluviométrie moyenne annuelle est très faible. En plus les ressources en eau souterraines demeurent insuffisantes compte tenu du tarissement des nappes et de la rareté de leur alimentation qui ne se réalise qu'en cas de fortes précipitations.

Le centre de Tamarar constitue un pôle économique régional de part sa situation sur l'axe routier Essaouira-Agadir, et de l'évolution croissante qu'a connue sa population pour atteindre près de 10.000 habitants à l'horizon 2020. La promotion socio-économique de ce centre est étroitement liée à la satisfaction des besoins en eau de sa population. Afin de remédier aux problèmes sus-mentionnés, la décision de réalisation du barrage de Sidi M'hamed Ben Slimane Eljazouli (Igouzoulen), faisant partie du bassin versant de Igouzoulen, a fait partie de la stratégie de la région de la province d'Essaouira.

## I. Données générales sur barrage igouzoulen :



**Photo 1 :** L'aval du barrage Igouzoulen

L'aménagement du barrage Sidi M'hamed Ben Slimane Eljazouli est situé au sud d'Essaouira, sur l'oued IGOUZOULEN juste quelques kilomètres avant son embouchure. Le site du barrage est accessible à partir de la ville d'Essaouira en empruntant la RP 8 dans la direction d'Agadir sur 60 Kilomètres environ.

Le but de l'aménagement est d'assurer l'alimentation en eau potable du centre Tamarar jusqu'à l'horizon 2020, et accessoirement l'irrigation.

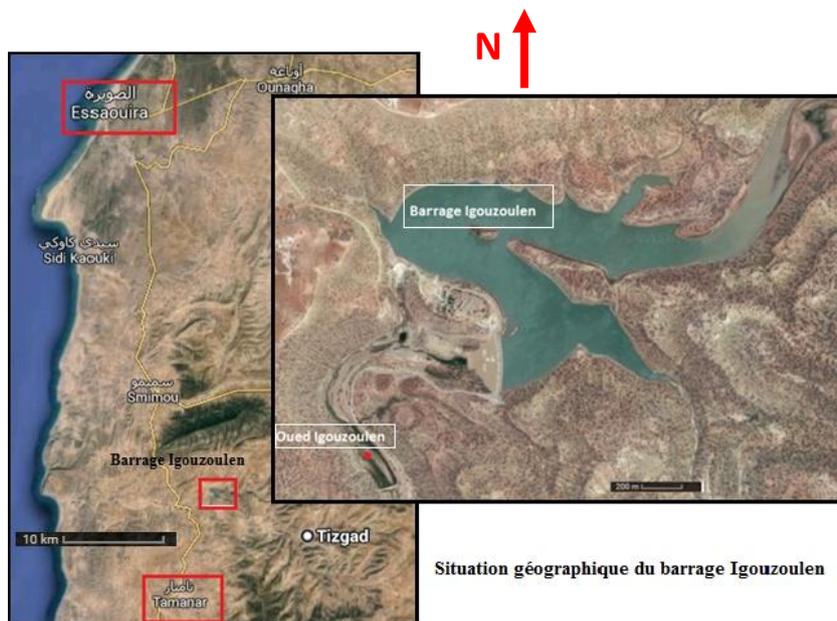


Figure 6 : Situation géographique du barrage Igouzoulen

Le barrage comprend une digue à noyau limoneux et recharges en alluvions grossières permettant de créer une retenue de  $17 \text{ Mm}^3$ , avec volume régularisé de  $7 \text{ Mm}^3$ . La hauteur maximale sur fondation de la digue est de 61.00 m.

### I-1- Géologie du site

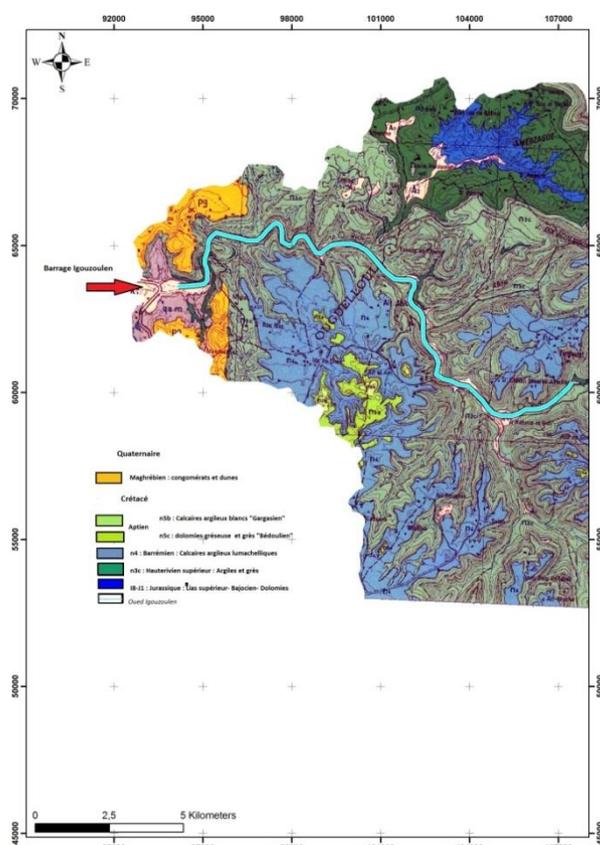


Figure 7 : Carte géologique de bassin Igouzoulen

La zone du site s'inscrit dans des formations calcaires en bancs avec joints marneux à stratification

horizontale. En fait le substratum de fondation du barrage peut être décrit brièvement comme suit :

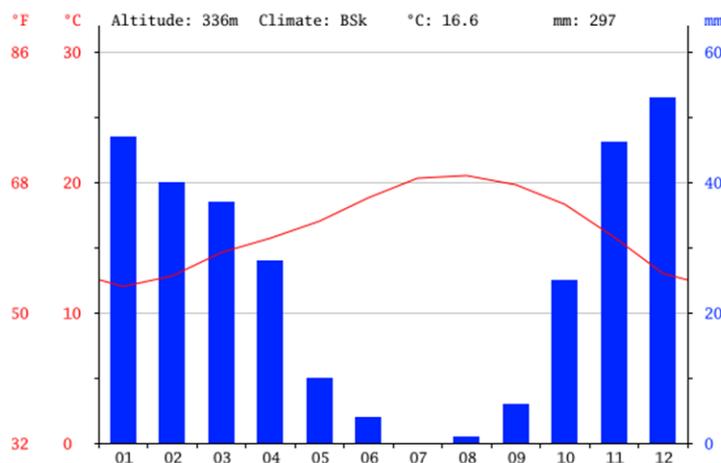
- **Zone de l'assise du barrage :** La structure lithologique des terrains de fondations est constituées d'une succession subhorizontale d'horizon marne-argileux et d'horizon calcaires perméables, du gypse primaire interstratifié et secondaire dont les fissures et les fractures affectent les niveaux les plus rigides.
- **Zone au large de la rive droite :** tout au long de la colline au large de la rive droite, entre le barrage et l'évacuateur de crues, le substratum est constitué d'horizon très perméables correspondants aux niveaux calcaires intercalés à différentes hauteurs, depuis la cote de la retenue normale jusqu'au niveau de l'oued, au sein des niveaux pélitiques relativement moins perméables.

«Compte rendu de la visite d'inspection du barrage Sidi M'hamed Ben Slimane Jazouli de 24/06/2011»

## I-2- -Climat de la zone d'étude :

Le climat régnant sur notre zone d'étude est de type semi-aride à influence océanique près des côtes.

La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type BSk. la température moyenne annuelle à Tamarar est de 17.3 °C , elle présente une variation remarquable dans le temps.



**Figure 8 :** Courbe des variations moyennes de la température et des précipitations au niveau de la zone d'étude

- ✓ Le régime pluviométrique est caractérisé par la succession de deux périodes : la première sèche s'étend de mai à septembre, et la seconde humide du mois d'octobre au mois d'avril au cours de laquelle ont lieu plus de 90% de précipitations, la moyenne annuelle des précipitations est de 283mm.
- ✓ Les températures moyennes mensuelles varient entre 12,5°C et 20,5°C, les mois les plus chauds sont généralement Juillet et Août (20,5°C), et le mois le plus froid est Janvier (12,5°C).

### **I-3- Hydrologie du site :**

- Bassin versant : Superficie de 403 km<sup>2</sup>
- Apport moyen : 17 Mm<sup>3</sup>
- Envasement : 35000 m<sup>3</sup>/an

### **I-4- Caractéristiques principales de la retenue**

- Cote du font du lit de l'oued : 194.50 NGM
- Altitude de la retenue normale : 244.50 NGM
- Aire de la retenue au niveau normal : 104 ha
- Capacité à retenue normale : 17 Mm<sup>3</sup>
- Niveau des PHE : 247.73 NGM
- Aire de la retenue au niveau des PHE : 119 ha
- Capacité au niveau des PHE : 21 Mm<sup>3</sup>
- Volume régularisé : 7 Mm<sup>3</sup>
- Année de mise en service : 2004
- Coût de Réalisation : 270 millions de dirhams.

## **II. bassin versant Igouzoulen :**

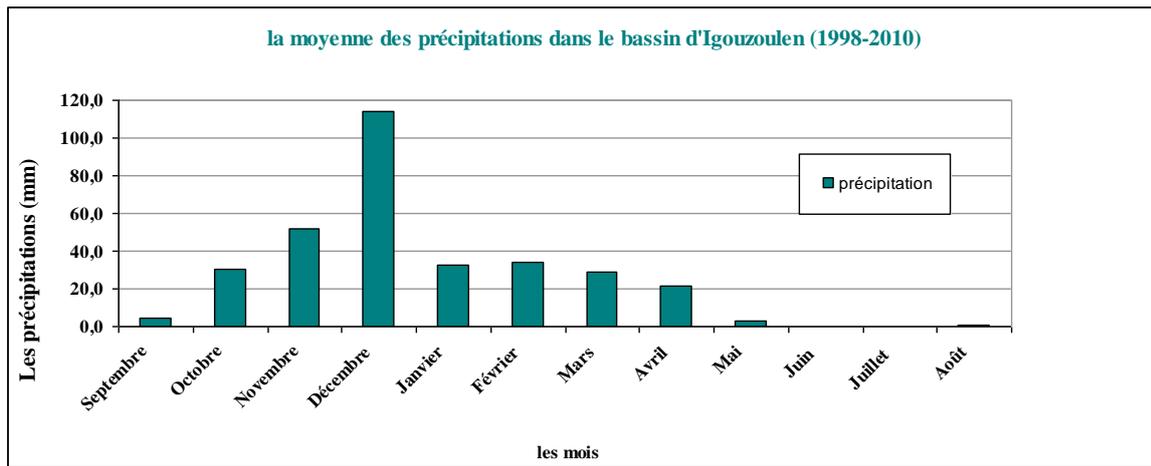
le bassin versant Igouzoulen fait partie du grand bassin de Tensift, il s'étend sur une superficie d'ordre 383Km<sup>2</sup>, son apport annuel est d'environ 1,5 l/s/Km<sup>2</sup>.

L'activité économique est essentiellement basée sur l'agriculture traditionnelle, l'élevage, le tourisme et l'artisanat. ([www.eau-tensift.com](http://www.eau-tensift.com))

### ➤ **Pluviométrie :**

Pendant la période 1998-2010 des précipitations moyennes de 0 mm font des mois de Juillet et de Juin les mois les plus secs. Avec une moyenne de 113 mm, le mois de Décembre enregistre le plus haut taux de précipitations de ce fait c'est le moi le plus humide.

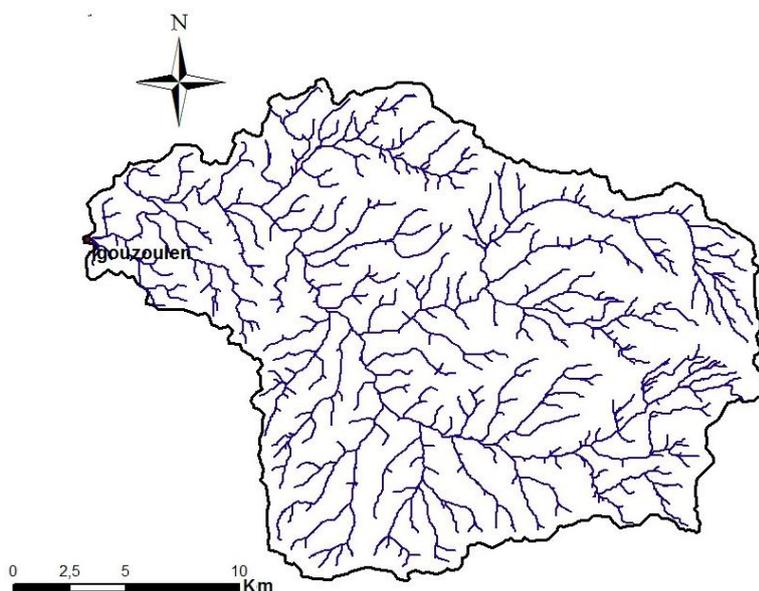
« Agence du Bassin Hydraulique du Tensift »



**Figure 5 :** Histogramme des précipitations moyennes dans le bassin d'Igouzoulen (1998-2010) d'après ABht

➤ **Cadre hydrologique :**

Le réseau hydrographique est constitué d'un ensemble des Oueds, qui débouchent dans l'Oued principal appelé Oued Igouzoulen. Ce dernier orienté vers le Sud-est d'Essaouira, Joue un rôle de collecteur des eaux de surfaces. il a également un rôle primordial dans l'alimentation du centre Tamarar et des villages voisins en eau potable et dans l'irrigation des terrains agricoles via un canal principal auquel sont connectés différents canaux et Seguia.( figure.4 ci-dessous)



**Figure 4 :** Réseau hydrographique du bassin versant du Igouzoulen

## **Chapitre III :**

# **Procédés de traitement de l'eau potable au niveau de la station de traitement Tamanar**

## **I- Description de la station**

Le centre de Tamanar est situé sur la route nationale 1 à 69 Km au Sud d'Essaouira et à 105 Km au Nord d'Agadir. Son alimentation en eau potable était assurée par deux puits ( les puits n° IRE 161/51 et 163/51 ) et un forage (le n°IRE 408/51) .Ces ressources , situé à environ 12Km au Nord de Tamanar , sont devenus insuffisantes

Le centre de Tamanar connaît alors une pénurie d'eau et Le déficit en eau se fait déjà ressentir. De ce fait , l'O.N.E.E ( branche EAU ) envisage d'alimenter en eau le centre ainsi que 57 douars avoisinants , à partir du barrage Igouzoulen.

Le débit d'eau traitée nécessaire pour satisfaire à long terme les besoins en eau de centre et des douars avoisinants et de 35 l/s, ce traitement est assuré aujourd'hui par la station de l'ONEE –Branche Eau- située à l'aval du barrage et qui est extensible dans le futur

« Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable –Branche Eau- »

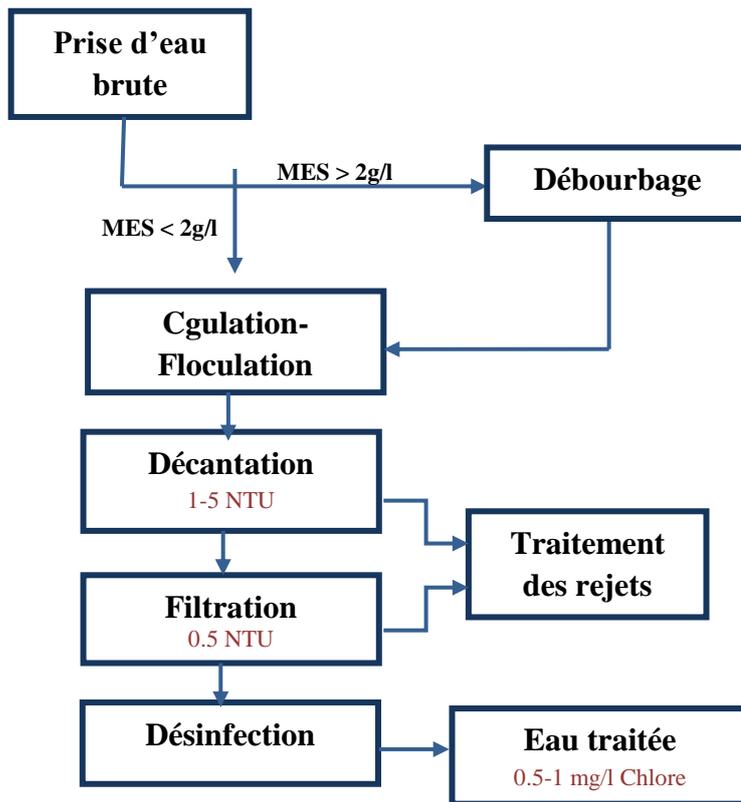


**Figure 9** : Photo satellitaire de la station



**Photo 2** : Les ouvrages de la station

## II- Phases de traitement des eaux destinées à la consommation humaine :



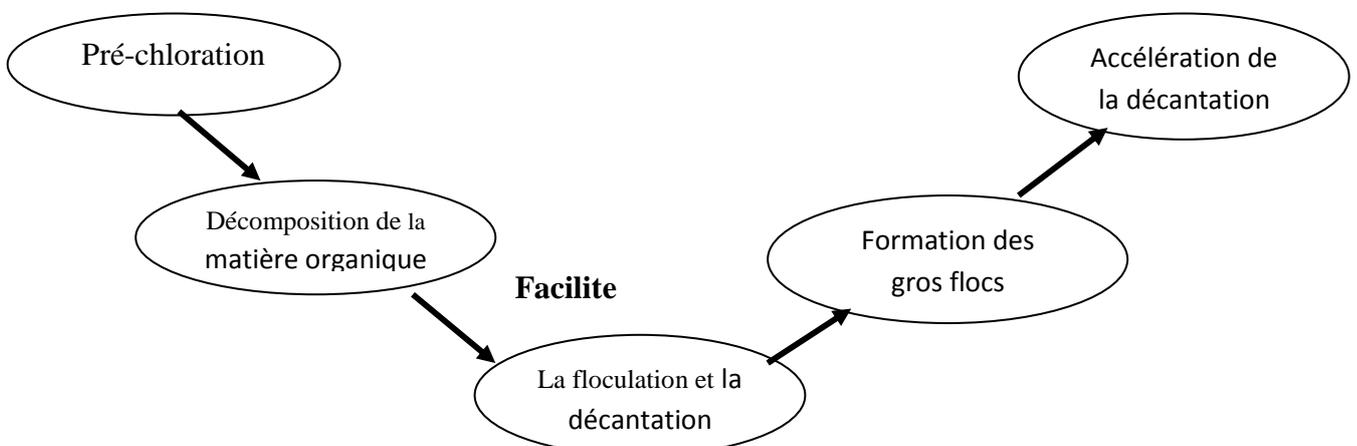
**Figure 10 :** Les différentes phases de traitement des eaux

Dans la nature, l'eau n'est pas forcément toujours potable d'où la nécessité d'un traitement physico-chimique pour avoir une eau potable selon les normes de qualités fixées par l'OMS . Au Maroc, l'office national de l'électricité et de l'eau potable –Branche Eau- assure le traitement et le contrôle de l'eau depuis la source jusqu'aux consommateurs.

### 1- Prétraitement

#### I-1-1 Pré-chloration :

**Principe :** Cette étape se fait au niveau de l'ouvrage d'arrivée à l'aide de l'injection du chlore pour la destruction des matières organiques contenu dans les eaux brutes.



**Figure 11 :** Schéma résultant l'effet de la pré-chloration sur les différentes étapes du traitement

La pré-chloration répond à de nombreux objectifs et présente de nombreux avantages notamment

- ✓ Une oxydation du Fer et du Manganèse, de nitrates en nitrites, les matières organiques et les microorganismes (plancton et bactéries) qui sont susceptibles de se développer dans les différents ouvrages de traitement
- ✓ Une décoloration de l'eau,
- ✓ Une amélioration de la décantation à travers la décomposition de la matière organique
- ✓ Un Empêchement de la prolifération des algues et des micelles sur la partie des bassins et permet leur élimination par coagulation-floculation.....

Cependant, La réaction du chlore avec certains produits présents dans l'eau provoque la formation de composés complexes appelés Trihalométhanes (THM). Ces produits ne sont pas enlevés par la filière conventionnelle coagulation - floculation - décantation - filtration - désinfection - ces composés sont cancérigènes et ne devraient pas se trouver dans une eau de consommation avec des concentrations supérieures à (60 à 200 µg/l) selon le type de la substance (Bromodichlorométhane, bromoforme, chloroforme, ...)

### II-1-2 Débourage :



Photo 3 : Débourbeur

#### Caractéristiques :

- Nombre : 2
- Volume : 238 m<sup>3</sup>
- Profondeur : 5 m
- Surface lamellée : 47 m<sup>2</sup>

#### Description :

Il existe une limite supérieure de la teneur en matières en suspension, généralement de 2g/l, au-delà de laquelle il est indispensable de prévoir en amont de l'étape de clarification, le débourage. Il s'agit d'une pré-décantation des MES (matières en suspension) afin d'éviter d'engorger les ouvrages de station de pompage et de traitement par la boue. Son objectif est la dégradation des matières en suspension lourdes (traitement physique).

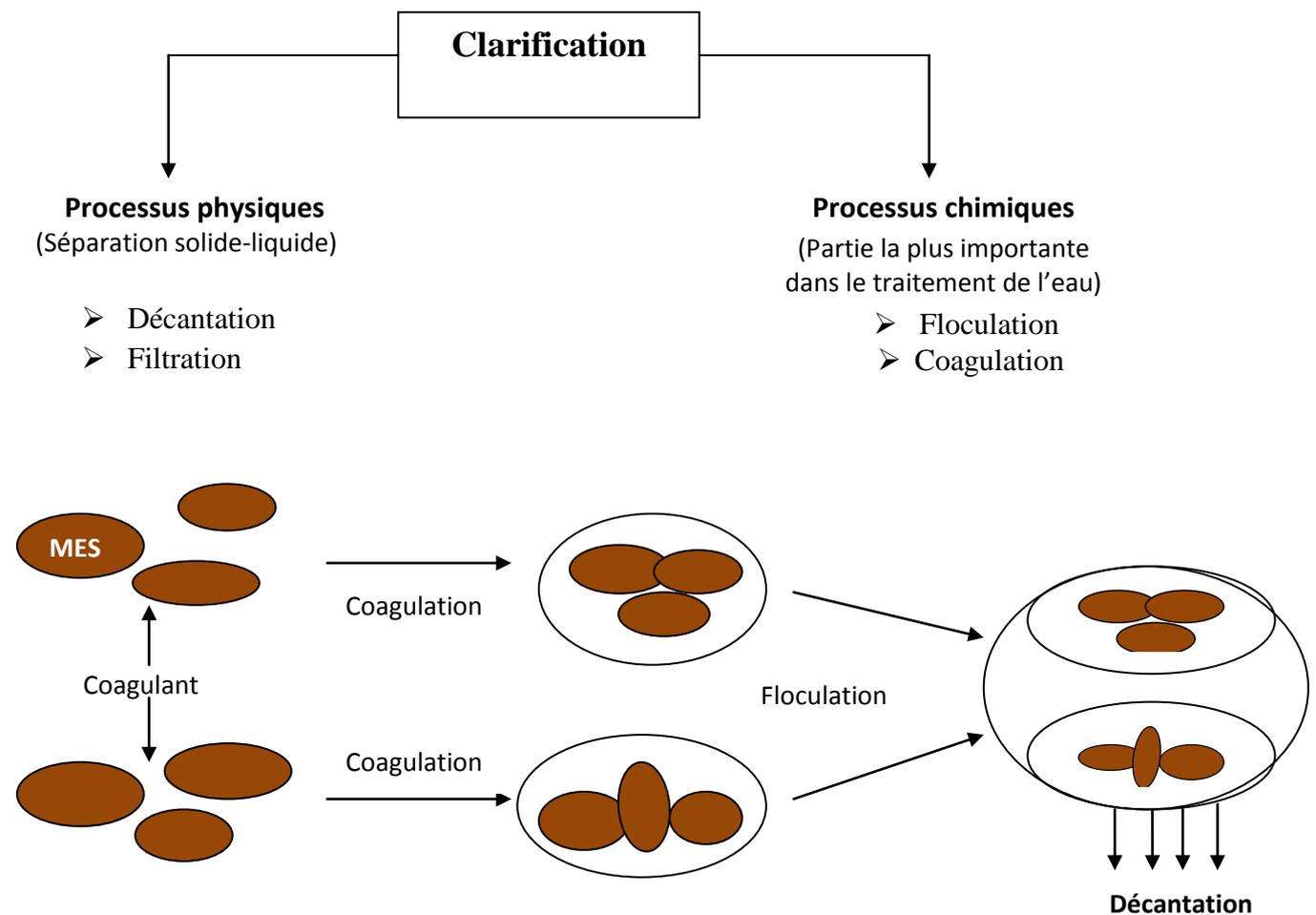
**Principe :** Grace à la pesanteur, il y aura une décantation des MES et élimination de ces dernières par vidange, mais en cas où la qualité de l'eau à traitée est meilleur (MES < 2g/l) on peut éviter l'étape de débourbeur (by-pass vers l'étape de clarification). Les deux débourbeurs sont équipés par des raclettes qui vont amener la boue vers la partie centrale afin de l'évacuer par vidange. La fréquence du vidange dépend de la qualité de l'eau débourbée (plus l'eau débourbée présente une forte turbidité, plus on est obligé d'évacuer).

**Remarque :** A ce stade, il y a la possibilité d'injecter le chlore à partir de la chambre de chloration, et les sulfates d'alumines, pompés dans les conduites par les pompes doseuses situées dans la chambre des réactifs, selon la nature de l'eau à traiter. Il y a aussi la possibilité d'injecter l'acide sulfurique pour corriger le pH, la chaux et le charbon actif en cas de besoin.

## 2- Clarification :

La clarification permet l'élimination des particules en suspension, C'est au cours de cette étape que sont extraits de l'eau brute les matières colloïdales, principal responsable de la turbidité de l'eau.

Dans sa forme la plus complète, la clarification fait appel à deux types de processus



**Figure 12 :** Schéma résumant l'étape de clarification

### II-2-1 Processus chimiques :

## ➤ Coagulation :

### Description :



**Photo 4 :** La phase chimiques du traitement

Les particules colloïdales ont une densité proche à celle de l'eau, elles possèdent la propriété de se maintenir en équilibre au sein de l'eau sous l'effet de la force électrostatique de répulsion ce qui rend leur séparation de l'eau difficile par le procédé physique (la pesanteur).

Pour éliminer ces particules, on introduit dans l'eau des réactifs chimiques ( sulfate d'alumine ) appelées coagulants dont l'hydrolyse conduit à la déstabilisation des colloïdes et à la formation de précipites insolubles



**Photo5 :** sulfate d'alumine en grains

**Principe :** Dans une eau de surface, les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative située à leur surface. Ces charges, attirent les ions positifs des sulfates d'alumines qui sont en solution dans l'eau ce qui donne une agglomération de la MES pour former des floccs qui vont se sédimenter grâce à la pesanteur.



**Figure 13 :** Schéma résumant le principe de la phase chimique du traitement

**N.B :**  $Al_3SO_4$  réagit à  $pH=7,4$  pour un  $pH$  plus ou moins loin de cette valeur,  $Al_3SO_4$  est incapable de réagir efficacement .

## ➤ Floculation :



**Photo 6 :** Poly-electrolyte en grains

La floculation aura pour but d'accroître le volume et le poids du flocc formé.

**Principe :** A ce stade il y a l'injection de poly-électrolyte, c'est un acide floculant qui réagit par le phénomène de pontage. La ramification importante de la molécule de poly-électrolytes permet de piéger la MES pour former des floccs assez dense qui vont se décanter facilement.



**Remarque :** Les doses introduites du flocculant sont assez faibles et très inférieure à celles du coagulant (<1%) et c'est par essai de floculation que l'on déterminera le plus sûrement la dose optimale, cet essai est appelé Jar Test et il reste la méthode la plus utilisée en laboratoire qui reproduit à petite échelle l'ensemble des processus de coagulation floculation, de décantation et de filtration.

A ce stade (coagulation-floculation) il y a aussi la possibilité d'injecter d'autres réactif :

- ✓ **Lait de chaux :** C'est une base pour corriger le pH et le ramener vers pH=7,4 (le pH dans notre cas est souvent proche de cette valeur sans utilisation des chaux).
- ✓ **Chloration :** Le chlore ( $\text{Cl}_2$ ) est un oxydant fort pour oxyder le Fer , le Manganèse et diminuer la charge bactérienne .
- ✓ **Charbon actif :** C'est un absorbant qui permet la décoloration de l'eau et l'élimination des mauvaises odeurs (il est rarement utilisé)



**N.B. :** Le mélange entre les réactifs et l'eau est assuré par un mélangeur rapide afin d'augmenter la surface de contact entre les deux.

## II-2-2 Processus physiques :

Une fois le floc formé, il faut réaliser la séparation solide-liquide qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues (particules colloïdales initiales + floc) de l'autre coté.

### ➤ Décantation :



Photo 8 : Décanteurs

Photo 9 : Lamelles inclinées du décanteur

**Description :** Les décanteurs sont constitués par des lamelles inclinées de 45° où la vitesse des floccs s'amortit et ces derniers subissent une décantation. Qui dit décantation dit un élimination de boue.

**Principe :** La décantation est l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle du liquide. Cette étape se fait au niveau des décanteurs avec la mise en jeu d'une agitation très lente afin de favoriser la formation et la décantation des bons floccs au niveau de la partie centrale. Ce qui aide à la décantation, c'est que chaque décanteur est constitué par des lamelles inclinées de 45° où la vitesse des floccs s'amortit et ces derniers subissent une décantation. Qui dit décantation dit une élimination de boue.

Après un temps de décantation les particules décantées doivent être purgées. les purges du décanteur sont réglées automatiquement de sorte à ce qu'elles puissent se vidanger régulièrement.

### Evacuation de la boue



**Photo 10 :** Lits de séchage



**Photo 11:** Epaisseuriseur

L'élimination de boue et de MES est une manière classique de traitement qui se base sur la décantation de la boue..

Tous les rejets sont renvoyés vers la station d'épaississement pour regagner le maximum de l'eau qui est renvoyée à son rôle vers l'amont de la station pour qu'elle soit traitée à nouveau. La boue concentrée obtenue au niveau d'épaississeur est renvoyées vers les lits de séchage où elle sèchera naturellement. Il y a un projet d'étude en cours pour valoriser cette boue (céramique, poterie...)

### ➤ **Filtration :**

**Description :** La filtration sur le lit de sable est efficace, simple et peu coûteuse. C'est pour cela qu'elle est utilisée dans la station de traitement.

C'est un procédé de séparation solide-liquide de finition. L'eau clarifiée, provenant des décanteurs, est ensuite filtrée sur des filtres à sables pour éliminer les floccs mal formés.



**Photo 12 :** Filtres à sable

**Principe :** Cette étape a pour rôle de récupérer les fins floccs qui échappent à la décantation ainsi on réalise un écoulement d'eau décantée à travers une épaisse couche de sable (1m) de granulométrie 0.95 mm.

Les floccs mal formés seront piégés par les pores existant entre les grains du sable, ainsi l'eau devient homogène et plus claire à la sortie des filtres.

**Lavage des filtres :** Le lavage du sable est effectué après chaque 32h d'utilisation avec un système de pompe qui souffle de l'air au-dessous du sable pour le mettre en suspension et le laver ensuite par l'eau.

### 3- Désinfection :

La désinfection est la dernière étape de traitement, elle a pour objectif de détruire tous les organismes pathogènes à la sortie de la station

**Description :** Le chlore est susceptible de réagir avec un certain nombre de composés oxydables encore présents dans l'eau à ce stade de traitement.

**Principe :** La désinfection se fait par injection d'eau chlorée à la sortie des filtres pour maintenir un résiduel bactériologique sur tout le réseau de distribution afin d'éviter toute dégradation de la qualité de l'eau par prolifération de micro-organisme et garantir une eau bactériologiquement potable.

L'efficacité de ce traitement dépend de plusieurs facteurs dont :

- ✓ Le pouvoir létal de désinfectant considéré, en général, le chlore,
- ✓ Le temps de contact réel du réactif avec l'eau à traiter
- ✓ Les conditions physico-chimiques ambiantes (pH, température, turbidité,...)
- ✓ La qualité des traitements en amont

Le point à respecter pour obtenir une bonne fiabilité :

Une parfaite filtration des matières en suspension d'une part, parce que de nombreux germes se fixent sur les matières en suspension, et d'autre part, parce que le moyen le plus efficace d'éliminer certains micro-organismes pathogènes reste la filtration

### 4- Stockage de l'eau potable :

L'ONEE (branche EAU) assure le stockage et la distribution de l'eau potable. Le stockage de l'eau traitée par la station dans des grands réservoirs étanche en bétons armés. On ajoute du chlore pour maintenir sa qualité durant le stockage et lors de sa distribution.

## **Chapitre IV :**

# **Analyses et interprétations des résultats**

Le traitement d'une eau brute après son captage, dépend de sa qualité et de ses constituants, ce sont des critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié. Après l'exécution de ce contrôle, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

« Philippe Hubert, Directeur des risques chroniques à l'INERIS. © Futura-Sciences »

Après une procédure de traitement des eaux, un contrôle de qualité est nécessaire afin de vérifier si les paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondent aux normes de la consommation humaine. C'est pourquoi l'eau traitée est soumise à deux types d'analyses:

- Analyses physico-chimiques.
- Analyses bactériologiques.

## I. Présentation de Laboratoire

### ❖ Description de laboratoire

Le laboratoire constitue l'unité de contrôle de la qualité des eaux au niveau de la station, où s'effectuent les essais de traitement, les analyses physico-chimiques et bactériologiques sur des échantillons pris des différents points de la station de traitement. (Notice, 1979).

Ce laboratoire constitué de :



**Photo 13 et 14 :** Salle des analyses bactériologiques



**Figure 15 :** Salle de laverie



**Photo 16 :** Salle des analyses physico-chimiques

## ❖ Equipement

L'équipement de laboratoire désigne les divers outils utilisés par les scientifiques qui travaillent en laboratoire. Cela comprend aussi des appareils et des microscopes que des équipements spécialisés. L'équipement de laboratoire est en général utilisé, soit pour réaliser une manipulation, ou expérience, soit pour effectuer des mesures et rassembler des données.

## ❖ Echantillonnage

Une analyse d'eau se fait sur un prélèvement qui doit être entouré de soins suffisants pour que l'échantillon représente bien celle à tester. Au moment du prélèvement, l'eau ne doit pas être mise en contact avec l'air, surtout celle destinée à l'analyse bactériologique qui est mise dans des flacons stérilisés. D'ailleurs, il faut choisir un point de prélèvement qui montre un bon mélange de matières, surtout lorsqu'on constate la présence des éléments indésirables. En général, le prélèvement se fait à la main pour sa simplicité.

## II. Normes de qualité de l'eau

L'eau devra être agréable au goût, dépourvue d'odeur désagréable, limpide et dépourvue également de toutes substances chimique, physique et bactériologique qui peuvent porter problèmes à la santé de consommateur.

Selon la norme marocaine, les valeurs mesurées des paramètres de qualité de l'eau ne doivent pas être supérieurs aux VMA (Valeurs Maximales Admissibles).

### 1- Paramètres physico-chimiques

Tableau 1 : Nomes des facteurs physico-chimiques

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Odeur	Seuil de perception à 25°C	3	
Saveur	Seuil de perception à 25°C	3	
Couleur réelle	Unité Pt mg/l	20	
Turbidité	Unité de turbidité néphélobométrique	5	Turbidité médiane $\leq 1$ NTU et Turbidité de l'échantillon $\leq 5$ NTU

	(NTU)		
Température	°C	Acceptable	
Potentiel hydrogène	Unités pH	6,5 < pH < 8,5	Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence <8
Conductivité	µS/cm à 20 °C	2700	
Chlorures	Cl : mg/l	750	
Sulfates	SO4 : mg/l	400	
Oxygène dissous	O2 : mgO2/l	5 ≤ O <sub>2</sub> ≤ 8	
Aluminium	Al : mg/l	0,2	
Ammonium	NH4 : mg/l	0,5	
Oxydabilité au KMnO4	O2 : mgO2/l	5	La valeur de 2 mg O2/l doit être respectée au départ des installations de traitement
Hydrogène sulfuré		Non détectable organoleptiquement	
Fer	Fe : mg/l	0,3	
Zinc	Zn : mg/l	3	

Les paramètres physico-chimiques analysés permettent de s'assurer si l'eau distribuée est dans les normes de potabilité ou non.

## 2- Paramètres bactériologiques

Tableau 2 : Normes des facteurs bactériologiques

PARAMETRES	VMA	COMMENTAIRES
Escherichia coli	0/100 ml	Les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0,1 et 1 mg/l à la distribution 0,5 à 1,0 mg/l à la production
Entérocoques intestinaux	0/100 ml	
Coliformes	0/100 ml	-Pas de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois -Pas de résultat positifs dans deux échantillons consécutifs
Micro-organismes revivifiables à 22 °C et 37 °C	20/1 ml à 37 °C 100/1 ml à 22 °C	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

Les analyses bactériologiques permettent de s'assurer des dangers de l'eau distribuée sur la santé du consommateur.

### 3- Substance minérales :

Tableau 3 : Normes des facteurs min2rales

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTAT	VMA	COMMENTAIRES
Nitrites	NO <sub>2</sub> : mg/l	0,5	Somme des rapports : (NO <sub>3</sub> /50 + (NO <sub>2</sub> )/3 ne doit pas dépasser 1. 0,1 mg/l de NO <sub>2</sub> doit être respectée au départ des installations de traitement
Nitrates	NO <sub>3</sub> : mg/l	50	
Manganèse	Mn : mg/l	0,5	Plaintes du consommateur à partir de 0,1 mg/l
Cuivre	Cu : mg/l	2	Plaintes du consommateur à partir de 1 mg/l
Bore	B : mg/l	0,3	
Fluorures	F : mg/l	15	
Cadmium	Cd : µg/l	3	

La richesse de l'eau en substances minérales selon VMA permettent d'éviter les plaintes du consommateur.

Normes marocaines NM 03.7.001 Elaborée par le comité technique de normalisation des eaux d'alimentation humaine / Editée et diffusée par le Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)

### III. Méthodologie de travail

#### 1- Méthodes d'analyses Physico-chimiques :

##### III-1-1- Température

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociation. Elle agit aussi sur la conductivité électrique, le pH, elle permet la connaissance de l'origine des eaux souterraines ainsi que les éventuels mélanges.

La mesure de la température peut être effectuée soit par un thermomètre à mercure gradué ou l'aide d'un pH-mètre. Elle est exprimée en degré Celsius (°C).

### III-1-2- Potentiel d'Hydrogène (pH)



**Photo 17 :** PH-mètre

**Définition :** Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline et il est en fonction de l'activité des ions hydrogène  $H^+$  présents dans cette eau.

C'est un facteur important dans le traitement de l'eau car certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH spécifique pour être efficaces; par exemple, les réactions mettant en jeu le chlore, n'ont lieu que pour des pH de l'ordre de 6.5 à 8

Le pH est mesuré par un PH-mètre sur une échelle de 0 à 14 après l'étalonnage par des solutions standard à pH bien déterminé. Il est exprimé en unité de pH.

### III-1-3- Conductivité



**Figure 18 :** conductivimètre

**Définition :** La conductivité est la mesure de l'aptitude d'une solution à transporter le courant électrique. En effet, en se dissolvant, les sels se dissocient en paires d'ions (anions et cations) qui autorisent le passage du courant électrique. Elle représente ainsi l'image de la minéralisation globale d'une solution aqueuse.

**Principe :** La conductivité électrique d'une eau est la conductance (inverse de la résistance) d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques. Elle dépend de la température, de la mobilité, et de la concentration en ions dissous (Plus la solution est minéralisée, plus il y a d'ions en solution et plus la conductivité sera élevée)

L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m), mais dans le cas de l'eau on utilise généralement le micro siemens par centimètre ( $\mu S/cm$ ). La mesure se fait par un conductivimètre.

### III-1-4- Turbidité :



**Définition :** La turbidité est un paramètre organoleptique qui désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle varie suivant des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière, et dans les eaux eutrophes, il peut même s'agir de bactéries et de micro-algues.

**Figure 19 :** Turbidimètre

**Principe :** La méthode néphélométrie est basée sur la comparaison de la lumière dispersée par les particules en suspension (argile, plancton, microorganismes, etc...) présentes dans l'échantillon (ou l'effet Tyndall) à celle d'un étalon de référence dans les mêmes conditions. Elle est mesurée par un turbidimètre et exprimée en NTU.

#### **Mode opératoire :**

- ✓ Remplir une cuve de mesure propre avec l'échantillon.
- ✓ S'assurer l'absence des bulles d'air avant la mesure.
- ✓ Eviter de toucher les cuves aux points où elles sont traversées par la lumière.
- ✓ Lire la valeur de la turbidité par le turbidimètre.

Les résultats de la mesure au niveau de décanteurs est en général inférieur à 5 NTU. Et pour l'eau traitée et les filtres il doit être inférieur à 0,5 NTU.

### III-1-5- Détermination de la matière en suspension

**Définition :** Ce sont des particules solides très fines généralement visibles à l'œil nu . Elles déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière. Ces particules en suspension proviennent des terres, de la dissolution de substances minérales et de décomposition des substances organiques.

**Principe :** L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesés différentielles.

**Mode opératoire :** Pour déterminer la MES contenue dans l'eau brute, on choisit le volume V de l'échantillon à filtrer. On filtre à travers une membrane filtrante de 45µm et on dépose la membrane dans une étuve à 105° pendant 15 min pour éliminer toute l'humidité.

**Expression des résultats :** On détermine la MES en rapportant le poids mesuré soustrait au poids initial de la membrane à un volume de 1L et ainsi on obtient la charge de l'eau testée en g/L. Soit p' le poids final en mg et V le volume de l'échantillon filtré en mg . On a :

$$MES = \frac{(P - P') * 1000}{V}$$

### III-1-5- Chlore résiduel



**Photo 20** : Comparateur

#### **Définition :**

**Chlore résiduel libre :** le chlore est ,suivant la valeur du pH, sous forme d'acide hypochlorite ou hypochloreux ou les deux à la fois. Le chlore résiduel peut être sous la forme de  $Cl_2O$  quand ce dernier est utilisé pour la désinfection.

**Chlore totale :** c'est la somme du chlore libre et chlore sous forme de chlora-mine.

**Le DPD n°1 (Diéthyl-Para-Phénylénédiamine)** est un indicateur d'oxydoréduction, il donne en présence du chlore total une coloration rose-rouge susceptible de déterminer la teneur du chlore résiduel.

**Principe :** Le chlore ajouté à l'eau brute réagit avec les matières organiques et les autres substances qui détruisent son pouvoir désinfectant.

**Expression des résultats :** La quantité de chlore dans l'eau à traitée est exprimée en mg/l. Elle est mesurée par un comparateur à disque, en utilisant D.P.D comme indicateur..

Cette teneur ne doit pas être inférieure à 1 mg/l.

#### **Mode opératoire :**

Dans une cuve, on introduit 10 ml d'eau à analyser en ajoutant le DPD. On agite la cuve et à l'aide d'un comparateur on détermine directement la teneur de l'eau en chlore.



**Photo 21** : Mesure in-situ du chlore résiduel

### III-1-6- Oxydabilité



**Photo 22 :** Titrage par  $\text{KMnO}_4$

En milieu acide, ce paramètre reflète la teneur en matière organique dont la présence dans l'eau provoque la prolifération des micro-organismes qui peuvent être pathogènes, donc sa détermination est indispensable dans la surveillance de la qualité des eaux.

**Principe :** L'oxydabilité est mesurée par la quantité d'oxygène empruntée au permanganate de potassium dans des conditions bien précises (à chaud en milieu acide).

#### **Mode opératoire :**

- Mesurer 100 ml de l'eau à essayer et les mettre dans un ballon rodé ou dans un Erlenmeyer rodé qui ne doit servir qu'à cet usage.
- Ajouter 2ml d'acide sulfurique concentré puis 10 ml de  $\text{KMnO}_4$ .
- Placer le récipient rodé dans un bain marie à  $100^\circ\text{C}$  de façon que la surface du liquide dans le récipient soit inférieure à la surface de l'eau dans le bain marie.
- Maintenir le récipient dans le bain marie pendant 13 min.
- Retirer le récipient du bain marie et ajouter 10 ml de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (N/100).
- Le liquide doit se décolorer rapidement et complètement. Titrer ensuite en retour par  $\text{KMnO}_4/100$  jusqu'à l'apparition d'une faible teinte rose.

#### **Expression des résultats :**

Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène consommé par litre. La formule de calcul étant :

$$\text{Oxyd} = \frac{(a + b - c) * 8}{c}$$

Où :

a : est le volume de permanganate introduit au début

b : est le volume de permanganate ajouté jusqu'à virage au rose

c : est le volume de permanganate employé pour titrer 10 ml de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (N/100).

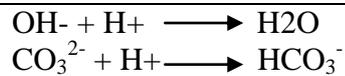
### III-1-7- Alcalinité

En général, l'alcalinité est due à la présence des ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$ , Bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  et Hydroxydes  $\text{OH}^-$ . Le Titre alcalimétrique s'exprime en degré français (°F)

➔ (1 degré français correspond à 10-4 mol/L soit 4 milligrammes de calcium ou 2,4 milligrammes de magnésium par litre d'eau).

#### a- Titre alcalimétrique :

**Principe :** Le T. A permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates et bases fortes présentes dans l'eau. Il correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et la transformation des ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  en bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$  en réagissant avec un acide fort. Cette analyse se fait en présence de phénolphtaléine qui vire de l'incolore au rose à un  $\text{pH} < 8,3$ .



#### **Mode opératoire :**

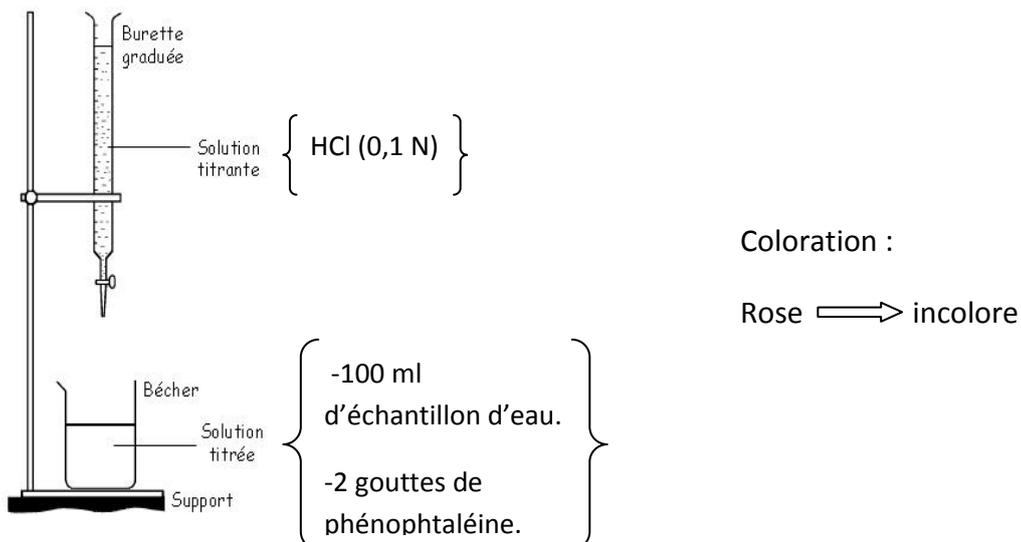
Dans un Erlenmeyer contenant 100 ml d'échantillon, on ajoute 3 gouttes de phénolphtaléine si le pH de l'échantillon est :

✓ **<8,3 : l'échantillon ne se colore pas en rose le TA=0**

On passe directement à la détermination du titre alcalimétrique complet.

✓ **>8,3 : l'échantillon est rose,**

le TA est déterminé par l'addition de l'acide chlorhydrique de 0,1 N.



**Figure 14 :** Schéma expérimentale pour le dosage TA

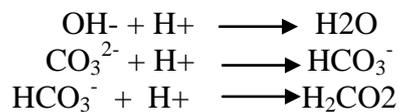
- Remplir la burette avec l'acide chlorhydrique décimormal (0,1N)
- Verser la solution d'acide goutte à goutte dans l'erenmyer , en ayant soin de l'agiter entre chaque addition , jusqu'à décoloration
- Noté le volume versé, soit en ml

$$\mathbf{TA= V1 ( en \text{ m}\acute{e}q/l \quad \quad \quad \mathbf{TA= V1*5 (en \text{ }^\circ\mathbf{F})}$$

- Puis procéder à la détermination du titre alcalimétrique complet

b- Titre alcalimétrique complet

**Principe :** Le TAC (titre alcalimétrique complet) est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes OH<sup>-</sup> , de carbonates CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et de bicarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> d'une eau à travers leur neutralisation par un acide fort



**Mode opératoire :**

On ajoute deux gouttes d'Hélianthine au contenu de l'Erlenmeyer ayant servi à la détermination du titre alcalimétrique (T.A) et il se produit une coloration jaune .

On titre à l'aide d'un acide chlorhydrique (HCl) goutte à goutte dans l'erenmeyer en ayant soin de l'agiter entre chaque addition, jusqu'au virage à jaune orangé de l'hélianthine.

On note le volume versé (tombée de burette), soit V2 ml

$$\mathbf{TAC = V2 \text{ en m}\acute{e}q/l}$$

$$\mathbf{TAC = V2 \times 5 \text{ en }^\circ\mathbf{F}$$

Vérifier que le titrage est terminé : en ajoutant une goutte d'acide 0,1 N le mélange doit virer au rose orangé. (Le terme 0,1 correspond au nombre de millilitres d'acide 0,1N nécessaire pour obtenir le virage d'hélianthine une fois le pH exact de neutralisation des hydrogénocarbonates atteint)

*N.B :* le TA et TAC se mesurent après détermination du pH de l'échantillon.

Ce tableau résume les valeurs des concentrations des différents anions en fonction du TA et TAC.

**III-1-8- Titre hydrotimétrique :**

**Définition :** Le **titre hydrotimétrique (T.H)**, ou **dureté** de l'eau est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium., ces ions sont responsables des dépôts de calcaire et de tartre dans les conduites de transport des eaux.

Les eaux peuvent être classées ainsi :

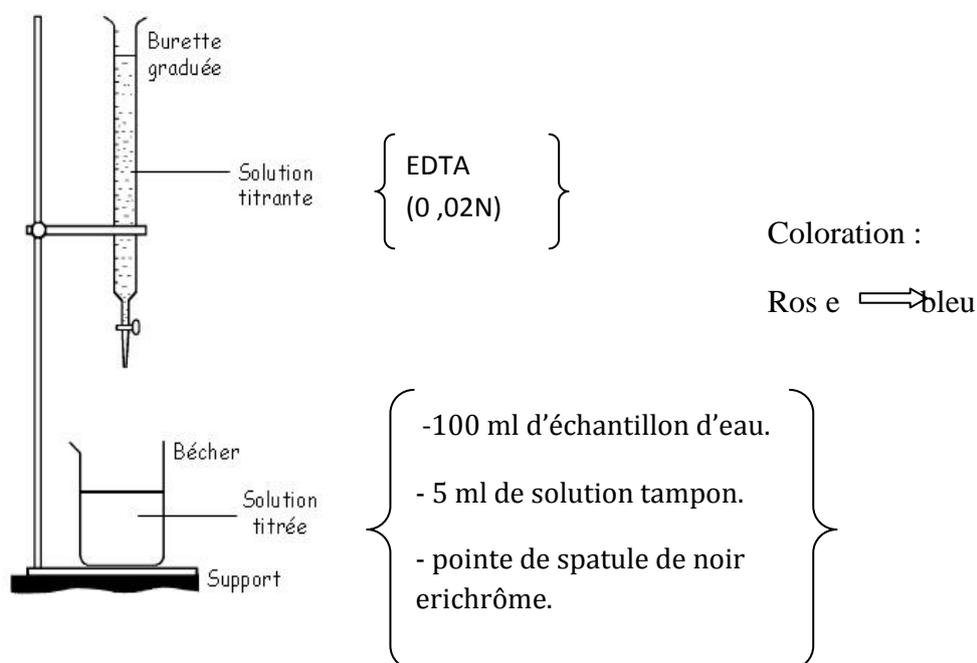
**Tableau 4 : Classification des eaux selon la dureté**

TH	Eau
$0^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 7^{\circ}\text{F}$	eaux douces
$7^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 14^{\circ}\text{F}$	eaux douces
$14^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 22^{\circ}\text{F}$	eaux moyennement dures
$20^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 32^{\circ}\text{F}$	eaux assez dure
$32^{\circ}\text{F} < \text{TH} < 42^{\circ}\text{F}$	eaux dures
$\text{TH} > 42^{\circ}\text{F}$	eaux très dures

**Mode opératoire :**

TH est effectué par complexométrie en utilisant EDTA (Acide Ethylène Diamine Tétra acétique).

On ajoute pour un échantillon de 100ml, 5 ml de solution tampon et une pointe de spatule d'indicateur (Noir Eriochrome) et on maintenu le titrage par EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu



**Figure 15 :** Schéma du montage expérimental pour le dosage de TH

$$\text{TH} = V1 * 0.4 (\text{en méq/l})$$

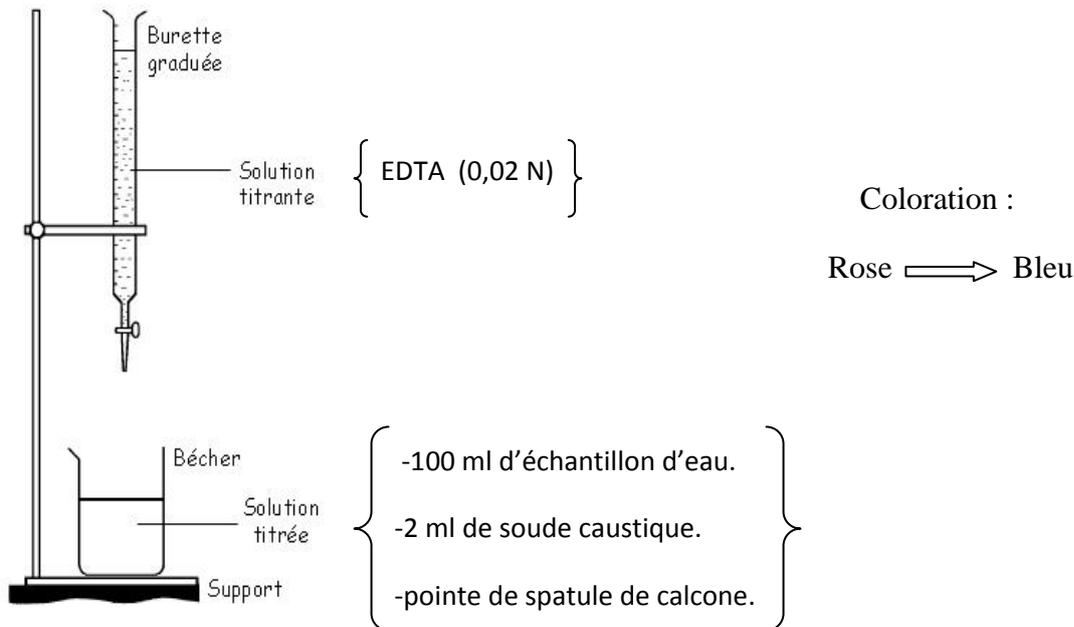
$$\text{TH} = V1 * 2 (\text{en } ^{\circ}\text{F})$$

### III-1-9- La dureté calcique (la concentration des ions Ca<sup>2+</sup>) :

Suivant la roche avec laquelle l'eau était en contact, les eaux de sources, souterraines et Superficielles contiennent des sels Ca<sup>2+</sup>. Le titrage se fait par EDTA

#### **Mode opératoire :**

A 100 ml d'eau à analysé, on ajoute 2 ml de la soude caustique, une petite pointe de spatule d'indicateur solide (calcone) et titrer par la solution complexométrique jusqu'au virage du rose au bleu



**Figure 16 :** Schéma du montage expérimental pour le dosage du calcium

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_1 * 8 \text{ mg de Ca}^{2+}/l$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_1 * 0.4 (\text{en méq/l})$$

### III-10- La dureté magnésienne :

Ils sont déduits par un calcul direct entre la dureté et les concentrations en ions calcium les deux paramètres sont exprimés en méq /l.  $[\text{Mg}^{2+}] = \text{TH} - [\text{Ca}^{2+}]$  (méq/l)

### III-1-11- Oxygène dissous

**Définition :** La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Il est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau (la saturation en O<sub>2</sub> diminue lorsque la température et l'altitude augmentent).

**Principe :** L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

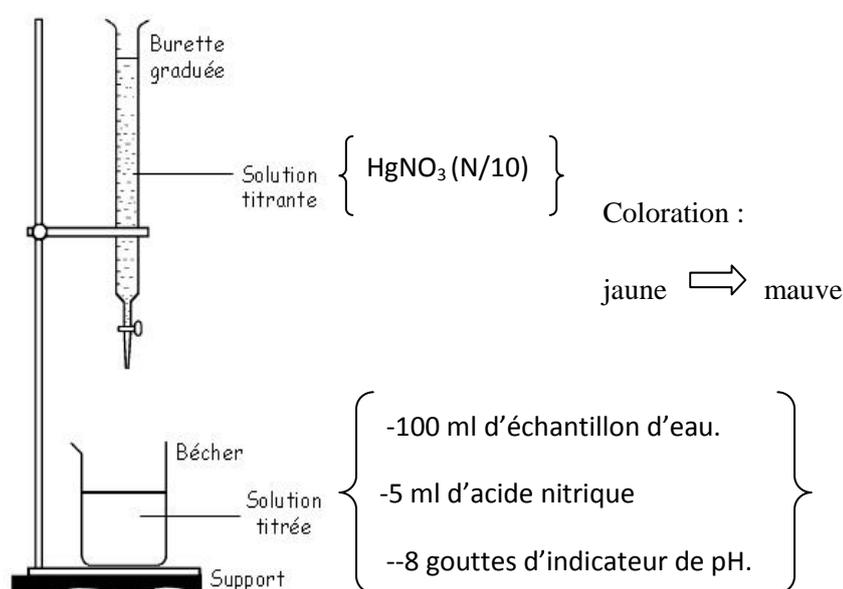
### III-1-12- Détermination de chlorure :

La teneur en ions chlorures dépend fortement de l'origine de l'eau et de la nature du terrain. Ils contribuent à la conductibilité électrique des cours d'eau.

**Principe :** Les chlorures donnent une saveur désagréable à l'eau surtout en présence de Sodium, calcium et magnésium. Ils sont dosés en milieu acide, par du nitrate mercurique en présence d'un indicateur de pH à base de diphényle carbazone et de bromophénol.

#### **Mode opératoire :**

Dans un Erlenmeyer on introduit successivement 100ml d'un échantillon, 8 gouttes d'indicateur de pH, et l'acide nitrique (N/3) jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune franc, après on titre par une solution de nitrates mercurique  $Hg(NO_3)_2$  jusqu'à l'apparition d'une teinte mauve.



**Figure 17 :** Schéma du montage expérimental pour le dosage du chlorure

La teneur est donnée par:  $[Cl^-] = 35.5 \cdot V$  (meq/l)

V: volume ajouté de la solution mercurique

### III-1-13- La demande en chlore



Photo 23 : Titrage par thiosulfate pour déterminer la demande en chlore

**Principe :** Cette méthode a pour but de déterminer la dose d'eau de javel à injecter.

#### **Mode opératoire :**

✓ **Détermination de la concentration de  $Cl_2$**

On introduit dans un Erlenmeyer 1 ml d'eau de javel, 10 ml de solution d'iodure de potassium à 10 % et 5 ml d'acide acétique (9N)

Le dosage se fait par le thiosulfate de sodium à N/10 jusqu'à la décoloration de la solution.

La concentration de  $Cl_2$  en g/l égale :

$[Cl_2] = T_b \cdot 3,55$  Avec :  $T_b$  = Tombée de burette de thiosulfate de sodium.

✓ **La dose optimale**

- On fait la dilution de solution de l'eau de chlore avec de l'eau distillée pour avoir une solution étalon à 0.1 mg/ml
- On prépare les flacons en verre que l'on numérote. Puis on introduit dans chacun d'eux 100 ml de l'échantillon
- On injecte des doses croissantes d'eau de javel.
- On laisse les flacons à l'obscurité pendant 30 min avant de doser le chlore résiduel.
- On trace la courbe :  $Cl_2$  résiduel = f( $Cl_2$  injecté)

La dose à injecter est supérieure ou égale la dose de break point (point de rupture).

### III-1-14- Autres paramètres

L'analyse du Fer, du manganèse et d'aluminium se fait à l'aide d'un mode opératoire précis pour chacune des analyses. Le mode opératoire est donné dans des boîtes qui contiennent les produits et le matériel nécessaires pour ces analyses.



**Figure 24 :** Matériels, produits et mode opératoire utilisés dans les analyses du Fe, Mn et Al

### III-1-15- Jar test

**Définition :** Le jar-test (ou essai de floculation) est un essai qui permet d'en déduire la dose optimale du coagulant (sulfate d'alumine) à injecter dans une eau brute pour atteindre une optimalité de traitement. C'est le test le plus utilisé en laboratoire pour reproduire à petite échelle l'ensemble des processus de coagulation floculation, de décantation et de filtration.

#### **Mode opératoire :**

- Dans chacun des six béchers (figure), on met 1 litre d'eau brute et on ajoute des doses croissantes en coagulant.
- L'eau à traiter est ensuite soumise à une agitation rapide à 120 Tr/mn pendant 3 mn puis à une agitation lente de 40 Tr/mn pendant 20 mn
- Enfin une décantation de 30 mn avant de procéder aux analyses nécessaires.

#### **Mesures :**

- ✓ On note le **décal d'apparition** des floes dont on exprime l'**aspect à la d'agitation lente**.
- ✓ Pendant le temps de décantation, on estime la vitesse de sédimentation des floes et après on détermine le **pH, la turbidité l'oxydabilité, le chlore résiduel et les matières en suspension**.

Le meilleur bécher qui représente la dose optimale du coagulant est caractérisé par :

- $7,00 < \text{pH} < 7,40$
- Turbidité décantée < 5 NTU
- Turbidité filtrée < 0,5 NTU
- Oxydabilité < 2 mg/l
- Taille du floe > 06

## **2- Méthodes d'analyses bactériologiques :**

### **2-1- Définition :**

La bactériologie est une discipline scientifique qui se consacre à l'étude des bactéries. La bactériologie a pour but d'identifier et étudier organismes vivants microscopiques (Diamètre < 0.1mm). Elle englobe plusieurs groupes: virus, champignons..., mais le plus souvent elle est restreinte à la bactériologie.

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leur éventuelle contamination fécale, les Escherichia coli (E. coli) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui peuvent donc se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable du robinet doit être exempte de la présence de ces bactéries.

Une présence très importante de germes fécaux indique une pollution fécale importante d'origine humaine ou animale.

## 2-2 Méthodes d'analyse :

Un jugement sur la qualité bactériologique d'une eau ne peut être porté une fois pour toute, à la suite d'une analyse initiale; il doit au contraire dépendre d'une surveillance analytique qui doit comporter une fréquence souvent importante d'examen. Les méthodes d'analyse et du dénombrement des indicateurs de contamination de l'eau sont:

La méthode dite de la membrane filtrante

La méthode du nombre le plus probable

La méthode de l'incorporation en gélose

### ✓ La méthode de la membrane filtrante



**Photo 25 :** La membrane filtrante

La plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles ne contenant qu'une faible quantité de matière en suspension et un nombre relativement faible de germes (eaux traitées).

### ✓ La méthode du nombre le plus probable

Cette méthode est une évaluation par calcul statistique du nombre le plus probable d'unité infectieuse, après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tubes de milieu de culture liquide, et en tenant compte du nombre respectif de culture positive ou négative obtenue. Elle est applicable à toutes les eaux et en particulier les eaux brutes, riches en matière en suspension et en nombre élevé de germes. (RODIER et al.1997).

### ✓ La méthode de l'incorporation en gélose

La méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivables, elle consiste à mélanger dans une boîte de Pétri 1 ml d'échantillon (ou ses dilution) et un volume de milieu gélosé, fondu et ramené à une température de 45°C environ. (RODIER et al.1997).

## 2-3- Les bactéries recherchées

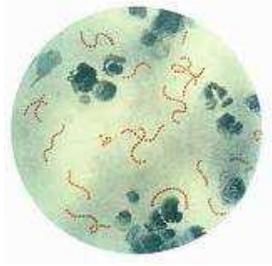
Tableau 5 : Bactéries recherchées

	Les bactéries	La méthode	Le milieu	La température
Les Eaux traités	Escherichia coli	Membrane filtrante (0,45µm)	Tergitole	45°C/24h
	Les coliformes	Membrane filtrante (0,45µm)	Tergitole	37°C/48h
	Entérocoques intestinaux	membrane filtrante (0,45µm)	Slanetz et bartley	37°C/48h
	Microorganismes revivifiables	Incorporation en gélose	gélose	22°C/72h 37°C/48h
	microorganismes anaérobies (clostridia)	Membrane filtrante (0,2µm)	Ilieu TSC Supplément cyclosérine	37°C/24h (la jarre)
Les eaux brutes	Coliformes et E. coli	Nombre le plus probable	Bouillon lauryl de tryptose	37°C/48h
	Entérocoques intestinaux	Nombre le plus probable	Bouillon glucosé à l'azoture	37°C/48h

### ❖ les coliformes fécaux :



Ils ont la même définition que les coliformes totaux. Ces coliformes sont capables de se développer à 44°C, alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est *Escherichia coli*



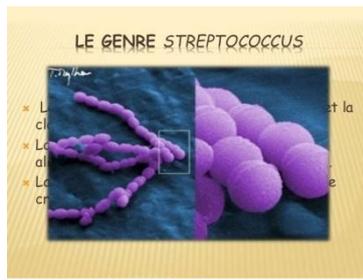
(E.coli).

Une eau en sortie de station de traitement ne doit contenir aucun germe pathogène et aucun

germe indicateur de pollution fécale, donc la présence de coliformes fécaux dans une eau après son

traitement est anormale. Elle indique le contact de l'eau avec des matières fécales et rend l'eau impropre à la consommation humaine. Ils sont donc à rechercher dans une eau traitée dès sa sortie de l'usine avant sa distribution et au cours de sa distribution car elles peuvent générer des problèmes de santé.

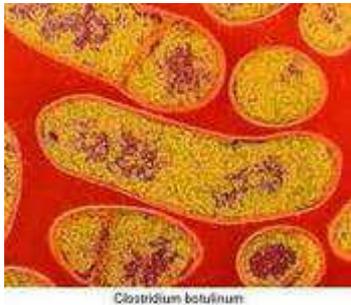
#### ❖ les streptocoques fécaux



Le terme “streptocoques fécaux” désigne dans ce document l'ensemble des bactéries de forme sphérique au cocci; 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. «Benabdellah S.2000»

Les entérocoques fécaux se multiplient dans l'eau polluée et leur persistance dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs « Clausen et al., 1977; Edberg et al., 1997; OMS, 2000 », notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants « Haslay et Leclerc, 1993 », ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau « OMS, 2000 ». Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente « Clausen et al., 1977 »

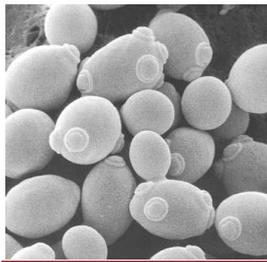
❖ **les clostridiuims sulfito-réducteurs (microorganisme anaérobie)**



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

« ONEE, branche eau ; section microbiologie : Méthodes d'analyses bactériologiques »

❖ **Micro-organismes revivables**



Toute bactérie aérobie, levure et moisissure, capable de former des colonies dans un milieu de culture nutritif gélosé à +22°C et +37°C.

**2-4- Modes opératoires :**

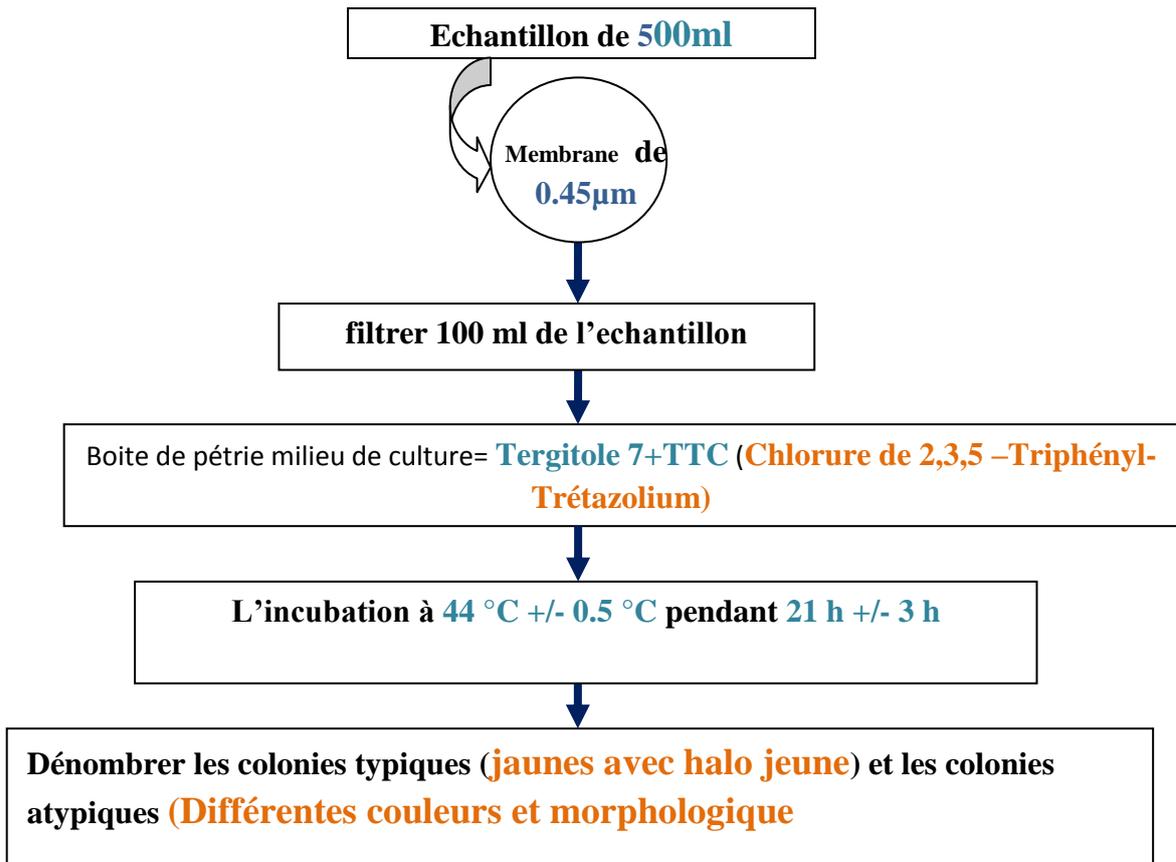


**Photo 26 :** Quelques matériels utilisés dans la méthode de la membrane filtrante

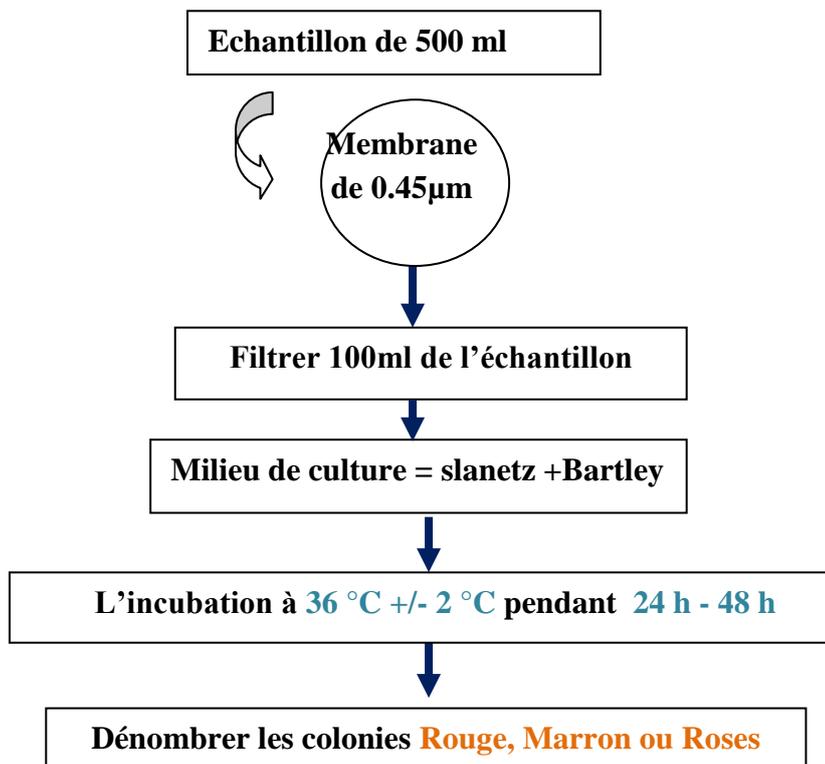


**Figure 27 :** Les étuves

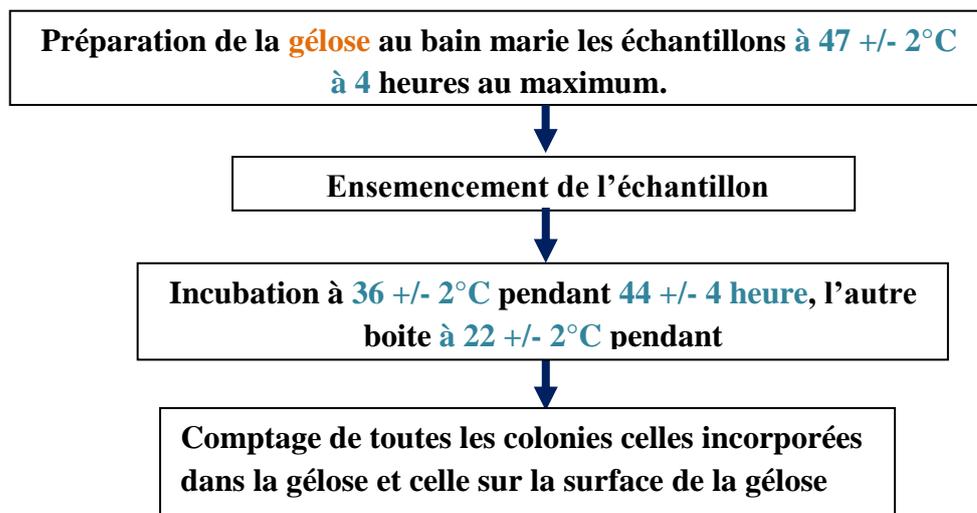
a- Recherche des Escherichia coli par filtration sur membrane :



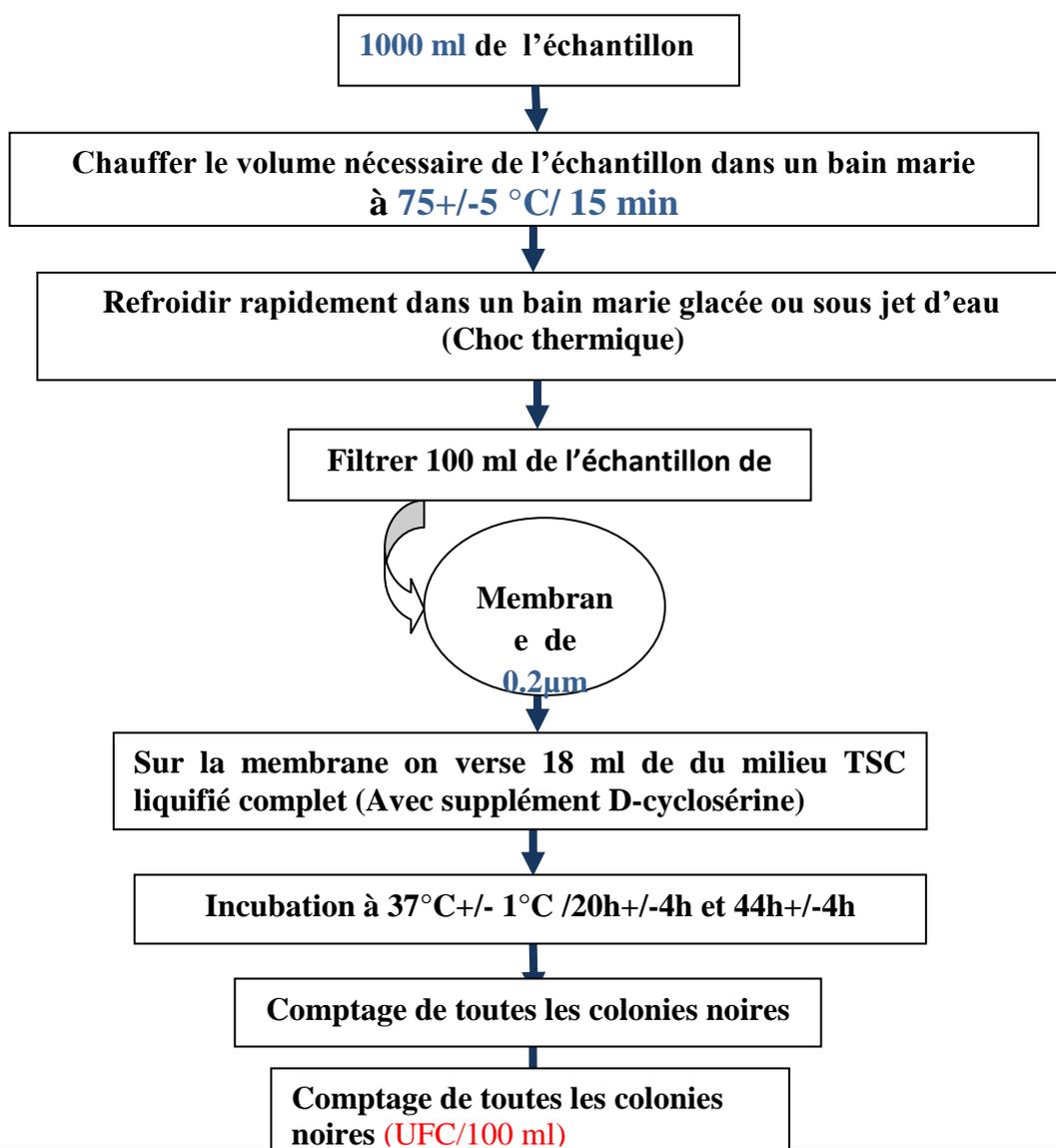
b- Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux:



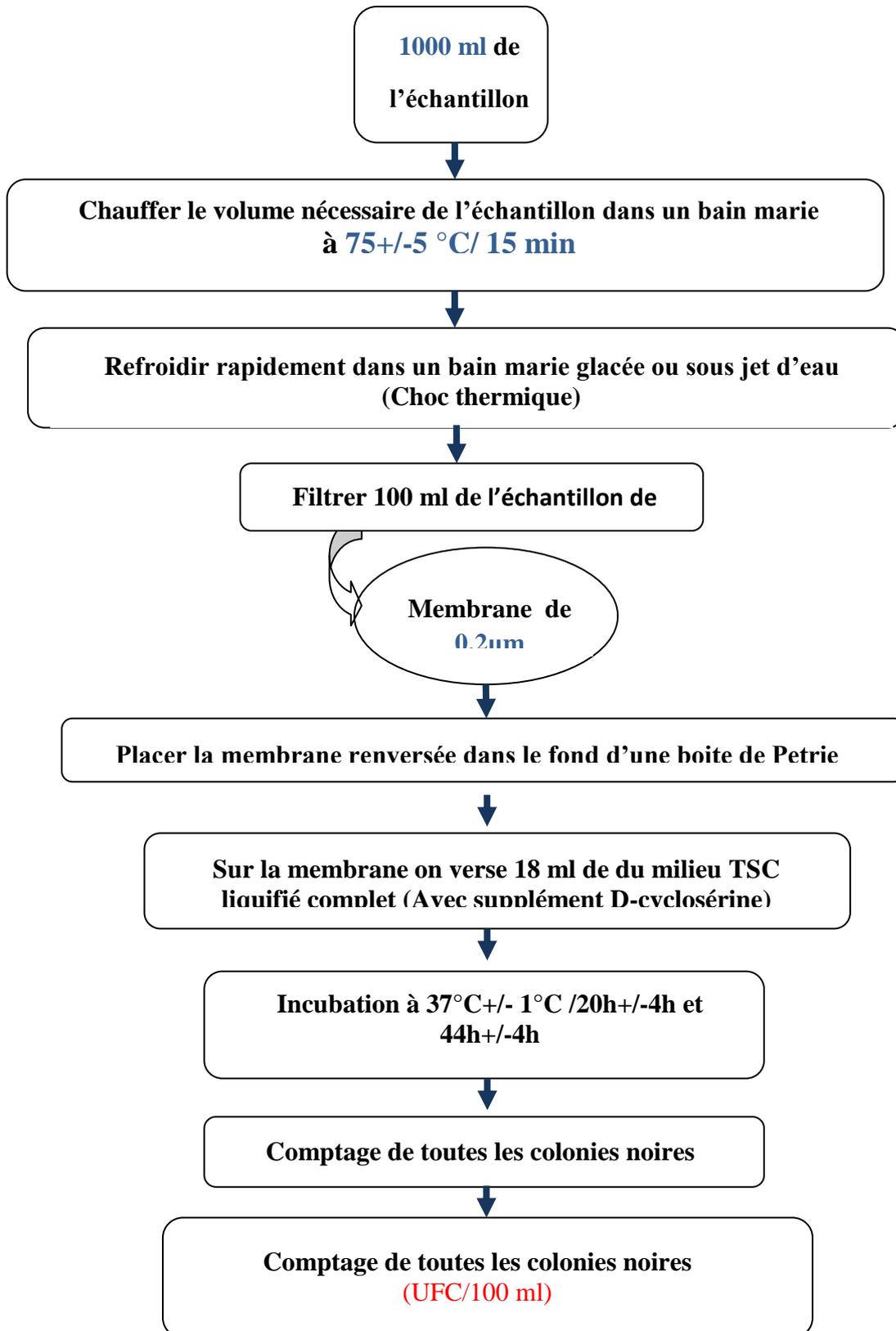
c- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables par la technique d'incorporation en gélose



d- Recherche de spore de microorganismes sulfato- réducteurs (CLOSTRIDIA) par la technique de filtration sur membrane :



e- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables par la technique d'incorporation en gélose



« ONEE, branche eau ; section microbiologie : Méthodes d'analyses bactériologiques »

## I- Présentation des résultats

### 1- Résultats des analyses physico-chimiques

#### 1-1- Température :

**Tableau 6** : Résultats de mesures de la température

Date	27/04	28/04	29/04	30/04	4/05	05/05	6/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	15/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05	25/05	26/05	27/05	28/05	29/05
Eau brute	16.7	16.7	16.7	16.8	16.8	16	18	18	18.2	18.3	18.2	18.3	18.4	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Eau traitée	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16	18	18	18.2	18.3	18.2	18.3	18.4	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

## 1-2- Potentiel hydrogène

**Tableau 7 :** Résultats de mesures du pH

Date	27/04	28/04	29/04	30/04	4/05	05/05	6/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	15/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05	25/05	26/05	27/05	28/05	29/05
Eau brute	7.36	7.52	7.51	7.62	7.60	7.54	7.82	7.80	7.78	7.79	7.80	7.80	7.77	7.63	7.61	7.55	7.63	7.61	7.61	7.65	7.61	7.59	7.59	7.61
Eau traitée	7.19	7.21	7.23	7.22	7.24	7.20	7.10	7.20	7.20	7.21	7.18	7.18	7.16	7.18	7.19	7.19	7.22	7.28	7.26	7.29	7.28	7.23	7.25	7.23

## 1-3 Turbidité

**Tableau 8 :** Résultats de mesures de la turbidité

Date	27/04	28/04	29/04	30/04	4/05	05/05	6/05	07/05	08/05	11/05	12/05	13/05	14/05	15/05	18/05	19/05	20/05	21/05	22/05	25/05	26/05	27/05	28/05	29/05
Eau brute	4.66	4.87	4.63	4.87	4.51	4.53	6.41	6.12	5.17	5.82	5.79	6.56	7.29	9.71	6.21	6.23	9.39	10	8.93	9.44	8.41	8.04	7.53	7.57
Eau traitée	0.13	0.19	0.18	0.19	0.25	0.39	0.29	0.39	0.29	0.26	0.22	0.19	0.15	0.32	0.12	0.12	0.13	0.16	0.18	0.17	0.31	0.26	0.29	0.19

#### 1-4- Conductivité :

**Tableau 9** : Résultats des mesures de la conductivité (us/cm)

Date	Brute	Traitée
27/04/2015	257	250
05/05/2015	279	282
11/05/2015	274	283
18/05/2015	276	284
25/05/2015	275	280

#### 1-5 Oxygène dissous :

**Tableau 10** : Résultats des mesures de l'oxygène dissous (mg/l)

Date	Brute	Traitée
27/04/2015	7,54	7,62
06/05/2015	7,52	7,65
19/05/2015	7,58	7,58
26/05/2015	7,5	7,48

#### 1-6- Oxydabilité :

**Tableau 11** : Résultats des mesures de l'oxydabilité en (mg/l d' O<sub>2</sub> )

Date	Brute	Traitée
27/04/2015	2,23	0,79
30/04/2015	2,2	0,82
05/05/2015	2,18	0,72
08/05/2015	2,22	0,74
15/05/2015	1,68	0,74
18/05/2015	1,78	0,82
22/05/2015	1,8	0,82
25/05/2015	1,68	0,74
29/05/2015	1,62	0,72

#### 1-7- TAC

**Tableau 12** : Résultats des mesures de TAC en (°F)

Date	Brute	Traitée
27/04/2015	10,25	8
05/05/2015	11	9
18/05/2015	11	9,5
25/05/2015	11	9,5

#### 1-8- TH

**Tableau 13** : Résultats des mesures de TH en (°F)

date	Brute	Traitée
27/04/2015	12,4	12,8
05/05/2015	13,2	13
18/05/2015	13	12,8
25/05/2015	13	12,8

#### 1-9- Chlorure

**Tableau 14** : Résultats des mesures des chlorures (mg/l)

Date	Brute	Traitée
27/04/2015	21,4	17,75
05/05/2015	24,85	17,75
18/05/2015	24,8	17,75
25/05/2015	22,8	17,75

## 2- Résultats des analyses bactériologiques

### 2-1- Eaux brutex

**Tableau 15 :** Résultats de mesures bactériologiques des eaux traitées

	Bactérie recherchées	Résultats d'analyses	
		Le 11/5/2015	Le 25/5/2015
Eaux brutes	Coliformes totaux	15	7.2
	Coliformes fécaux	11	7.4
	Streptocoques fécaux	0	3
	Entérocoques intestinaux	0	15
	<i>Echerichia coli</i>	0	<3

### 2-2- Eaux traitéex

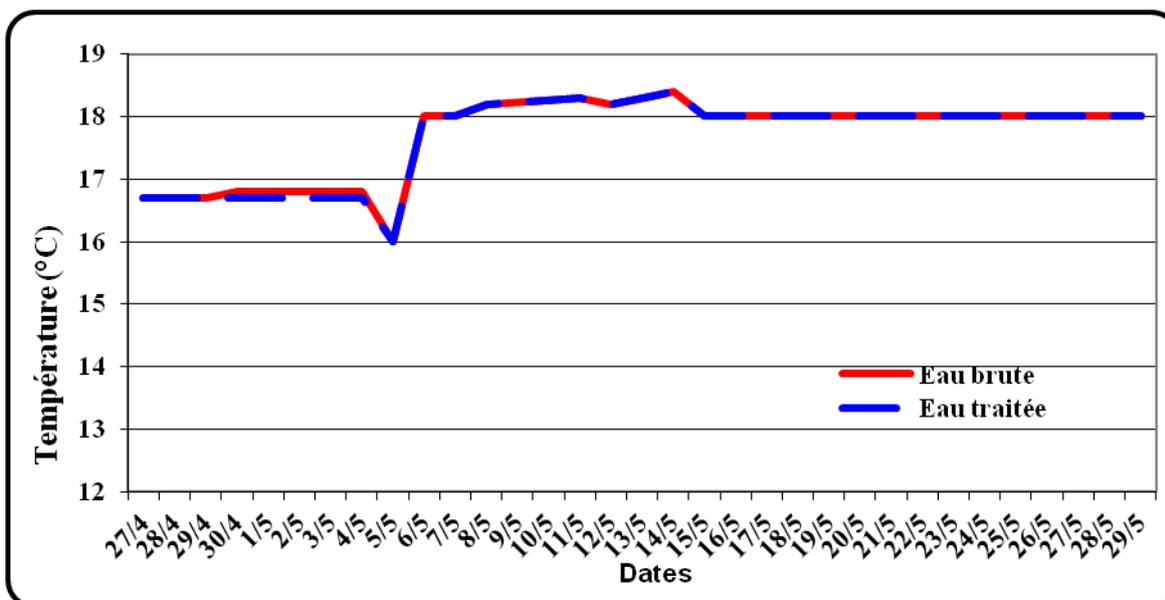
**Tableau 16 :** Résultats de mesures bactériologiques des eaux brutes

	Bactéries recherchées	Résultats d'analyses
Eau traitée	Escherichia coli	0 /100ml
	Les coliformes	0 /100ml
	Entérocoques intestinaux	0 /100 ml
	Microorganismes revivifiables	0 /100ml
	Microorganismes anaérobies	0 /100ml

## II- Interprétations des résultats :

### 1- Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques

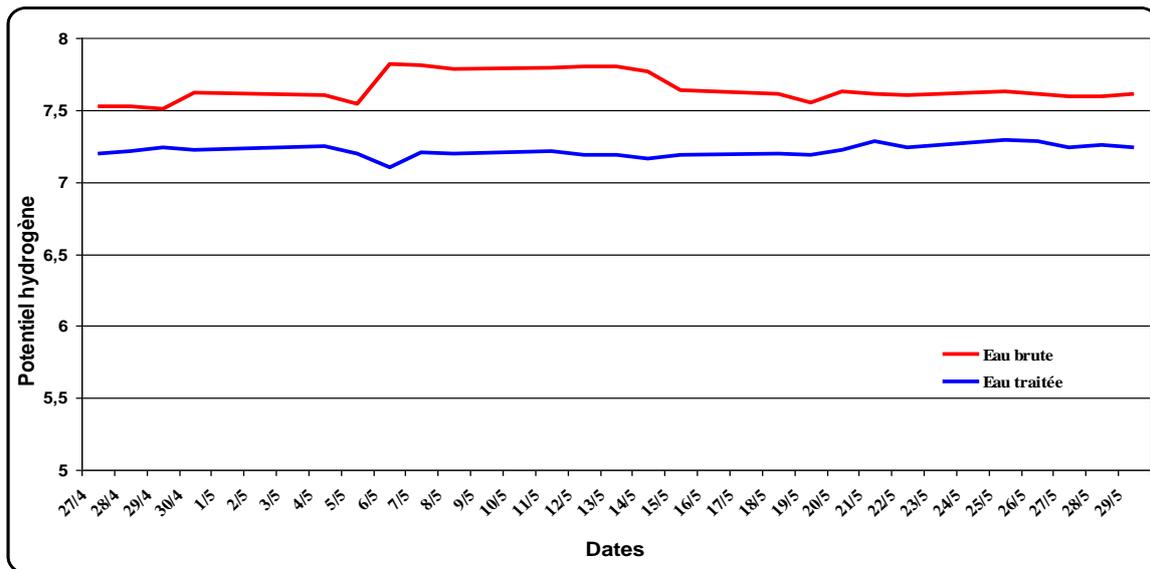
Les diagrammes suivants, représentent les résultats d'analyses physico chimiques des eaux brutes captés du barrage IGOUZOLEN, et les résultats obtenues après traitements de ces eaux.



**Figure 18 :** Evolution de la température de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

Les courbes ci-dessus représentent la variation des températures journalières de l'eau brute e de l'eau traités .On observe que les deux courbes sont confondues, donc les eaux traitées et les eaux brutes ont presque les mêmes degrés de température car il s'agit des eaux de surface qui gardent la température de l'air ambiant.

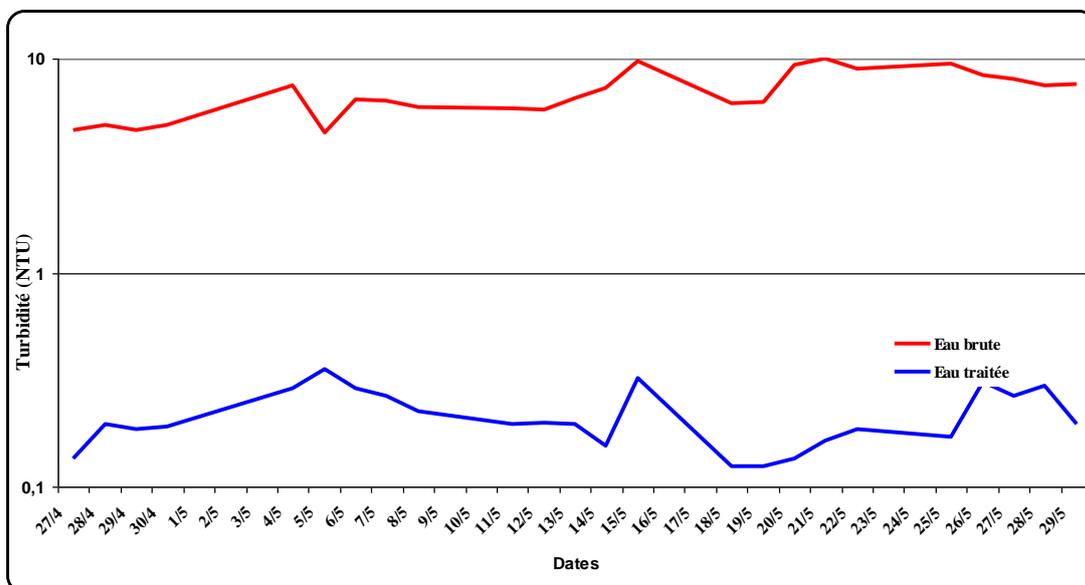
La température est généralement en croissance pendant cette période d'analyses.



**Figure 19 :** Evolution du pH de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

Les eaux brutes ont un pH d'ordre 7. au maximum et 7.83 au minimum à cause de la charge carbonaté de notre eau qui rend notre milieu approximativement alcalin, cela peut être dû à une évaporation intense dans la région.

Contrairement à l'eau traitée où on trouve des pH qui sont presque neutre cela est traduit par l'élimination des substances carbonaté durant le traitement de l'eau par les différentes injections chimiques dans l'eau arrivant du barrage.

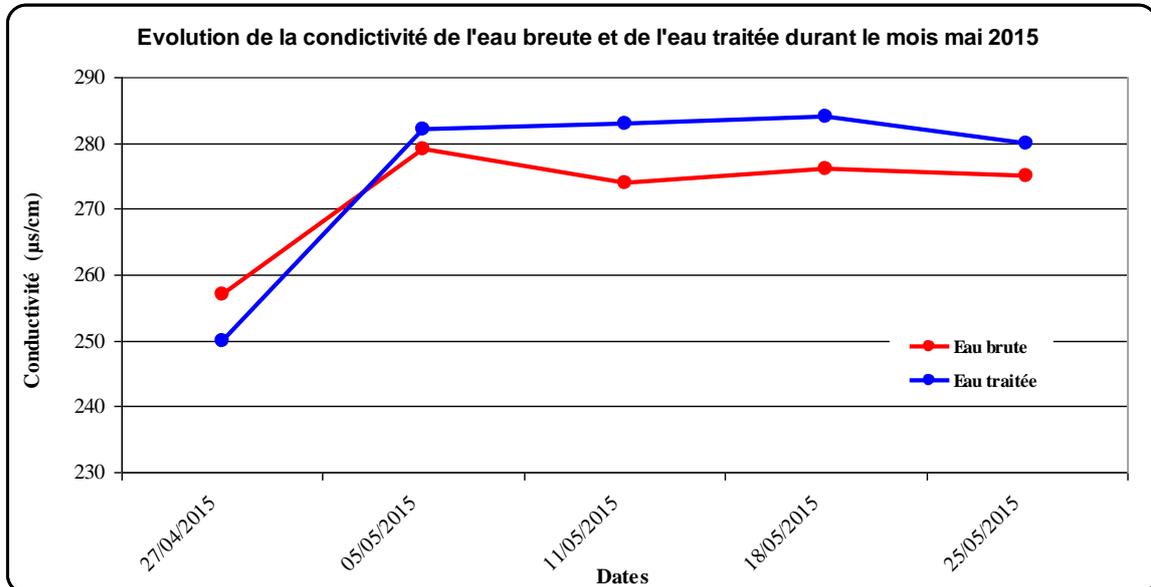


**Figure 20 :** Evolution de la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

On remarque que les eaux brutes ont des teneurs élevées en turbidité par rapport aux eaux traitées, ce qui est expliqué par la présence de la matière en suspension des eaux brutes

arrivant du barrage qui contiennent des argiles ainsi que d'autres substances d'origine biologique microscopique.

Pour les eaux traitées on remarque des concentrations de la turbidité qui oscillent aux alentours du 0.2 NTU ce qui montre une grande efficacité des phases de traitement des eaux dans la station de Tamarar.

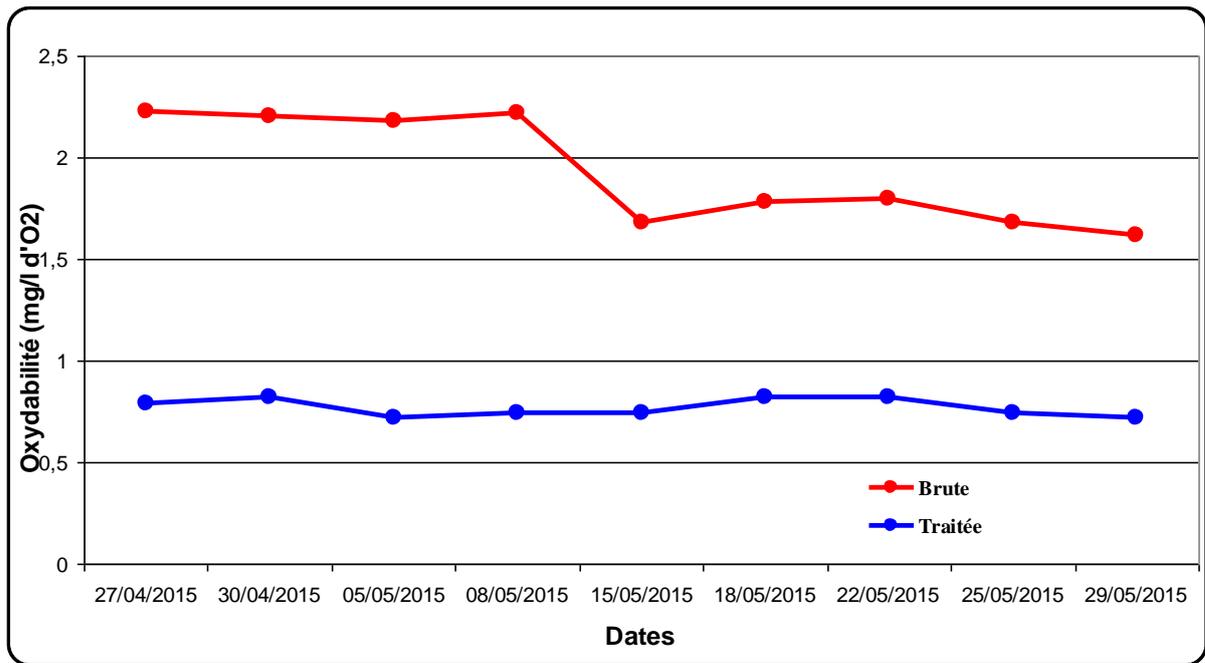


**Figure 21 :** Evolution de la conductivité de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

On a trouvé que la conductivité des eaux comprise entre 250 et 285  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et selon la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine on a :  $\text{VMA} = 2700 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

On remarque une minéralisation moyenne, cette minéralisation serait d'origine naturelle (composition des sols et des sédiments) mais aussi d'origine exogène provient de l'atmosphère.

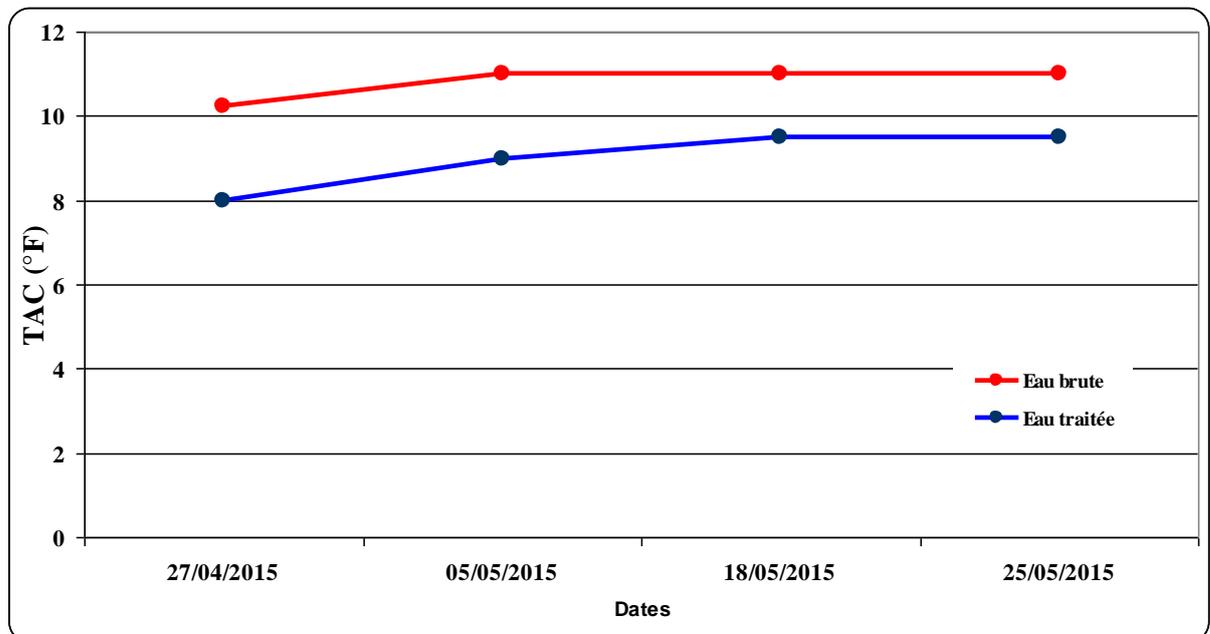
On peut déduire que cette eau est de bonne qualité, car la quantité des sels minéraux présents dans ces échantillons de l'eau traitée n'affecte pas la santé.



**Figure 22 :** Evolution de l' oxydabilité de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

L'Oxydabilité exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant. Elle est utilisée dans le cas de faible concentration en matière organique ( $DCO < 40 \text{ mg/l d'O}_2$ ).

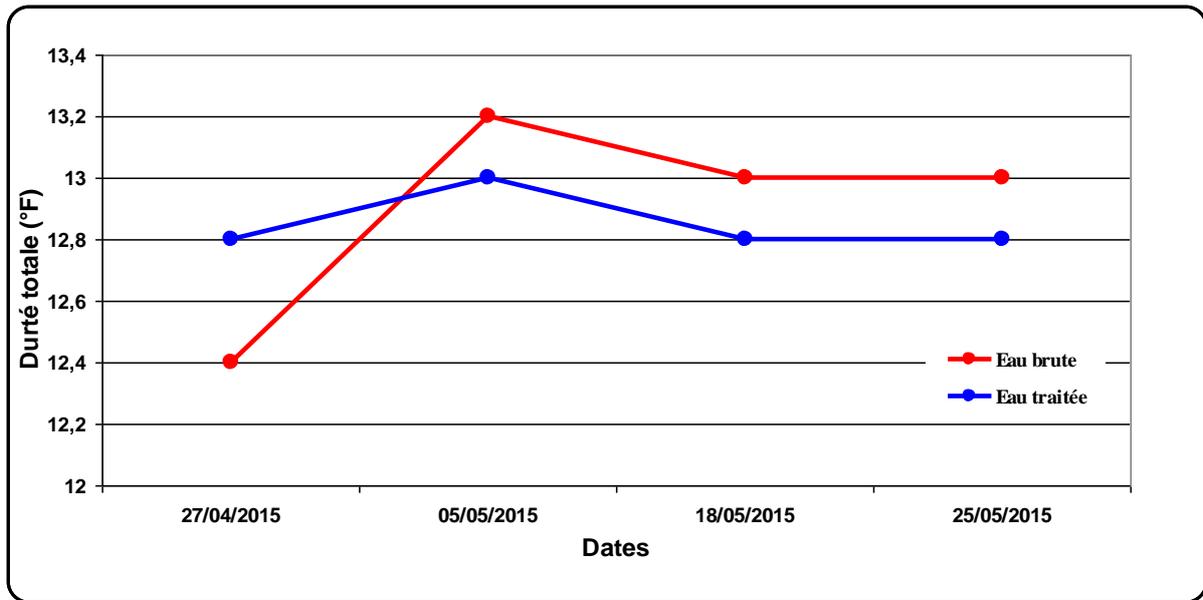
L'eau brute présente une forte oxydabilité, par rapport à l'eau traitée, qui atteint  $2,3 \text{ mg/l d'O}_2$ , cela indique que la teneur de l'eau traitée en matière organique est relativement faible par rapport à l'eau brute ainsi que le traitement est efficace.



**Figure 23 :** Evolution du TAC de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

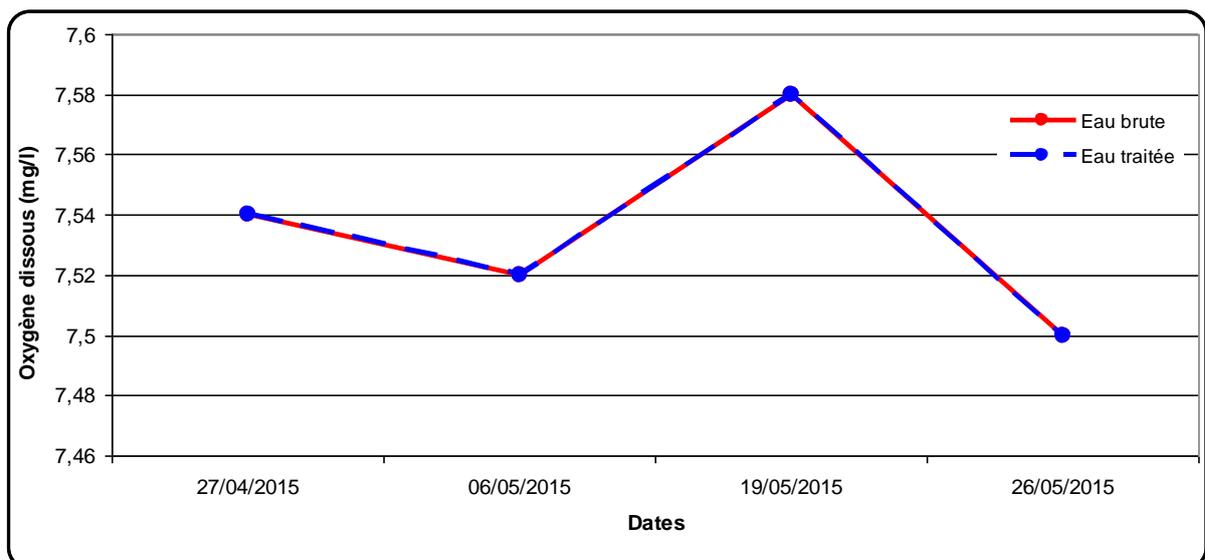
TAC est un paramètre important qui montre la concentration des carbonates dans l'eau, la courbe de TAC des eaux brutes présente des fortes teneurs de carbonate qui atteint 11°F, c'est normale puisque notre eau vient de traverser des couches géologiques avec un lessivage des minéraux carbonatés jusqu'au barrage.

Le contraire pour la courbe des eaux traitées qui montre des faibles teneurs des TAC par rapport aux eaux brutes. Ce paramètre influence beaucoup sur le pH du milieu, quand on a des fortes valeurs de TAC, cela rend notre milieu plus alcalin et vis versa.



**Figure 24 :** Evolution de la dureté de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

La dureté totale exprime la teneur de l'eau en ions dissous notamment le calcium et le magnésium. Au niveau des courbes ci-dessus on remarque que les eaux traitées et les eaux brutes ont des teneurs entre 12,4 et 13,2 . cela permet de les classer comme des eaux douces ( 7°F < eaux douces < 14°F ) .



**Figure 25 :** Evolution d'oxygène dissous de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

Toute au long de la période d'analyse qui se manifeste dans la courbe ci-dessus, on constate toujours des fortes valeur de l'O<sub>2</sub> dissous des eaux traitées et des eaux brutes . En effet, l'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est en fonction de la pression atmosphérique et la température. Cette forte teneur d' O<sub>2</sub> des eaux montre que notre eau traitée contient moins de la matière organique et moins chargées aux micro-organismes qui consomment de l' O<sub>2</sub> pour se développer.

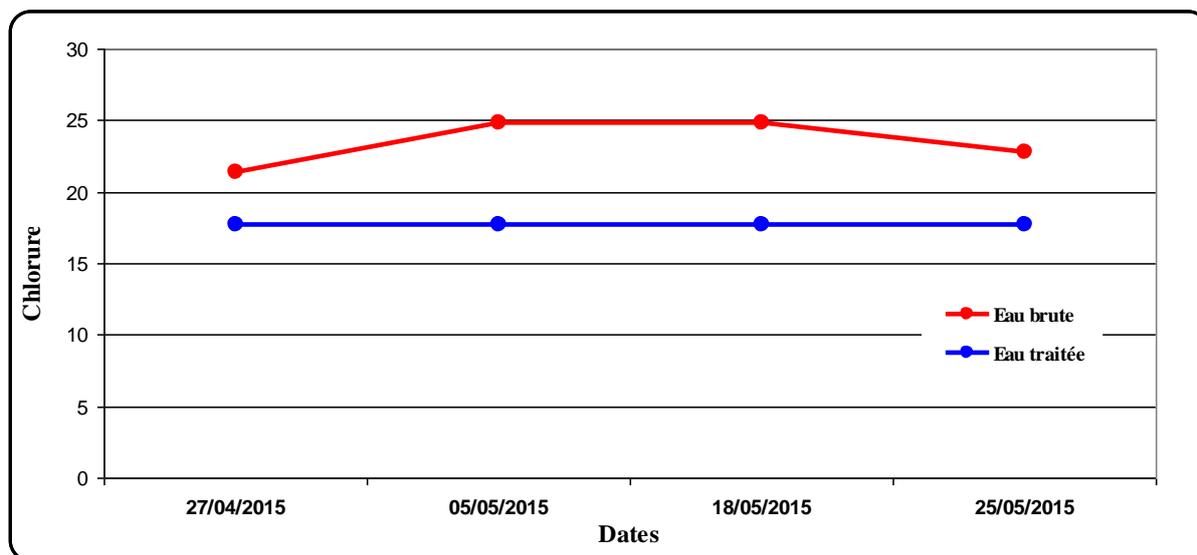


figure 26 : Evolution du chlorure de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

Les chlorures sont généralement les éléments majeurs existant dans l'eau. Selon le graphe on remarque des teneurs moyenne pour les eaux brutes et les traitées. Ces teneurs en chlorure sont dues généralement à des injections chimique qui permet d'éliminer la matière en suspension.

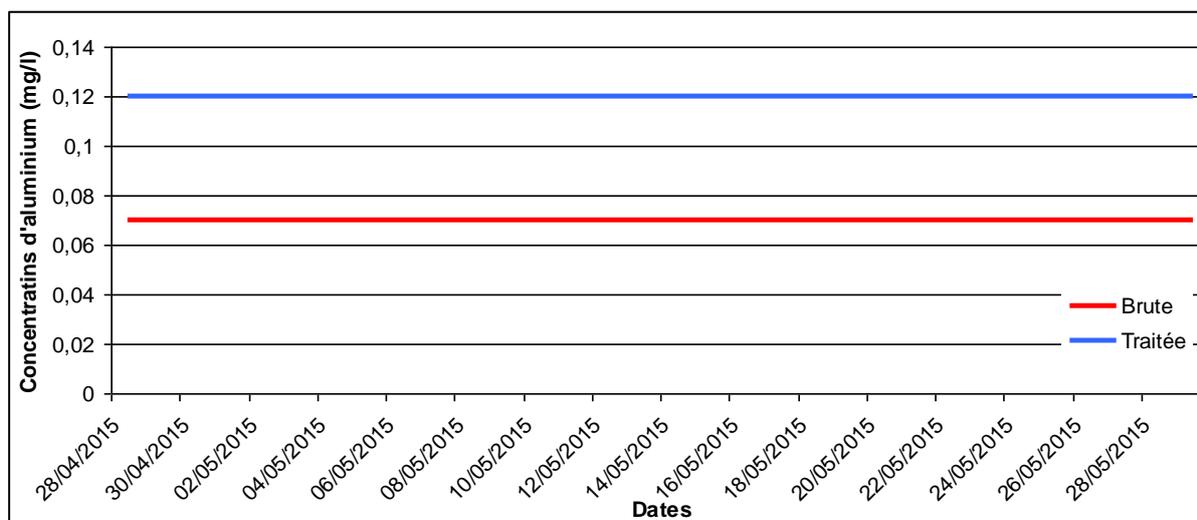


Figure 27 : Evolution du Aluminium de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015

Le fer, l'alumine et le manganèse ce sont des paramètres qui sont liées généralement aux roches sédimentaires ainsi que les roches métamorphiques, c'est ce qui explique par la présence de faible teneur du fer et d'aluminium dans les eaux brutes. Puisque les eaux du barrage sont des eaux de Pluit qui se collecte dans ce dernier donc nos eaux traversent des formations de type marnes argiles ce qui cause un lessivage des minéraux vers le barrage (eaux brutes).

## **2- Résultats des analyses bactériologique**

Après le suivi des analyses microbiologiques nous pouvons constater que les eaux traités répondent aux normes de potabilités ; car ces eaux ne présentent aucun germe pathogène. Nous remarquons que la procédure de traitement dans la station Tamanar est efficace.

## Conclusion générale

Notre étude a été effectuée sur les différentes phases de traitement de l'eau potable au sein de la station de traitement de Tamarin .

La station de traitement O.N.E.E (branche eau) de Tamarin , joue un rôle primordial dans la surveillance de la qualité des eaux traitées dans l'objectif de fournir aux consommateurs des eaux respectant les normes de l'OMS.

L'augmentation ou la diminution des paramètres physico-chimiques a une relation avec les doses des réactifs injectés. Les doses utilisées au niveau de la station doivent être précises et vérifier l'efficacité des produits chimiques.

Les réactions de ces produits entre eux, peuvent avoir des effets néfastes surtout sur la santé du consommateur, par exemple la réaction du chlore avec certains produits, engendre la formation d'un complexe cancérigène appelé Trihalomethane(THM)

Suite aux injections chimiques dans la station, la conductivité de l'eau ainsi que les teneurs en chlorure, Aluminium et en oxygène dissous, ont connu une faible augmentation, cependant d'autres paramètres tel que la turbidité et le TAC ont subi une diminution

A l'aide du personnel du service technique, à l'Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (branche Eau), et en se basant sur la documentation fournie, on a pu suivre la démarche, les méthodes et les équations utilisées dans les études.

On a pu également, élaborer le lien entre la théorie et la pratique, et aussi comprendre l'importance d'avoir un esprit analytique ainsi qu'un acquis pratique qui permet une intégration à la fois facile et réussie dans le milieu professionnel.

Propositions :

- Renouvellement de Quelques appareils
- Une extension de la station de traitement.

## Liste des tableaux

- Tableau 1** : Nomes des facteurs physico-chimiques
- Tableau 2** : Normes des facteurs bactériologiques
- Tableau 3** : Normes des facteurs min2rales
- Tableau 4** : Classification des eaux selon la dureté
- Tableau 5** : Bactéries recherchées
- Tableau 6** : Résultats de mesures de la température
- Tableau 7** : Résultats de mesures du pH
- Tableau 8** : Résultats de mesures de la turbidité
- Tableau 9** : Résultats des mesures de la conductivité (us/cm)
- Tableau 10** : Résultats des mesures de l'oxygène dissous (mg/l)
- Tableau 11** : Résultats des mesures de l'oxydabilité en (mg/l d' O<sub>2</sub> )
- Tableau 12** : Résultats des mesures de TAC en (°F)
- Tableau 13** : Résultats des mesures de TH en (°F)
- Tableau 14** : Résultats des mesures des chlorures (mg/l)
- Figure 15** : Résultats de mesures bactériologiques des les eaux traitées
- Figure 16** : Résultats de mesures bactériologiques des les eaux brutes

## Liste de figure

- Figure. 1** : Schéma de structure de O.N.E.E
- Figure.2** : Schéma du cycle de l'eau
- Figure.3** : Schéma des sources d'approvisionnement en eau
- Figure.4:** Réseau hydrographique du bassin versant du Igouzoulen
- Figure.5:** Histogramme des peécipations moyennes dans le bassin d'Igouzoulen (1998-2010)
- Figure.6** : Situation géographique du barrage Igouzoulen
- Figure.7** : Carte géologique de bassin Igouzoulen
- Figure.8** : Courbe des variation moyennes de la température et des précipitations
- Figure.9** : Photo satellitaire de la station

**Figure.10 : Les différentes phases de traitement des eaux**

**Figure.11 : Schéma résultant l'effet de la pré-chloration sur les différentes étapes du traitement**

**Figure.12 : Schéma résumant l'étape de clarification**

**Figure.13 : Schéma résumant le principe de la phase chimique du traitement**

**Figure.14 : Schéma expérimentale pour le dosage TA.**

**Figure.15: Schéma du montage expérimental pour le dosage de TH.**

**Figure.16 : Schéma du montage expérimental pour le dosage du calcium.**

**Figure.17 : Schéma du montage expérimental pour le dosage du chlorure.**

**Figure 18 : Evolution de la température de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 39 : Evolution du pH de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 40 : Evolution du turbidité de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 21 : Evolution du conductivité de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 22 : Evolution du oxydabilié de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 23 : Evolution du TAC de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 24 : Evolution du dureté de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 25 : Evolution du oxygène dissous de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**figure 26 : Evolution du chlorure de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 27 : Evolution du Aluminium de l'eau brute et l'eau traitée durant le mois mai 2015**

**Figure 28 : Historique des analyses des eaux brutes**

**Figure 29 : Historiques des analyses des eaux tratée**

### **Liste des photos**

**Photo 1 : L'aval du barrage Igouzoulen.**

**Photo 2 : Les ouvrages de la station.**

**Photo 3 : Débourbeur.**

**Photo 4 : La phase chimiques du traitement.**

**Photo 5 : d'alumine en grains.**

**Photo 6 : Poly-électrolyte en grains.**

**Photo 7: Agitateur.**

**Photo 8: Décanteurs.**

**Photo 9: Lamelles inclinées du décanteur.**

**Photo 10: Epaississeur.**

**Photo 11 : Lits de séchage.**

**Photo 12 : Filtres à sable.**

**Photo 13 : Salle des analyses bactériologiques.**

**Photo 15 :Salle de laverie.**

**Photo 16: Salle des analyses physico-chimiques.**

**Photo 17: PH-mètre.**

**Photo 18: conductivimètre .**

**Photo 19: Turbidimètre.**

**Photo 20: Titrage par  $\text{KMnO}_4$ .**

**Photo 21 : Titrage par thiosulfate pour déterminer la demande en chlore.**

**Photo 22: Matériels, produits et mode opératoire utilisés dan les analyses du Fe, Mn et Al.**

**Photo 23: La membrane filtrante.**

**Photo 24: Quelques matériels utilisés dans la méthode de la membrane filtrante .**

**Photo 25: Les étuves.**

**Photo 26: Schéma résumant le principe de la phase chimique du traitement.**

**Photo 27: Schéma général d' e installation de dessalement.**

**Photo 28: Distillateur simple effet.**

**Photo 29 : Titrage par EDTA pour déterminer la dureté totale.**

**Photo 30 : Titrage par EDTA pour déterminer la dureté calcique**

**Photo 31 : pipettes**

**Photo 32 : Photo de bain marie utilisé dans les analyses bactériologiques**

**Photo 33 : Les tanks du chlore**

**Photo 34 : Plaque chauffante**

## Bibliographie

Site web :

- [http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=80&ID\\_PAGE=317](http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=80&ID_PAGE=317)
- [www.eau-tensift.com](http://www.eau-tensift.com)
- <https://www.google.com/maps>
- [http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&id=13&ID\\_PAGE=31](http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&id=13&ID_PAGE=31)
- <http://www.rusibis.com/spip.php?article34>
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9\\_de\\_l'eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_l'eau)
- [http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico\\_chimie\\_PresGen.htm](http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm)
- <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/bacteriologie-0>

Référence :

- Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable –Branche Eau-
- Mohamed LAAOUAN « Procédés de traitement des eaux destinées à l'alimentation humaine » Institut International de l'Eau et de l'Assainissement Direction Ingénierie de Formation
- Agence de Bassin Hydraulique de Tensift
- Compte rendu de la visite d'inspection du barrage Sidi M'hamed Ben Slimane Jazouli du 24/06/2011 , Direction des Aménagements Hydrauliques
- Philippe Hubert, Directeur des risques chroniques à l'INERIS. © Futura-Sciences
- Normes marocaines NM 03.7.001 : Elaborée par le comité technique de normalisation des eaux d'alimentation humaine / Editée et diffusée par le Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)
- F.Berne, 1991
- ONEE, branche eau ; section microbiologie : Méthodes d'analyses bactériologiques
- [www.laease.com/eau-coliformes](http://www.laease.com/eau-coliformes).
- Clausen et al., 1977
- RODIER T.BAZIN C.BROUTIN JP., CHAMPSAUR H., RODI L. 1997 : Analyse de l'eau : Eaux naturelles , Eaux Résiduaire ,Eaux de mer. Dunod. Paris, 753-771 ; 1107-1117

# Annexes

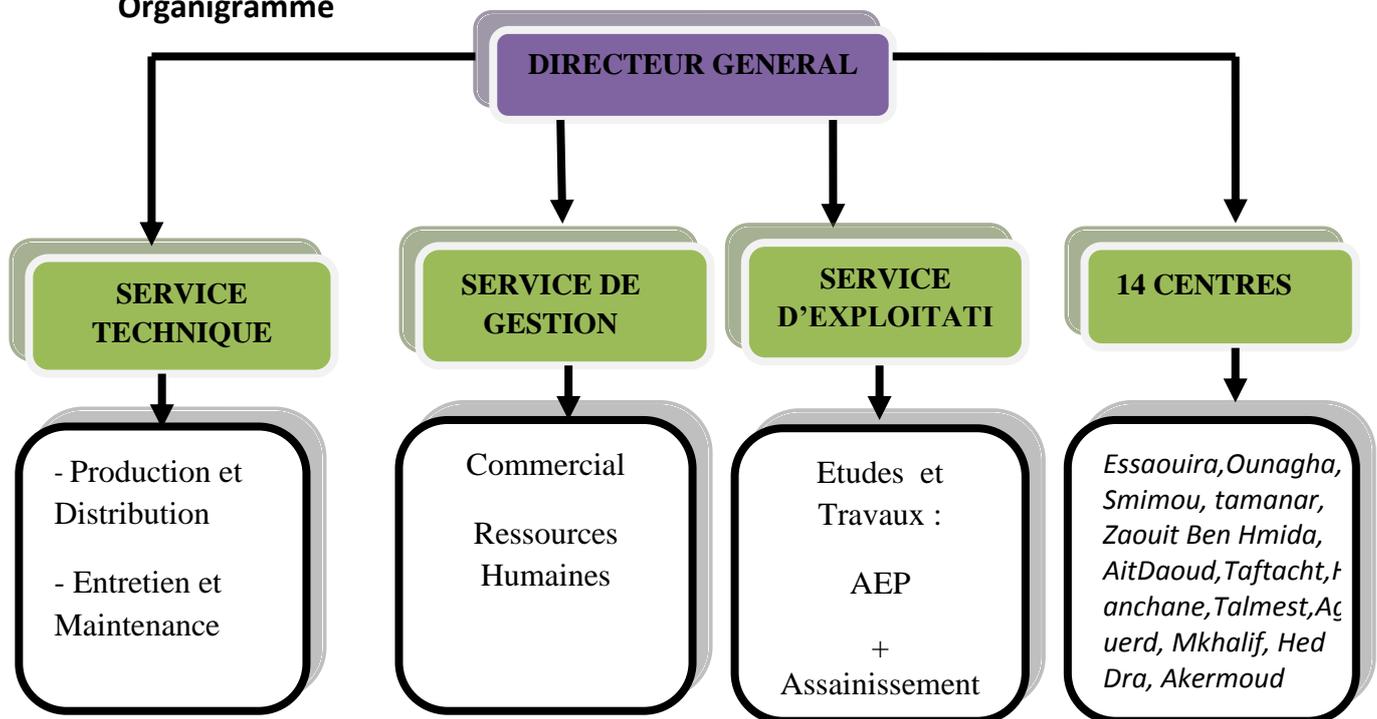
## Les approches l'ONEE (branche Eau) :

- Assurer une veille technologique
- Intégrer le composant environnement
- Impliquer le citoyen dans l'économie et la protection des ressources en eau.

## Les atouts l'ONEE (branche Eau) :

- Une entreprise publique à haute expertise,
- Un personnel compétent
- Des partenariats nationaux et internationaux en expertise et R&D

### Organigramme



## Description de service technique :

Le service technique joue un rôle stratégique au sein de l'ONEP d'Essaouira, dans le sens où il fournit l'énergie nécessaire au bon déroulement du processus de production et de distribution ainsi que la maintenance des équipements et des installations.

Il est composé d'un chef de service, 2 ingénieurs et 2 techniciens.

Les tâches assurées par ce service sont les suivantes :

- Etudes d'alimentations en eau potable et assainissement des nouveaux projets.
- Préparation des marchés de travaux (conduites, génie civil, équipement et assainissement).
- Suivi de travaux et réception des ouvrages réalisés par les entreprises au profit de l'ONEE.

**Tableau 5:** Mesures journalières du pH

Traitée	Brute	heure	Date
7.19	7.2	10h00	27 / 04
7.2	7.53	14h00	
7.21	7.52	10h00	28 / 04
7.22	7.53	14h00	
7.23	7.52	10h00	29 / 04
7.24	7.5	14h00	
7.22	7.53	10h00	30 / 04
7.23	7.51	14h00	
7.24	7.52	10h00	4 / 05
7.25	7.55	14h00	
7.18	7.51	10h00	05 / 05
7.22	7.55	14h00	
7.1	7.53	10h00	6 / 05
7.11	7.51	14h00	
7.2	7.52	10h00	07 / 05
7.21	7.5	14h00	
7.2	7.19	10h00	08 / 05
7.2	7.18	14h00	
7.22	7.19	10h00	11 / 05
7.2	7.5	14h00	
7.19	7.51	10h00	12 / 05
7.18	7.5	14h00	
7.18	7.51	10h00	13 / 05
7.19	7.19	14h00	
7.17	7.16	10h00	14 / 05
7.16	7.16	14h00	
7.18	7.54	10h00	15 / 05
7.19	7.53	14h00	
7.2	7.52	10h00	18 / 05
7.19	7.5	14h00	
7.18	7.55	10h00	19 / 05
7.2	7.54	14h00	
7.22	7.54	10h00	20 / 05
7.23	7.52	14h00	
7.3	7.53	10h00	21 / 05
7.27	7.5	14h00	
7.25	7.59	10h00	22 / 05
7.23	7.51	14h00	
7.3	7.5	10h00	25/05
7.29	7.53	14h00	
7.3	7.51	10h00	26 / 05
7.27	7.52	14h00	
7.23	7.5	10h00	27 / 05
7.24	7.59	14h00	
7.25	7.55	10h00	28 / 05
7.25	7.5	14h00	
7.23	7.61	10h00	29/05
7.24	7.61	14h00	

**Tableau 6 :** Mesures journalières de la turbidité

Traitée	Brute	heure	Date
U.14	4.5	10h00	27/04
U.13	4.72	14h00	
U.2	4.55	10h00	28/04
U.19	4.85	14h00	
U.18	4.53	10h00	29/04
U.19	4.52	14h00	
U.2	4.91	10h00	30/04
U.18	4.53	14h00	
U.3	7.51	10h00	4/05
U.25	7.5	14h00	
U.39	4.5	10h00	05/05
U.32	4.55	14h00	
U.3	5.42	10h00	6/05
U.25	5.4	14h00	
U.27	5.31	10h00	07/05
U.25	5.92	14h00	
U.22	5.9	10h00	08/05
U.23	5.53	14h00	
U.2	5.53	10h00	11/05
U.19	5.5	14h00	
U.2	5.77	10h00	12/05
U.2	5.51	14h00	
U.21	5.33	10h00	13/05
U.15	5.55	14h00	
U.15	7.13	10h00	14/05
U.15	7.44	14h00	
U.34	9.72	10h00	15/05
U.3	9.7	14h00	
U.13	5.2	10h00	18/05
U.12	5.21	14h00	
U.13	5.23	10h00	19/05
U.12	5.22	14h00	
U.13	9.23	10h00	20/05
U.14	9.34	14h00	
U.15	7	10h00	21/05
U.17	9.53	14h00	
U.15	5.92	10h00	22/05
U.19	5.93	14h00	
U.15	9.43	10h00	25/05
U.15	9.44	14h00	
U.32	5.41	10h00	26/05
U.3	5.42	14h00	
U.27	5.19	10h00	27/05
U.25	7.59	14h00	
U.3	7.54	10h00	28/05
U.29	7.52	14h00	
U.2	7.7	10h00	29/05
U.19	7.43	14h00	

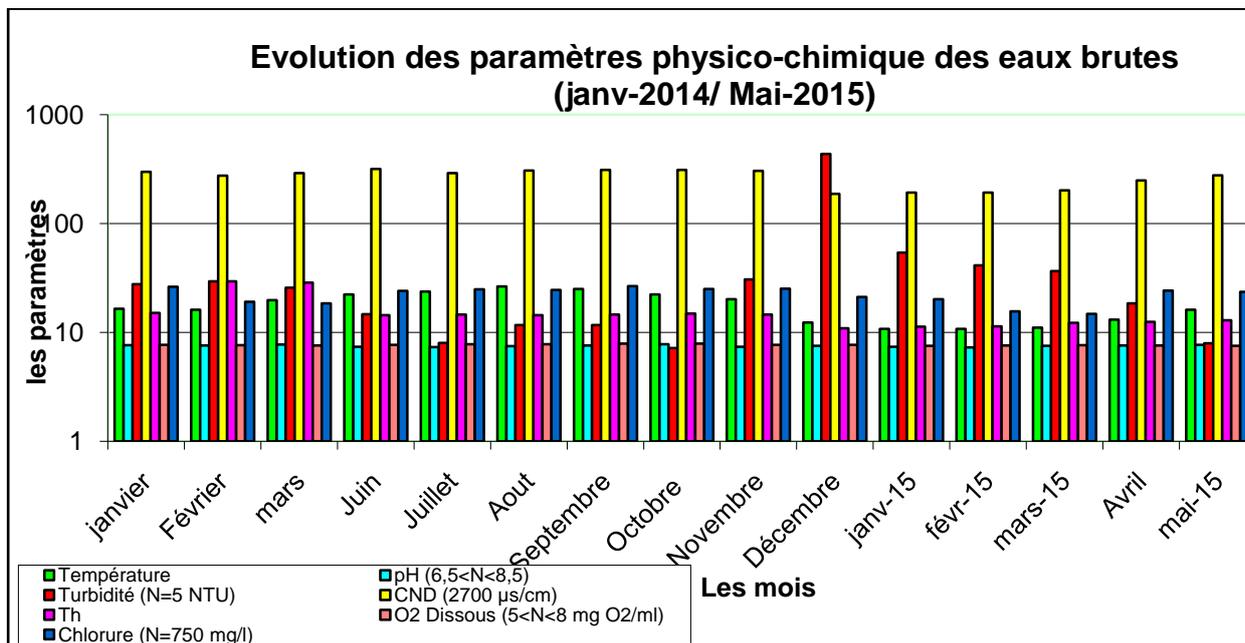


Figure 28 : Historique des analyses des eaux brutes

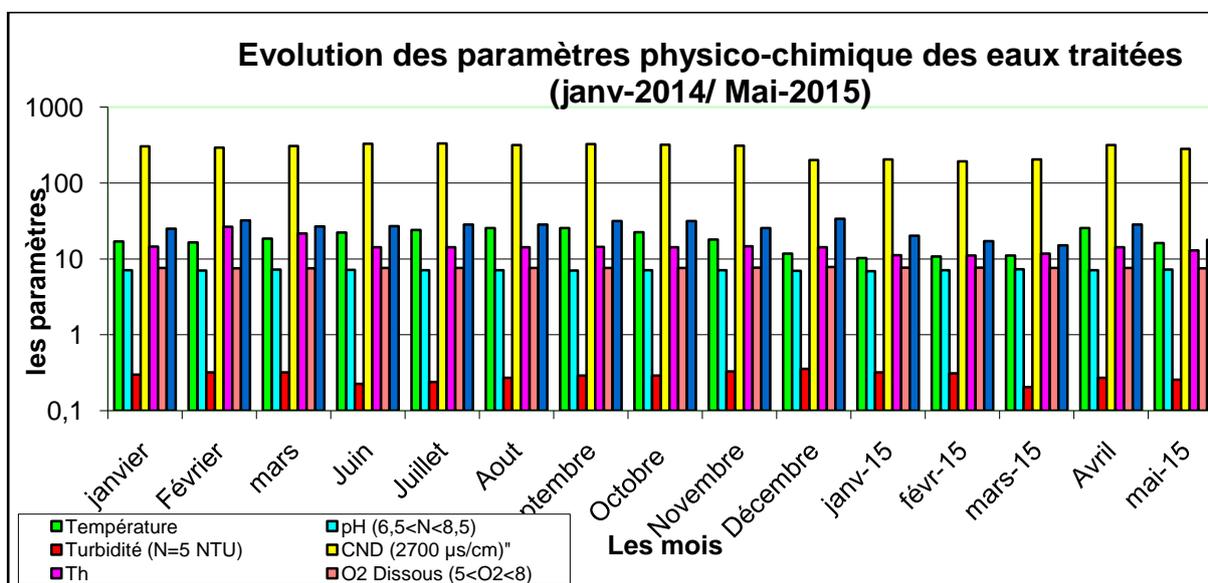


Figure 29 : Historiques des analyses des eaux traité

## Les photos prises au cours du stage



**Photo 29** : Titrage par EDTA pour déterminer la dureté totale.



Photo 30 : Titrage par EDTA pour déterminer la dureté calcique



**Photo 31** : pipettes



**Photo 32** : Photo de bain marie utilisé dans les analyses bactériologiques



**Photo 33** : Les tanks du chlore



**Photo 34** : Plaque chauffante

