



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
Département de chimie



Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité  
« TACQ »

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

Caractérisation et traitement des eaux d'Oued  
BOUFKRAN  
« Station FAKHARIN » Meknès

**Présenté par:**

◆ **EL-MRABET chaimae**

**Encadré par:**

◆ **Pr. Safia SABIR (FST)**

◆ **Mr A. BOUHLAL(ONEE Meknès)**

**Soutenu Le 06 Juin 2017 devant le jury composé de:**

- **Pr. Safia SABIR**

- **Pr. Ouafae SQALLI**

- **Pr. Adiba KANDRI RODI**

**Stage effectué à ONEE Meknès**

**Année Universitaire 2016 / 2017**

## **Référence bibliographique**

- Procédure de conduite des essais de floculation de l'ONEP 04 PS TRT 03.
- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEP
- Norme marocaine de la qualité des eaux d'alimentation humaine NM 03.7001.
- [www.traitementdeseaux.fr](http://www.traitementdeseaux.fr)

# L'annexe

## **1) Tableau de la norme marocaine :**

Le tableau suivant présent la norme marocaine:

Paramètre	La valeur a ne pas dépasser
Turbidité (NTU)	5
Température C°	Acceptable
Potentiel hydrogène	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
Conductivité (ms/cm)	2700
Oxygène dissous (mg/l)	$5 < \text{O}_2 < 8$
Oxydabilité (mg/l)	5

**Tableau1** : la norme marocaine

## **2) L'oxygène dissous**

La démonstration du relation l'expression de calcule

Au point d'équivalence:

$$N_1 V_1 = N_2 V_{\text{tb}}$$

$$N_1 = (N_2 V_{\text{tb}}) / V_1$$

On a :

$N_1$ : normalité d'O<sub>2</sub>(chercher)

$V_1$ : volume d'échantillon (100ml)

$N_2$ : normalité de sulfate de sodium (0,02N)

$V_{\text{tb}}$ : volume de sulfate de sodium (tomber de burette)

$$N_1 = (0.02 V_{tb}) / 100$$

$$N_1 = 2 \cdot 10^{-4} V_{tb} (\text{éq/l})$$

$$N_1 = 0.2 V_{tb} (\text{méq/l})$$

$$[O_2] = N/2$$

$$[O_2] = 0.2/2 V_{tb} (\text{mmol/l}) = 0.1 V_{tb} (\text{mmol/l})$$

$$[O_2] (\text{mg/l}) = 0.1 V_{tb} (\text{mmol/l}) \cdot M(O)$$

$$[O_2] = 1,6 V_{tb} (\text{mg/l})$$

### 3) Titre alcalimétrique complet TAC :

La démonstration de la relation l'expression de calcul

$$\square \text{ Au point d'équivalence : } N_2 V_2 = N_1 V_{tb}.$$

$$N_2 = N_1 V_{tb} / V_2.$$

On a :

- $N_1$ : Normalité de HCl ( $N_1 = 0,1N$ ).
- $V_{tb}$ : Tombée de la burette ( $V_{tb} = (V + V')$ ).
- $N_2$ : Normalité des alcalins ( $N_2 = ?$ ).
- $V_2$ : Volume de l'échantillon ( $V_b = 100 \text{ ml}$ ).

Donc :

$$N_2 = 0,1 V_{tb} / 100.$$

$$N_2 = 10^{-3} V_{tb} (\text{éq/l}).$$

$$N_2 = V_{tb} (\text{méq/l}) = (V + V') (\text{méq/l}).$$

- **Le tableau** : comment calculer la concentration des ions

Ions	$OH^-$ (mg/l)	$CO_3^{2-}$ (mg/l)	$HCO_3^-$ (mg/l)
<b>TA = 0</b>	0	0	12,2 TAC
<b>TA &lt; (TAC÷2)</b>	0	12TA	12,2(TAC-2TA)
<b>TA = (TAC÷2)</b>	0	6TAC	0
<b>TA &gt; (TAC÷2)</b>	3,4(2TA-TAC)	12(TAC-TA)	0
<b>TA = TAC</b>	3,4 TAC	0	0

**Tableau** : comment calculer la concentrations les ions :  $\text{OH}^-$  ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$

#### 4) L'oxydabilité :

La démonstration de l'expression de résultat :

##### Au point d'équivalence :

$$n(\text{MnO}_4^-) / 2 = n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) / 5$$

$$n(\text{MnO}_4^-) = (n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) * 2) / 5$$

$$n(\text{MnO}_4^-) = (2n(\text{O}_2) * 2) / 5$$

$$n(\text{O}_2) = (n(\text{MnO}_4^-) * 5) / 4$$

$$n(\text{O}_2) = (C * V_{tb} * 5) / 4$$

$$\text{ona: } C = N/P$$

$$n(\text{O}_2) = (V_{tb} * 5) / (4 * 100 * 5)$$

$$C = 1 / (100 * 5)$$

$$m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = V_{tb} / (4 * 100)$$

$$\text{avec: } M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{O}_2) = (32 * V_{tb}) / (4 * 100)$$

$$m(\text{O}_2) / V_{\text{éch}} = (8 * V_{tb}) / (100 * V_{\text{éch}})$$

$$C_{\text{massique}}(\text{O}_2) = 8 * 10^{-3} * 10^{-1} * V_{tb} \text{ g/l}$$

$$C_{\text{massique}}(\text{O}_2) = 0,8 * V_{tb} \text{ mg/l}$$

#### 5) La demande en chlore :

**Soient** :

$N_a$  : Normalité de  $\text{Cl}_2$ .

$V_a$  : Volume de l'échantillon ( $V_a = 1 \text{ ml}$ ).

$N_b$  : Normalité de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

$V_b$  : Tombée de burette  $V_{tb}$ .

**Au point d'équivalence** :

$$N_a V_a = N_b V_b$$

$$N_a = N_b V_b / V_a$$

$$N_a = 10^{-1} * V_{tb} \text{ (eq/l)}$$

$$\text{On a : } [\text{Cl}_2] = 10^{-1} * V_{tb} / 2$$

$$\text{Donc : } [\text{Cl}_2] = 5 * 10^{-2} * V_{tb} \text{ (mol/l)}$$

$$\text{On a : } [\text{Cl}_2] = [\text{Cl}_2] * M(\text{Cl}_2)$$

$$\text{avec } M(\text{Cl}_2) = 35,5 \text{ g/mol}$$

$$[\text{Cl}_2] = 5 * 10^{-2} * V_{tb} * 71$$

$$[\text{EJ}] = 3,55 * V_{tb} \text{ (g/l)}$$



## **Remerciement**

Avant de commencer la rédaction de ce rapport, j'ai l'honneur de présenter mes sincères remerciements :

- A **Madame Safia SABIR mon encadrante de la FST** pour sa grande disponibilité, ses conseils et le temps précieux qu'elle m'a accordé malgré ses préoccupations.
- A **Mr BOUHLAL** chef de laboratoire d'ONEE Meknès qui m'a toujours accueilli avec sympathie et qui m'a guidé avec ses précieux conseils.
- A Tout le personnel du laboratoire physico-chimique et microbiologique de l'ONEE, surtout **Mr Youssef Aalaoui Mdarhri** qui ont mis à ma disposition toute les informations nécessaires pour ma formation et aussi qui m'ont permis d'effectuer cette période de stage dans d'excellentes conditions.
- Aux membres de jury **Pr. A KANDRI RODI** et **Pr O. SQALLI** Veuillez trouver dans ce travail notre sincère respect.

Que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

# Sommaire

<i>Remerciement</i> .....	1
Introduction.....	4
<i>Chapitre 1</i> : Description générale de l'ONEE de Meknès.....	5
I. Généralité sur l'ONEE : .....	5
II. Laboratoire régional de Meknès :.....	6
III. L'organigramme : .....	6
<i>Chapitre 2</i> : Les différentes techniques de traitement et analyses physico-chimiques.....	8
I. Les techniques de traitement : .....	8
1) Coagulation:.....	10
2) Floculation : .....	11
3) Décantation : .....	11
4) Filtration : .....	11
II. Les analyses physico-chimiques : .....	11
1) La température .....	12
2) Potentiel hydrogène (pH) : .....	12
3) La conductivité : .....	12
4) La turbidité /La turbidité colloïdale :.....	12
5) La matière en suspension : .....	13
6) L'oxygène dissous : .....	14
7) Titre alcalimétrique TA et Titre alcalimétrique completTAC :.....	15
8) L'oxydabilité :.....	17
9) La demande en chlore : .....	18
III. Résultatset interprétations des analyses physico-chimiques de oued BOUFKRAN station FAKHARIN :.....	20
1) La température :.....	20
2) Le pH :.....	20
3) <i>Conductivité</i> :.....	21
4) <i>Turbidité et Turbidité colloïdale</i> : .....	22



5) Matière en suspension : .....	22
6) Oxygène dissous : .....	23
7) <i>TA et TAC</i> : .....	24
8) Oxydabilité : .....	24
Chapitre 3 : <i>Rabattement de la turbidité par la méthode</i> <i>de Jar-test</i> .....	26
I. Principe : .....	26
II. Mode opératoire : .....	26
III. Essai de floculation : 1 .....	27
IV. Essai de floculation : 2 .....	29
V. Synthèse : .....	31
Conclusion générale : .....	33

## **Introduction**

L'eau est un besoin vital pour chaque être humain: on l'utilise pour boire, pour préparer la cuisine, pour se laver, pour l'évacuation des toilettes, pour arroser le jardin, pour nettoyer la maison etc. Elle sert aussi pour la plupart des activités humaines qui nous entourent : pour l'agriculture, la production industrielle, les transports, le nettoyage des villes, l'énergie etc. C'est pour cela l'état a édifié l'office national de l'eau potable pour assurer la production et la distribution de l'eau potable (conforme aux normes définies par la réglementation).

Mon stage a été effectué à l'ONEP office national des eaux potable Meknès. L'objectif de mon travail est de comprendre les différentes étapes de traitement de l'eau potable et de réaliser des analyses physico-chimiques au sein du laboratoire. Au cours de mon stage je me suis intéressé particulièrement à l'étude de l'étape coagulation-floculation qui représente une étape clé dans le traitement des eaux chargées en matière en suspension: Les colloïdales

Les principaux points que je vais traiter dans ce rapport :

- **Chapitre 1** : Description générale de l'ONEE
- **Chapitre 2** : Les différentes techniques de traitement et les différentes analyses physico-chimiques.
- **Chapitre 3** : Rabattement de la turbidité par la méthode de Jar-teste

# **Chapitre 1 :                    Description générale de l'ONEE de** **Meknès**

## **1) Généralité sur l'ONEE :**

L'ONEE (office national de l'électricité et de l'eau potable) est le fruit d'un regroupement (avril 2012) entre Deux offices : l'office national de l'eau potable (ONEP), et l'office national de l'électricité (ONE).

La création de l'ONEE a été créée en 1929 par dahir sous le nom de REIP (Régie d'Exploitation Installation et planification), puis REI (Régie d'Exploitation Installation), sous nom ONEP en 1972 et enfin sous nom ONEE en 2012.

L'ONEE est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. L'ONEE branche eau est l'acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement.

Les missions principales de l'Office sont :

- ✓ Planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale.
- ✓ 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 collectivités locales.
- ✓ Contrôle de la qualité des eaux.

L'office considéré comme le premier producteur avec 767 millions m<sup>3</sup>(soit 80% de la production nationale en eau potable) couvrant les besoins de 96% de la population totale urbaine du royaume et le premier distributeur avec 1,2 millions de clients répartis sur plus de 500 communs.

En perspective entre 2011-2015, l'ONEE-BRANCHE EAU a mis au point un programme de développement pour la pérennisation et la sécurisation des infrastructures d'approvisionnement de milieu urbain en eau potable d'un montant de plus de 13,4 milliards de dirhams :

- ✓ Equiper un débit supplémentaire de 14m<sup>3</sup>/s.

- ✓ Améliorer le rendement des réseaux de distribution à 76%.
- ✓ Augmenter le taux de branchement individuel à 96%.

L'ONEE branche eau, dispose d'un laboratoire central et de 112 laboratoires décentralisés dont 72 laboratoires d'eau potable répartis sur tout le royaume. Ces laboratoires effectuent des contrôles de qualité physiques, chimiques et bactériologiques qui respectent les normes marocaines.

## **2) Laboratoire régional de Meknès :**

A tous stades de la production de l'eau allant de l'adduction du traitement jusqu'à la distribution, la qualité de l'eau fait l'objet de nombreux contrôles physiques, chimiques et bactériologiques qui respectent les normes marocaines et qui sont assurées par le laboratoire régional de Meknès.

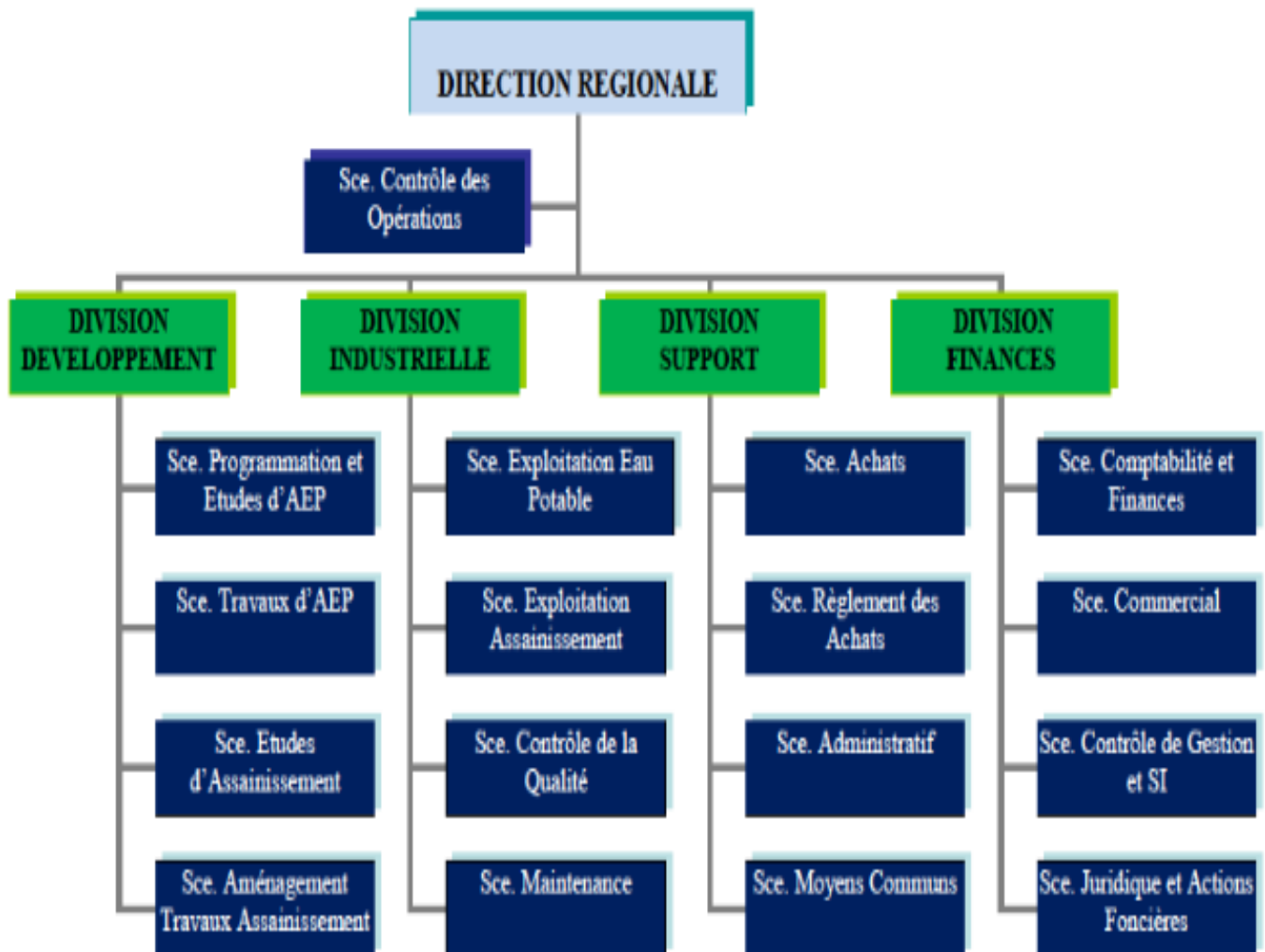
Pour cela le laboratoire régional de Meknès dispose d'une salle d'analyse :

- ✓ physico-chimiques
- ✓ bactériologique

## **3) L'organigramme :**

Le schéma ci-dessous représente l'organigramme de l'ONEE de Meknès :

# ORGANIGRAMME



➤ **Schéma 1:** l'organigramme de l'ONEE.

## **Chapitre 2 :**

### **Les différentes techniques de traitement et analyses** **physico-chimiques**

#### **I. Les techniques de traitement :**

Traiter les eaux demande l'application de techniques différentes. Leur mise en œuvre peut être simultanée ou successives suivant les pollutions mises en jeu dans les eaux à traiter. Ces techniques peuvent être d'ordre mécaniques, physiques, chimiques, ou encore biologiques. Le but étant toujours d'assainir l'eau rejetée ou utilisée afin qu'elle soit compatible avec l'environnement ou l'usage que l'on compte en faire.

#### **1) Les techniques de traitement de l'eau de surface :**

✓ **Adoucissement** : c'est un traitement qui permet d'adoucir l'eau, c'est à dire d'en diminuer la dureté, à savoir, diminuer la concentration en calcium et magnésium qui précipitent et qui forment des incrustations calcaires et magnésium.

Le traitement d'adoucissement pour les grands débits on utilise le lait de chaux qui fait précipiter le Calcium et le Magnésium mais il faut ensuite acidifier car la chaux fait augmenter le pH ; pour les petits débits il y a la résine échangeuse d'ions qui fait remplacer le Calcium et le Magnésium par le sodium ou autres cations qui constitue la résine ; d'une façon générale l'osmose inverse est un traitement qui filtre l'eau de tous les anions et cations car c'est une nanofiltration.

✓ **Coagulation** : est utilisée dans le traitement des eaux afin d'agglomérer les particules en suspension entre elles pour les récupérer ensuite par décantation.

✓ **Floculant** : Après avoir été déstabilisée par la coagulation, les particules en suspension ont besoin d'être agitée plus lentement afin de pouvoir entrer en contact les unes avec les autres de manière plus efficace.

✓ **Lagunage** : Le lagunage est un traitement d'épuration extensif des eaux usées a pour but la dégradation de la matière organique par les bactéries, il est constitué par un traitement primaire a pour rôle la décantation des matières en suspension et la dégradation d'environ 30%

de la matières organiques ;la fosse est profonde d'environ 5 mètres pour éviter la photosynthèse ;la dégradation est assuré par les bactéries anaérobiose la fermentation pour faire dégager des gaz comme le méthane et le sulfure d'hydrogène.

Le traitement secondaire ou facultatif est constitué par une lagune de profondeur 1 à 1.5 mètre la photosynthèse est réalisée par les algues qui absorbe les nutriments et le gaz carbonique pour produire l'oxygène nécessaire pour les bactéries aérobies pour dégrader la matière organique en surface en profondeur les autres bactéries anaérobies dégradent aussi la pollution organique.

On peut parler d'un traitement tertiaire qui fait éliminer les parasites et la plupart des bactéries pathogènes, il est constitué par une lagune peut profonde d'environ 0.5 mètre de profondeur ce traitement est assurer par les rayons de soleil.

✓ **Osmose Inverse** : Le principe de l'osmose inverse pour le traitement de l'eau est de faire passer cette eau à travers une membrane ultrafine (jusqu'à 0.001 micron) afin de ne laisser passer que les molécules d'H<sub>2</sub>O. Ce procédé très efficace permet d'éliminer 95% à 99% des particules présentes dans l'eau et d'en diminuer nettement la dureté. L'eau passant à travers cette membrane doit être au préalable bien filtrée afin de ne pas saturer l'osmoseur.

✓ **Traitements Biologiques**: Dans le traitement des eaux industrielles ou le traitement des eaux domestiques on utilise souvent les traitements biologiques afin d'éliminer les éléments organiques comme les graisses, les sucres, les protéines, etc. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie) ou sans oxygène (méthode anaérobie).

L'eau épurée par des méthodes biologiques et qui satisfait les normes de rejet sont rejetées dans le milieu naturel sans risque de pollution.

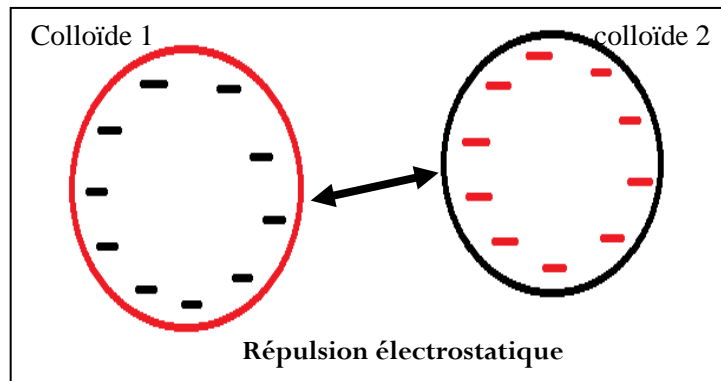
## 2) **Rabattement de la turbidité par la méthode de jar-test :**

### **Principe :**

Un essai de floculation coagulation consiste à rechercher au laboratoire les doses optimales du coagulant et du floculant. La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique utilisé pour le traitement de la potabilisation d'eau brute. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement: Les colloïdes.

Les colloïdes sont des particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels:

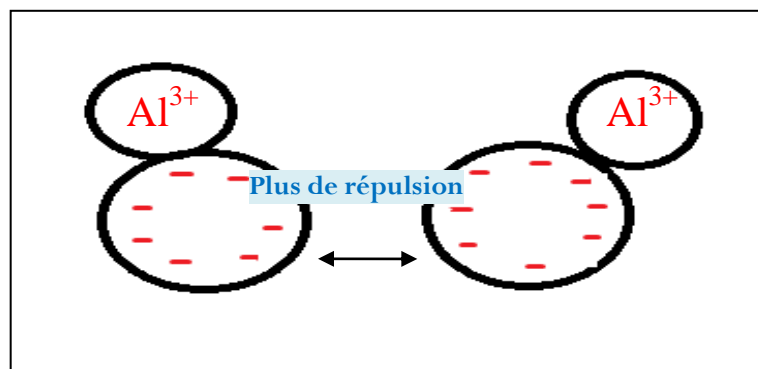
D'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm), d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électronégativement, ce qui engendrant des forces de répulsions intercolloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation Extrêmement faible. (**figure1**)



**Figure1** : Structure des colloïdales.

### a) Coagulation:

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est à dire de faciliter leur agglomération ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques. C'est généralement le sulfate d'alumine qui est utilisé (autres coagulants : Chlorures ferriques, sulfates ferreux ....). On peut expliquer l'action du sulfate d'aluminium de façon simplifiée selon le modèle suivant (**figure 2**) :



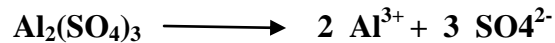
**Figure2**: Déstabilisation des colloïdales.

Le sulfate d'aluminium est un solide ionique constitué d'ions aluminium ( $Al^{3+}$ ) et d'ions sulfate ( $SO_4^{2-}$ ).

Comme tout solide, il est électriquement neutre et se compose de 2 cations aluminium pour



3 anions de sulfate  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Lors de son ajout dans l'eau, le sulfate d'aluminium se dissout pour former des cations d'aluminium et des anions de sulfate selon l'équation de dissolution:



Les cations  $\text{Al}^{3+}$  neutralisent la charge négative des colloïdes: ceux-ci ne se repoussent plus et peuvent entrer en contact.

### **b) Floculation :**

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent et l'injection du polyélectrolyte, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules forment un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. Pour cela on applique le procédé adopté par le laboratoire qui consiste à suivre les étapes suivantes :

- **Le pré chloration** C'est la dose du Chlore nécessaire à une eau pour oxyder les matières organique et minérale pour attendre la Break-point.
- Essai au sulfate d'alumine.
- Amélioration de l'essai par utilisation de flocculant: Polyélectrolyte.

### **c) Décantation :**

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

### **d) Filtration :**

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

## **II. Les analyses physico-chimiques :**

Pour que les résultats obtenus soient fiables, il faut que les prélèvements des échantillons d'eau soient représentatifs.

Pour les analyses physico-chimiques on prend des flacons en plastique on les remplit avec l'eau de surface de oued BOUFKRAN « station FAKHARIN », tout évitant les zones mortes, une fois ces flacons sont remplis, on ajoute de l'acide sulfurique et on les place au réfrigérateur afin de bloquer la vie biologique qui va consommer les éléments nutritifs tels que les phosphates, la matière organique, les composés azotés ce qui va par la suite fausser les résultats du dosage. Les échantillons sont par la suite acheminés rapidement au laboratoire.

Pour l'analyse de l'oxygène dissous, on conserve les échantillons par le sulfate de manganèse et d'iodure alcalin dans un flacon en verre.

### 1) La température

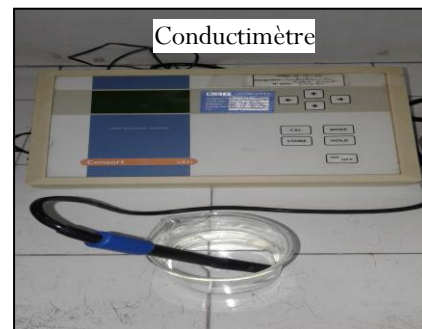
La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous, dans la solubilité des gaz, sur la conductibilité électrique et dans la détermination du pH. La mesure de la température se fait sur terrain à l'aide d'un thermomètre.

### 2) Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre non conservable il doit être mesuré sur place, il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Le pH détermine l'acidité, l'alcalinité et la neutralité d'une eau. Il se mesure à l'aide d'un pH-mètre.

### 3) La conductivité :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée se traduit soit par des pH anormaux, soit par une salinité élevée du fait que la majorité des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions. (Figure 3)



*Figure 3 :* Conductimètre

### 4) La turbidité / La turbidité colloïdale :

La turbidité est due à la présence de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplanctonique ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide.

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Le principe consiste à mesurer la dispersion de la lumière par les particules en suspension présentes dans une cellule en verre à 90° par rapport au faisceau de lumière incident. La turbidité colloïdale mesure seulement les colloïdes (diamètre < 0.2 mm) présents dans l'eau après filtration sur le papier filtrant.

La turbidité a un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes

L'unité de la turbidité est le NTU (Néphélobimétrie turbidity unit)

### **5) La matière en suspension :**

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux polluées. Leurs effets sur les caractéristiques physicochimiques de l'eau sont très néfastes (modification de la turbidité des eaux, réduction de la pénétration de la lumière et diminution de l'oxygène dissous).

#### **❖ Mode opératoire :**

- ❖ Mettre un verre de montre dans un dessiccateur pour absorber leur humidité.
- ❖ Peser sur une balance de précision (3 chiffres après la virgule), le verre de montre dans lequel on va mettre une membrane filtrante de 0.45 de diamètre(P<sub>1</sub>).
- ❖ Filtrer l'échantillon de l'eau sur cette membrane.
- ❖ Mettre le verre de montre dans une étuve réglée à une température de 105°C pendant 2h.
- ❖ En suit, mettre le verre de montre dans le dessiccateur pour que l'échantillon refroidisse sans absorber l'humidité.
- ❖ Peser le verre de montre sur la balance de précision (P<sub>2</sub>).

#### **Expression du résultat :**

$$\text{MES} = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

**P<sub>2</sub> : le poids de la matière en suspension dans la membrane.**

**P<sub>1</sub> : le poids de membrane vide.**

**V : le volume d'eau qu'on a utilisé.**

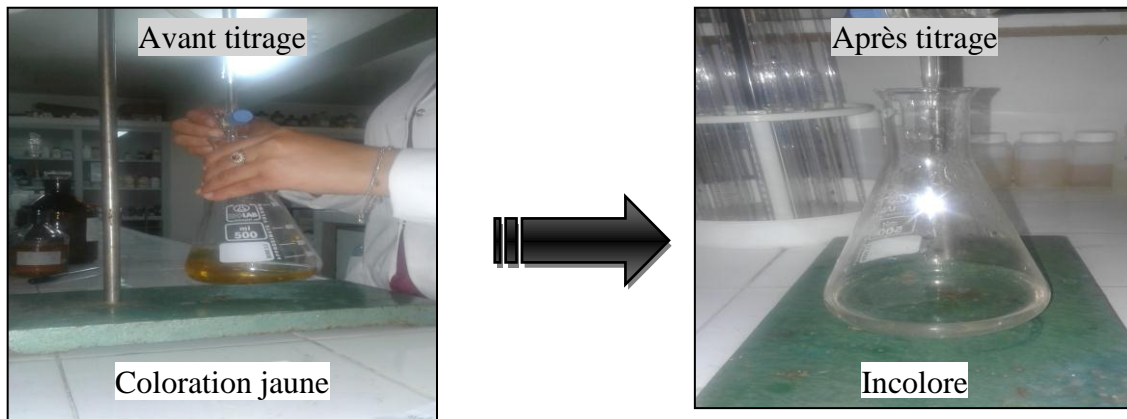
### **6) L'oxygène dissous :**

L'oxygène dissous (O.D.) dans l'eau provenant d'une atmosphère, de respirations des animaux aquatiques et des végétaux chlorophylliens. Il est mesuré en nombre de milligrammes d'oxygène (O<sub>2</sub>) par litre d'eau (mg/l).

❖ **Mode opératoire :**

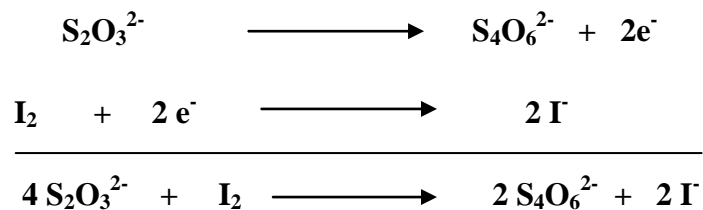
On remplit un flacon de 250 ml d'échantillon sans bulles d'air (pour ne pas fausser le résultat) et on ajoute 2 ml de sulfate de manganèse et 2 ml de l'iodure alcalin. On agite un peu, puis on ajoute 2 ml de l'acide sulfurique concentré.

On prélève 100 ml de cette solution et on la dose par le thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration. (**Figure 4**)



**Figure 4:** titrage de l'oxygène dissous.

❖ **Les réactions mises en jeu au cours du dosage sont :**



❖ **L'expression du résultat:** (Voir l'annexe)

$$\boxed{[\text{O}_2] = 1,6V_{\text{tb}} \text{ (mg/l)}}$$

$V_{\text{tb}}$  : tombée du burette.

## 7) Titre alcalimétrique TA et Titre alcalimétrique complet TAC :

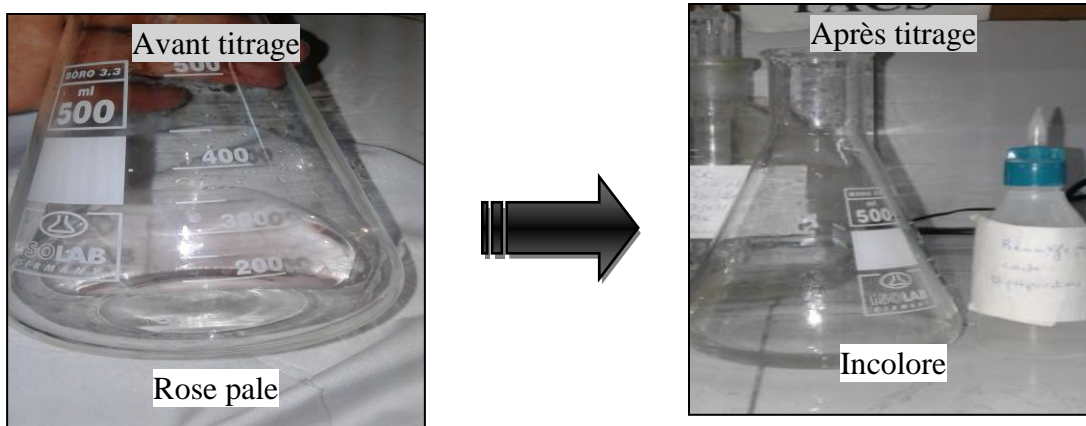
### ❖ mode d'opérateur :

On introduit 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, on additionne deux gouttes de phénophtaléine (indicateur de pH avec une zone de virage de 8,3 à 10), le résultat peut être représenté soit par :

- Une coloration rose, qui signifie que le TA est différent de 0, ce qui nécessite un dosage par HCl (N/10). On verse goutte à goutte jusqu'à la décoloration et on note le volume versé (V).
- L'absence d'une coloration, ce qui signifie que le TA est égal à 0, donc le pH de l'eau est inférieur à 8,3.

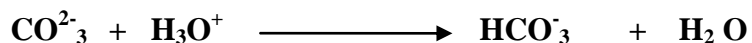
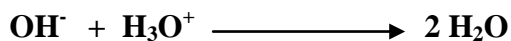
### a) M8Titre alcalimétrique TA :

Il Correspond à la neutralisation des ions hydroxyde  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) par un acide fort. (**Figure 5**)



**Figure5** : titrage de TA

### ➤ Les réactions mises en jeu sont :



➤ **Expressions des résultats :** (Voir l'annexe)

$$T.A \text{ ( méq/l)} = 1/2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

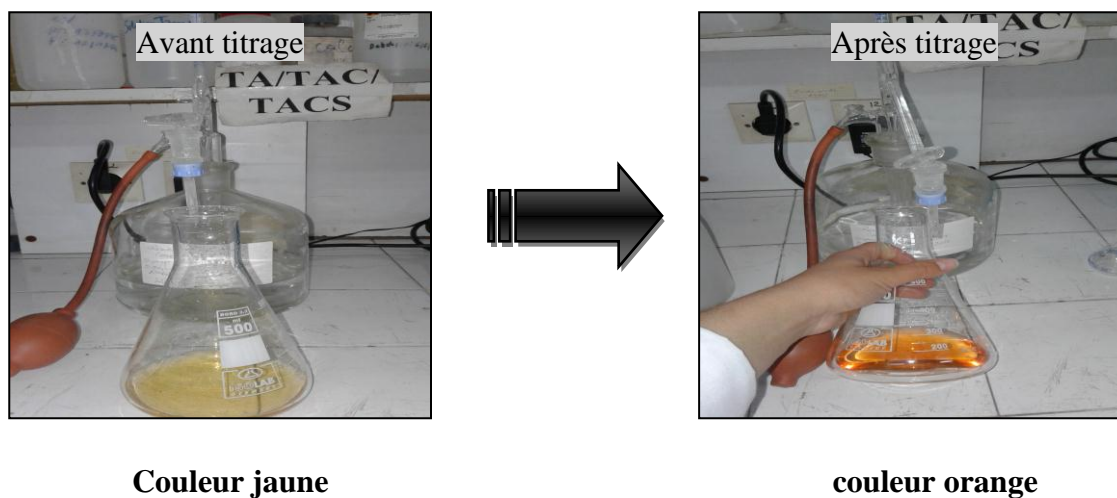


$$\text{TA} = V_{\text{tb}}(\text{méq/l})$$

$V_{\text{tb}}$ : tombée de burette.

**b) Titre alcalimétrique complet TAC :**

Il Consiste à neutraliser des ions hydroxydes, bicarbonates et carbonates par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (hélianthine), c'est-à-dire neutralisation de toutes les espèces basiques présentes. (**Figure 6**)

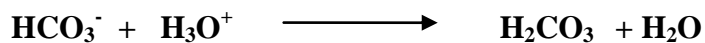
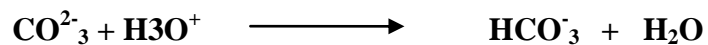
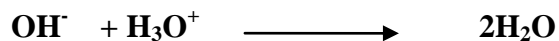


Couleur jaune

couleur orange

**Figure 6:** titrage de TAC

- **Les réactions mises en jeu sont :**



- **Expressions des résultats** : (voir l'annexe)

$$\text{T.A.C (m\acute{e}q/l)} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-]$$



$$\text{TAC (m\acute{e}q/l)} = (V+V')$$

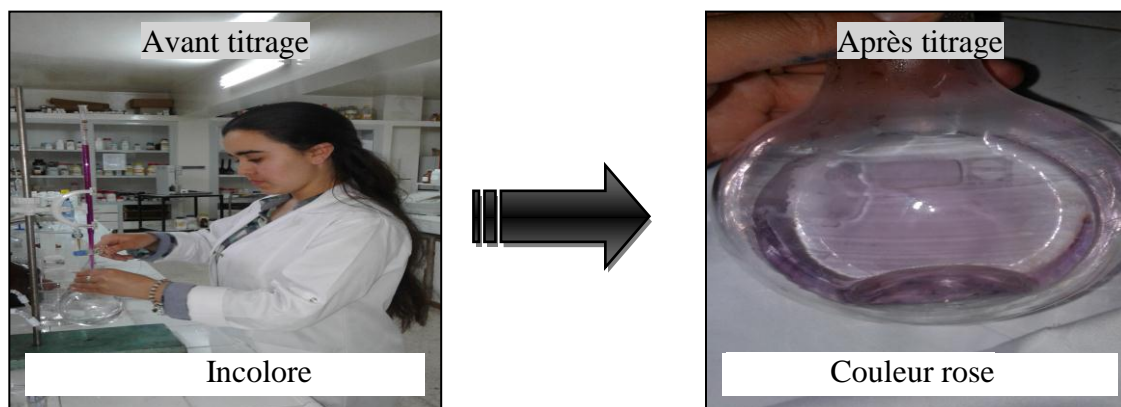
V : tombée de burette en présence du phénophtaléine

V' : tombée de burette en présence de l'hélianthine.

## 8) **L'oxydabilité** :

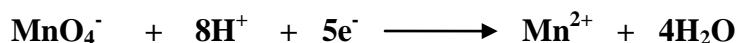
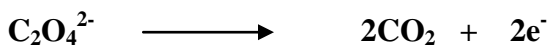
### **Mode opératoire** :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit 100 ml de l'échantillon à analyser on ajoute 2 ml de l'acide sulfurique concentré, on chauffe au reflux pendant 10 min et on ajoute 10 ml de la solution de (KMnO<sub>4</sub>, N/100), puis on porte à ébullition pendant exactement 10 min, on additionne par la suite 10 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 mmol/l. Enfin on effectue à chaud un dosage en retour par les permanganates de potassium. (**Figure7**)

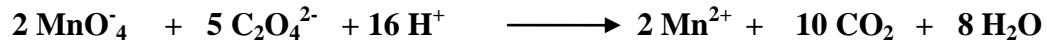


***Figure 7:*** titrage de l'oxydabilité

- **Les réactions mises en jeu au cours du titrage** :



- **La réaction globale:**



- **Expressions des résultats :** (voir l'annexe)

$$C_{\text{massique}}(\text{O}_2) = 0,8 * V_{\text{tb}} \text{ mg / l}$$

## **9) La demande en chlore :**

Cette méthode nous permet de déterminer la quantité de chlore (break point) qu'il faut injecter à l'eau brute lors de la pré-chloration.

### **a) Titrage de l'eau de javel :**

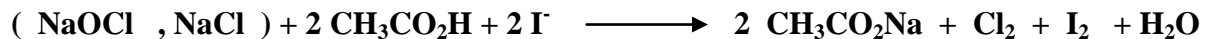
On détermine le titre d'eau de javel pour déterminer la demande en chlore.

Dans un erlenmeyer on introduit successivement :

- ✓ 1 ml d'eau de javel (NaO Cl, Na Cl).
- ✓ 10 ml de solution d'iodure de potassium à 10 %.
- ✓ 10 ml d'acide acétique à 9N.

On titre l'iode libéré par le thiosulfate de sodium (1/10 N) en présence de l'empois d'amidon jusqu'à la décoloration.

- **Les réactions mises en jeu :**



- **Expressions des résultats :** (voir l'annexe)

$$[\text{EJ}] = 3,55 * V_{\text{tb}}(\text{g/l})$$

**[EJ] : la concentration de l'eau de javel**



## **b) Préparation des étalons à partir de la solution 0,1 mg/l de l'eau de javel :**

On prépare une série de flacons de 100 ml d'eau à analyser, dans lesquels on ajoute des quantités de la solution 0,1 mg/l de l'eau de javel avec un ordre croissant. Après 30 min, à l'obscurité, on dose le chlore résiduel par la comparatrice chlorométrie après introduction d'un indicateur coloré DPD qui donne à l'eau (échantillon) une coloration rose. (Figure 8).



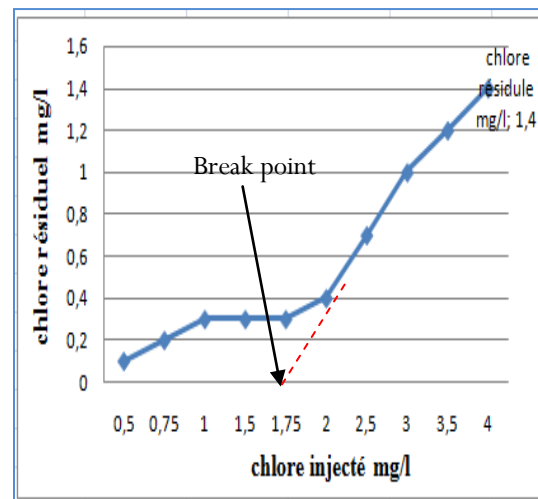
**Figure 8** : Dosage du chlore résiduel par le comparateur

## **c) Détermination de break point :**

On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté pour déterminer la quantité du chlore qu'il faut ajouter à l'eau (break point)

Le tableau et la courbe ci-dessous présentent des différentes quantités du chlore injecté et le chlore résiduel :

chlore injecté mg/l	chlore résiduel mg/l
0,5	0,1
0,75	0,2
1	0,3
1,5	0,3
1,75	0,3
2	0,4
2,5	0,7
3	1
3,5	1,2
4	1,4



**Tableau** : la variation du chlore résiduel en fonction du chlore injecté

**La courbe** : chlore résiduel en fonction du chlore injecté

D'après la courbe, la dose de l'eau de javel qu'il faut ajouter (break point) est de 1,75 mg/l.

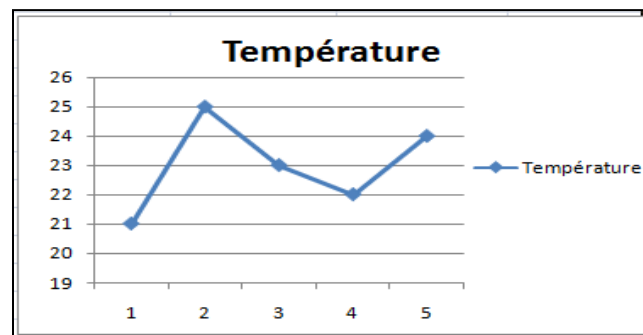
### **III. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques de oued BOUFKRAN station FAKHARIN :**

#### **1) La température :**

Le tableau ci-dessous présente la variation de la température en fonction de l'heure et de la date pour 5 prélèvements:

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
Température	21	25	23	22	24

La courbe ci-dessous présente la variation de la température pour les 5 prélèvements :



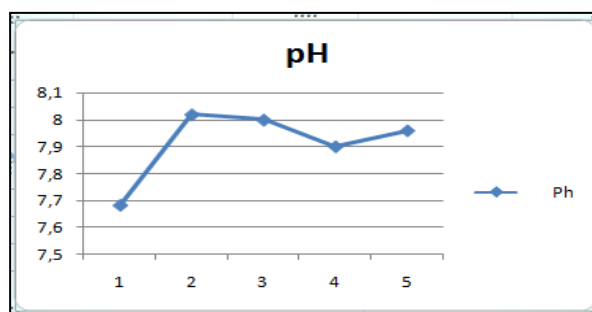
La température de l'eau agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau. Il change selon le climat.

#### **2) Le pH :**

Le tableau ci-dessous présente la variation de pH en fonction de l'heure et la date :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
pH	7,68	8,02	8,00	7,90	7,96

La courbe ci-dessous présente la variation de pH dans pour 5 prélèvements :



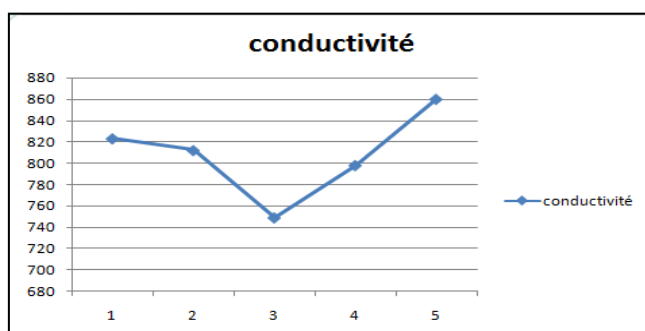
Le pH de l'eau mesure la concentration des protons  $H^+$  contenue dans l'eau. On remarque que le pH est compris entre 7,68 et 8,05 dû à la présence de carbonate et bicarbonate dans l'eau.

### 3) Conductivité :

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats de la variation de la conductivité :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
Conductivité $\mu S/cm$	823	812	749	798	860

La courbe ci-dessous présente la variation de conductivité pour 5 prélèvements:



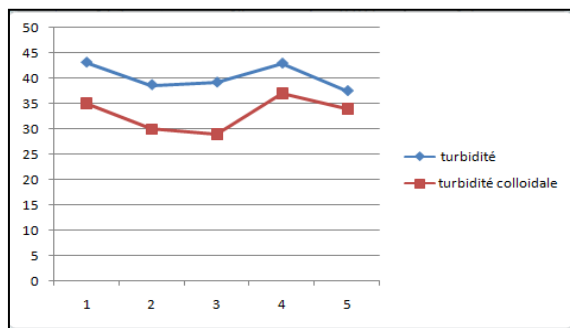
La conductivité vari selon la présence des ions. Dans notre cas elle est comprise entre 820 et 860  $\mu S/cm$  donc elle respecte la norme marocaine (voir l'annexe).

#### 4) Turbidité et Turbidité colloïdale :

Tableau de variation de la Turbidité et la Turbidité colloïdale en fonction de l'heure et la date pour les 5 prélèvements :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
La turbidité	43,2	38,7	39,2	42	37,5
La turbidité Colloïdale	35	30	29	37	34

La courbe ci-dessous présente la variation de Turbidité et Turbidité colloïdale pour les 5 prélèvements :



La turbidité et la turbidité colloïdale de l'eau varient d'un jour à l'autre presque de la même façon en raison du changement climatique, la nature des rejets dans la rivière et en période de crue en général.

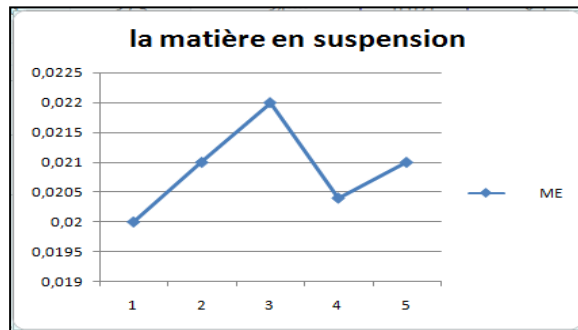
D'après la moyenne de la turbidité : 40.32 et la turbidité colloïdale: 33, on peut dire que cette station est turbide.

#### 5) Matière en suspension :

Le tableau ci-dessous présente la variation de la matière en suspension en fonction de l'heure et la date :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
La matière en suspension: mg/ml	0,0200	0,0210	0,0220	0,0204	0,0210

La courbe ci-dessous présente la variation de la matière en suspension pour les 5 prélèvements :



La variation de la matière en suspension due aux rejets des habitants et au débit d'eau qui peut être aussi influencé (s'il est élevé) par la présence du sable.

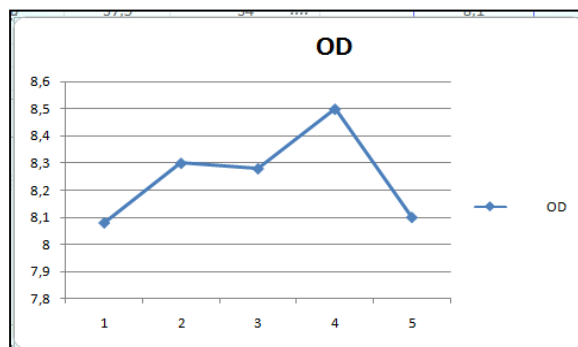
D'après les résultats (compris entre 0,0200mg/l et 0,0220) on remarque que cette eau est polluée.

### 6) Oxygène dissous :

Le tableau rassemble les résultats de la variation de l'oxygène dissous :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
Oxygène dissous meq/l	8,08	8,3	8.28	8,5	8,1

La courbe ci-dessous présente la variation de l'oxygène dissous pour les 5 prélèvements :



L'oxygène dissous est un indice de pollution indique la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, dans notre cas il est compris entre 8,5 et 8,08 mg/l d'oxygène dissous donc on peut dire

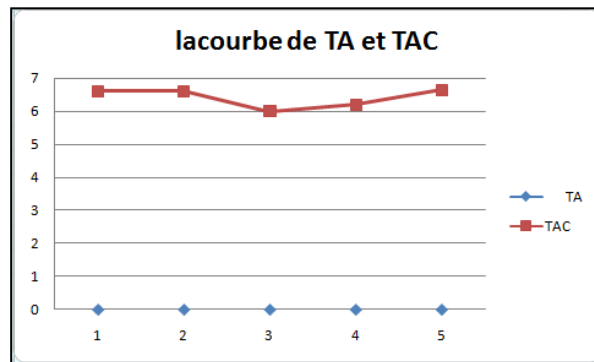
que la station FAKHARINE a un pourcentage de pollution non dangereux (selon la norme marocaine).

### 7) TA et TAC :

Le tableau ci-dessous présente la variation de TA et TAC en fonction de l'heure et la date :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
TA	0	0	0	0	0
TAC	6,6	6,6	6	6,2	6,4

La courbe ci-dessous présente la variation de TA et TAC pour les 5 prélèvements :



Pour TA=0 donc on a l'absence des ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Pour une variation de TAC entre 6 et 6,64 meq/l due à la variation  $[\text{HCO}_3^-]$  dans l'eau :

$$[\text{HCO}_3^-] = 12,2 * \text{TAC}_{\text{moyenne}} = 12,2 * 6,408$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 78,1776 \text{ mg/l} \quad (\text{voir l'annexe})$$

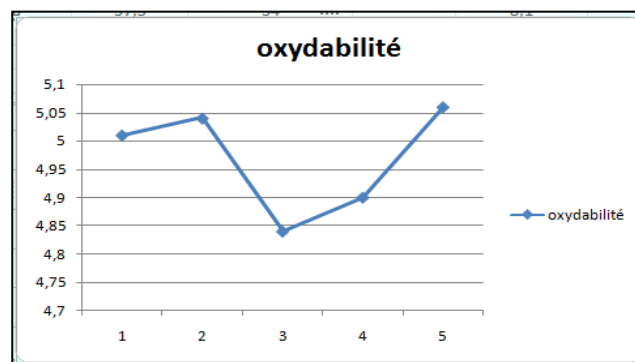
**N.B** : le TA est différent de 0 lorsque  $\text{pH} \geq 3$

## 8) Oxydabilité :

Le tableau suivant rassemble les résultats de variation d'oxydabilité :

Dates	16/04/2017	07/05/2017	09/05/2017	11/05/2017	16/05/2017
Heure	16h20min	17h30min	12h40min	8h12min	12h46min
Oxydabilité	5,01	5,04	4,84	4,9	5,06

La courbe ci-dessous présente la variation de l'oxydabilité pour les 5 prélèvements :



Selon la qualité de l'eau, l'oxydabilité peut augmenter ou diminuer en fonction du taux des matières oxydables dans l'eau. Dans notre cas il est compris entre 5,06 et 4,84 mg/l. on peut dire qu'il est au norme c'est à dire ne contient pas beaucoup de matières organiques.

## **Chapitre 3 :**

### **Rabattement de la turbidité par la méthode**

#### **De Jar-test.**

##### **1) Principe :**

Cette méthode nous permet de déterminer les doses optimales de chaque réactif à ajouter dans l'eau pour sa clarification.

##### **2) Mode opératoire :**

- ✓ On remplit 5 flacons par 1 litre d'eau brute.
- ✓ On injecte la quantité de chlore correspondant à la demande en chlore précédemment déterminée
- ✓ On injecte en quantité croissante le coagulant (sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4,18\text{H}_2\text{O}$ ), avec une agitation de 120 tours /min pendant 2 min.
- ✓ On ajoute 0,1 ml de floculant (poly électrolyte) dans chaque flacon avec une vitesse de 40 tours /min pendant 20 min.
- ✓ On note le délai d'apparition des floes à partir du début de l'agitation lente.
- ✓ On laisse décanter pendant 30 min.

NB : dans le deuxième essai, on fixe la meilleure dose de coagulant et y ajoute des doses croissantes de floculant.

##### **➤ Présentation de l'essai de jar test :**

- Pendant ce temps de décantation
  - ✓ on estime : la vitesse de sédimentation des floes formés (rapide, moyenne, lente), et le chlore résiduel du surnageant.
  - ✓ On détermine le pH, turbidité et l'oxydabilité.
- Après filtration du surnageant sur filtre, on détermine pour chaque essai la turbidité et l'alcalinité.



➤ Critère de choix du meilleur bécber :

Le tableau suivant présente la norme marocaine de jar-test:

Taille de floc	pH	Turbidité filtrée	Oxydabilité	Turbidité décantée
Moyenne	Entre 7 et 7,60	≤0.5 NTU	≤2mg/l	≤5

**Tableau 1 :** la norme de jar-test

**3) Essai de floculation : 1**

Après les analyses physico-chimiques et la détermination du break point on va faire le jar-test. On prend 5 bécbers de 1 l, on fixe le polyélectrolyte à 0,1 mg /l et on ajoute des différentes doses de coagulant dans chaque bécber.

Le tableau ci-dessous présente les différentes doses de coagulant ajoutées:

Bécber	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Pré-chloration (mg/l)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Floculant : polyélectrolyte (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coagulant : $Al_2(SO_4)_3$	20	30	35	50	80

**Tableau 2:** les différentes doses de coagulant.

**a) Observation pendant le déroulement du processus :**

Le tableau suivant présente délai d'apparition du floc, son aspect et la première estimation de la vitesse.

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Délai d'apparition du floc pendant agitation lente	12min	9min	7min	5min	10min
Aspect du floc en fin d'agitation lente	Petits points	Petits points	Flocons moyenne	Bon floc	Très petit points
Première estimation de la vitesse de sédimentation	Lente	Lente	Moyenne	Rapide	Très lent

**Tableau3 :** description du floc.

### ***b) Observation après décantation (temps de décantation : 30min)***

Après décantation de 30 min on va mesurer : le pH, l'oxydabilité, la turbidité, la matière en suspension et le chlore résiduel.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
pH	7,86	7,72	7,46	7,62	7,46
Oxydabilité en mg/l	3,56	3,36	2,88	2,36	3,12
Turbidité en N.TU	6,8	4,2	4	1,80	2,84
Matière en suspension en mg/l	0,006	0,004	0,003	0,001	0,003
Chlore résiduel en mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

**Tableau 4 :** les analyses après décantation de 30min.

### ***c) Observation après filtration***

Le tableau suivant résume les mesures de la turbidité et TAC après filtration :

	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Turbidité en N.T.U	3,3	2,5	1,57	0,82	0,56
T.A.C en meq/l	6,4	6,2	6,2	5,9	5,8

**Tableau 5 :** les analyses après filtration.

On va choisir le béccher N°3 qui contient 35 mg /l de sulfate d'alumine comme le meilleur béccher, car son résultat est proche de la norme, il suffit de jouer sur la dose de polyélectrolyte pour améliorer sa qualité.

Le béccher N° 4 contenant 50 mg/l de sulfate d'alumine présente les meilleurs résultats, mais vu que le prix de sulfate d'Alumine est élevé, on ne peut pas le choisir.

**Remarque :**

- Le rôle de sulfate d'alumine c'est la déstabilisation des colloïdes, mais lorsqu'il est en excès ces colloïdes deviennent stables donc la turbidité va augmenter (exemple : bécher N°5 contenant 80 mg/l).
- On remarque que plus la dose de coagulant augmente plus le pH diminue. Ceci est dû par le fait que le coagulant (sulfate d'alumine) consomme l'alcalinité. Le pH et l'alcalinité sont des facteurs importants, car ils déterminent l'efficacité du coagulant dans la solution.

**4) Essai de floculation : 2**

On prend le meilleur bécher de l'essai précédente (le bécher N°3 qui contient 35 mg/l de sulfate d'Alumine) et on y ajoute des différentes doses de polyélectrolyte :

Le tableau ci-dessous présente les différentes doses de floculant dans les 4 béchers de jar-test:

	N°1	N°2	N°3	N°4
Pré-chloration en mg/l	1,75	1,75	1,75	1,75
Polyélectrolyte en mg/l	0,1	0,15	0,2	0,25
Coagulant en mg/l	35	35	35	35

**Tableau 6:** les différentes doses de floculant

**d) Observation pendant le déroulement du processus :**

Le tableau suivant présente le délai d'apparition du floc, son aspect et la première estimation de la vitesse.

	N°1	N°2	N°3	N°4
Délai d'apparition du floc pendant agitation lente	7min	5min	5min	3min
Aspect du floc en fin d'agitation lente	Flocons de dimension moyenne	Flocons de dimension moyenne	Bon floc	Bon floc
Première estimation de la vitesse de sédimentation	Moyenne	Moyenne	Rapide	Rapide

**Tableau 7 :** description du floc.

**e) Observation après décantation (temps de décantation : 30min)**

Après décantation de 30 min on va mesurer : le pH, l'oxydabilité, la turbidité, la matière en suspension et le chlore résiduel.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	N°1	N°2	N°3	N°4
pH	7,46	7,47	7,45	7,46
Oxydabilité en mg/l	2,96	2,92	2,23	3,5
Turbidité en N.TU	4	3,6	2,62	3,2
Matière en suspension en mg/ml	0,003	0,001	0	0,001
Chlore résiduel en mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1

**Tableau 8:** les analyses après décantation de 30min.

**f) Observation après filtration :**

Le tableau suivant résume les mesures de la turbidité et TAC après filtration :

	N°1	N°2	N°3	N°4
Turbidité en N.T.U	1,57	1,4	0,8	1,27
T.A.C en meq/l	6,2	6,1	6,22	6,2

**Tableau 9 :** les analyses après filtration.

⇒ D'après les résultats, on trouve que le meilleur bécher est celui qui a une quantité de 0,2 mg/l de polyélectrolyte (bécher N° 3).

**Remarque :**

On remarque que l'addition de polyelectrolyte a un seuil à ne pas dépasser, si on le dépasse il va augmenter la turbidité au lieu de la diminuer (bécher N°4).

L'ajout de polyélectrolyte n'a pas d'influence ni sur le titre alcalimétrique complet TAC ni sur le pH .

### 5) Synthèse :

Le tableau suivant présente le résultat du meilleur bécber (bécber N°3) avec la norme marocaine de jar-test :

	Résultat de meilleur bécber	La norme marocaine de jar-test
Taille de floc	Moyenne	Moyenne
pH	7,45	7,4
Turbidité décantée	2 ,23	≤5
Turbidité filtrée	0,8NTU	≤0.5 NTU
Oxydabilité	2,88	≤2mg/l

**Tableau 10** : les caractéristiques le meilleur bécber et la norme marocaine de jar-test

D'après cette comparaison, on peut conclure que les doses optimales, pour avoir l'eau de station FAKHARIN de bonne qualité, sont de 35 mg/l de sulfate d'alumine et de 0,2 mg/l de polyélectrolyte.

Après ce traitement on peut utiliser cette eau pour :

- Le lavage : puisque l'eau a une bonne turbidité, la matière organique respecte la norme et le pH est neutre.
- L'irrigation :

Ce tableau représente la comparaison entre la norme d'irrigation et l'eau de notre station après traitement :

	Norme d'irrigation	Notre station après Traitement
pH	6.5 à 8,4	7,46
Conductivité	1200 µS/cm	808,4 µS/cm
Oxydabilité	≤5 meq/l	2,23meq/l
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	≤518mg/l	75,88 mg/l
Température	≤35C°	22C°

**Tableau 11** : les caractéristiques la norme d'irrigation et notre station après traitement

Mais pour être sur de la potabilité, il faut faire toutes les analyses de l'eau potable (nitrates, les éléments lourds, titrage hydrométrique...), cela fera l'objet de mon sujet de master : « la potabilité de station FAKHARIN après rabattement de la turbidité »

## **Conclusion générale :**

Le stage au sein de l'office national de l'eau potable et d'électricité était très enrichissant en ce qui concerne le domaine du traitement et du contrôle de la qualité de l'eau. En effet l'eau potable n'est pas tout à fait « bien du ciel », avant de parvenir au robinet, elle a subi des traitements plus au moins poussés, elle a été stockée, acheminée, puis distribuée.

L'étude qu'on a effectuée sur les échantillons de Oued BOUFKRAN station FAKHARIN Meknès m'a permis d'optimiser les doses de coagulant et flocculant dans l'objectif de produire de bonne turbidité.

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous. Elle est prioritairement une exigence de la santé. C'est la raison pour laquelle, il est nécessaire de la traiter et surtout de l'économiser.