



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

OPTIMISATION DES CONDITION DE L'ESSAI FLOCCULATION (jar-test) Des eaux de la surface

Présenté par :

◆ **Jane Nabil**

Encadré par :

- ◆ **Mr : El Filali Rachid (FST fés)**
- ◆ **Pr : Wahbi Hamid (FST)**

Soutenu Le 09 Juin 2016 devant le jury composé de:

- **Pr : H. WAHBI**
- **Pr : H. CHTIOUI**
- **Pr : A. LHASSANI**

Stage effectué à l'ONEE de Fes

Année Universitaire 2015 / 2016

Dédicace

À mes très chers parents ;

Aucun mot, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, ma considération et mon amour éternel pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

À mes très chers frères;

*Nul mot ne pourra exprimer ma gratitude envers vous
À toute personne qui de près ou du loin m'a fait part des renseignements nécessaires à mon stage et mon rapport ;*

À tous mes chers amis ;

Pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec vous, je vous remercie beaucoup ;

Je vous dédie spécialement mon travail de fin d'étude et c'est grâce à vous que je suis ce que je suis aujourd'hui ;

À la fin d'une étape inoubliable;

Et au début d'une autre ;

Je vous aime tous ;

Nabil JANE

Remerciements

Avant tout développement concernant cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, adressés à ceux qui m'ont beaucoup aidé au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce travail un moment très profitable.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur le Directeur d'office nationale de l'eau et d'électricité de Fès de m'avoir accueilli pour que je puisse effectuer, dans de bonnes conditions, mon projet de fin d'études. Je lui suis très reconnaissant de la confiance qu'il m'a témoignée et je le remercie encore d'avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires en vue de la réalisation de mon projet de fin d'études.

Je remercie également Mme *Fouzia AHHOUH*, Mme *Kaltoum OUALI ALAMI*, Mr *Driss HAMDANI* et Mr. *Mohammed ELFELLAH* pour leur accueil chaleureux, leurs conseils et leur support permanent.

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à mon professeur Mr. *Hamid WAHBI* pour ses précieux conseils tout au long de ce stage et pour m'avoir dirigé lors de ce travail. Mes remerciements vont également à tous les professeurs de la faculté des sciences et techniques de Fès pour leur formation durant la période de mes études.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à mes très chers parents et ma sœur pour leurs sacrifices, leurs soutiens et leurs encouragements.

Enfin, je tiens à remercier les membres du jury pour leur bienveillance à vouloir évaluer mon travail, ainsi que toute personne ayant participé de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Sommaire

Dédicace	1
Remerciement	2
Introduction général	5

I. Présentation de l'ONEE.....6

1. Historique	6
2. Les missions de l'ONEE.....	6
3. Les axes stratégique	6

II. Les différentes étapes dans la station de traitement

1. Procédés de traitement de l'eau à l'ONEE.....	7
a) Procédés physiques	7
b) Procédés chimiques	7
c) Procédés physico-chimiques	7
2. Etude et choix d'une filière de traitement	7
3. Chaîne de traitement.....	8
a) Station de prétraitement et de pompage d'Oued Sebou	8
b) Station de traitement Ain Noukbi	9

III. Les différentes analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de la station de traitement

1. Turbidité	11
2. pH.....	12
3. Conductivite	12
4. Chlore résiduel	12
5. TA et TAC.....	13
6. TH.....	13
7. Oxydabilité.....	13
8. Oxygène dissout	14
9. pH de saturation	14
10. Paramètre de mesure par kit	14
11. Demande en chlore	15

IV. Optimisation de traitement par coagulation floculation

1. Définition.....	17
2. Objectif.....	17
3. Description de la procédure.....	17
a) Matériel utilise en expérience	19

b) Réactifs	17
c) Mode opératoire	17
d) Critères de choix du meilleur bécher	19
4. Résultats des essais coagulation et floculation	20
a) Essai 1.....	20
b) Essai 2	21
c) Essai 3	21
d) Essai 4	22
e) Essai 5.....	23
f) Conclusion des résultants	23
CONCLUSION	24
Reference bibliographique	25

Introduction général

L'eau constitue un élément vital, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, pour cela il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir à l'homme une quantité suffisante pour ses besoins mais pour lui assurer une irréprochable qualité de cette eau, pour cela l'eau fait l'objet de nombreux contrôles de qualité.

Afin de contrôler la qualité d'une eau, il est nécessaire d'effectuer des analyses qui révèlent la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension ou en solution et éventuellement des micro-organismes.

De ces faits l'office national d'eau et d'électricité ONEE (branche eau) prend en charge la planification, la gestion de l'ensemble des ressources en eau et le contrôle de qualité de cette source naturelle.

Ce stage a été réalisé au sein du laboratoire de la station de l'ONEE pour le traitement des eaux pompées à partir d'OUED SEBOU.

Ce travail se situe dans le cadre d'un suivi de toutes les étapes de traitement de la station, et particulièrement l'optimisation de traitement par coagulation floculation des eaux d'OUED SEBOU.

Ce rapport comporte quatre chapitres, dans le premier, on donne une présentation de l'office national de l'eau et d'électricité branche eau. Dans le deuxième, on décrit les différentes étapes de traitement des eaux d'OUED SEBOU. Dans le troisième, on définit les différentes analyses physico-chimiques effectuées dans le laboratoire de la station de traitement Ain el NOKBI Fès.

Et dans la dernière partie on traite l'optimisation de traitement (doses, nature de coagulant, pH ...) par coagulation floculation des eaux d'OUED SEBOU.

I. Office national de l'eau et d'électricité (branche eau)

1. Historique

L'ONEE est un établissement public créé en 1972, à un caractère industriel et commercial doté de la personnalité et de l'autonomie financière.

La création de l'ONEE par dahir a été en 1929 sous le nom REI (régie d'exploitation installation), puis (régie d'exploitation et de planification), l'ONEE portait le nom de ONEP depuis 1972 jusqu'à 2013 avant la fusion entre l'ONE et l'ONEP. (1)

2. Les missions de l'ONEE-Branche eau

Parmi les missions dont il se charge l'ONEE on trouve :

- ✓ Planification de l'approvisionnement en eau potable à l'échelle nationale
- ✓ Production de l'eau potable
- ✓ Distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales C.L
- ✓ Gestion de l'assainissement liquide pour le compte de C.L.
- ✓ Contrôle de la qualité d'eau

L'alimentation en eau potable de la ville de Fès est assurée par l'ONEE, alors que la distribution est assurée totalement par la RADEEF (Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès). (3)

3. Axes stratégiques

- ✓ Sécuriser et améliorer l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain.

Généralisation de l'accès en eau potable.

- ✓ Prendre en charge la gestion du service assainissement liquide. (3)

4. Moyens et matériels

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres, les analyses sont réalisées sur des échantillons d'eaux traitées, brutes, produits de traitement, etc....

Le laboratoire dispose de 5 salles :

- Deux salles pour les analyses chimiques (absorption moléculaire et atomique) ;
- Une salle pour les analyses physico-chimiques ;
- Une salle pour les analyses bactériologiques ;
- Une laverie pour le nettoyage et la stérilisation du matériel.

II. Etapes de traitement dans la station d'Ain NOKBI

1. technique de traitement:

Les techniques de traitement des eaux diffèrent selon l'origine de l'eau à traiter :

- Eau de surface;
- Eau souterraine ;
- Eau de mer;

Mais d'une manière générale, ces différents types d'eau se regroupent sous trois grands types de traitement :

a) *Procède physique:*

Pour éliminer les éléments solides en suspension dans l'eau brute ou formés au cours de traitement on doit suivre les étapes suivantes :

- Aération ;
- Décantation ;
- Filtration;

b) *Procède chimique:*

Pour transformer les éléments en solution dans l'eau en des corps solubles inoffensifs ou des corps insolubles qui précipitent, on peut suivre les méthodes suivantes :

- Oxydation (chlore ou dérivés, KMnO_4 ,...) ;
- Modification du pH (soude, acide sulfurique, acide chlorhydrique,...).

c) *Procède physico-chimique :*

- Coagulation (sulfate d'alumine, chlorure ferrique,...) ;
- Floculation (Alginate, poly-électrolytes anionique,...);
- Déferrisation - démanganisation.

2. Etude et choix d'une filière de traitement :

La filière de traitement dépend de la qualité de l'eau. Cependant, on peut citer quelques points particuliers qui peuvent tracer une ligne de traitement et qui sont comme suit :

- ❖ *Matières organiques* : une teneur élevée en matière organique prévoit une pré-chloration ;
- ❖ *Matière en suspension* : le choix des bons ouvrages dans la station de traitement dépend de la teneur de l'eau en MES ;
- ❖ *Sable* : élément endommageant les roues et les pompes donc un dessablage est nécessaire ;
- ❖ *Pollution bactérienne* : une désinfection est prévue en fin de traitement pour pallier le risque d'une pollution bactérienne ;
- ❖ *Élément de traces métalliques* : principalement éliminés par la pré-chloration ou la clarification. Au cas où la nécessité se présente, un oxydant fort est à prévoir pour oxyder ces éléments.
- ❖ *Mauvais goûts* : pour l'éliminer il faut un traitement au charbon actif.

L'eau produite doit répondre aux exigences de la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine (03.7.001). (1)

3. filière de traitement :

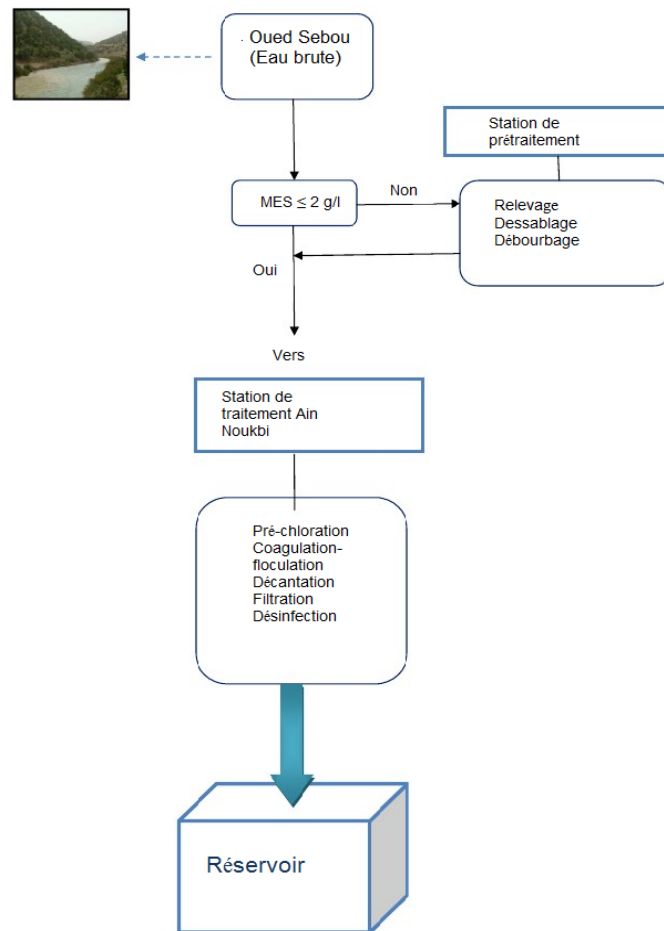


Figure 1 : Filière de traitement des eaux de surface

4. Chaîne de traitement :

a) station de prétraitement de pompage d'OUED SEBOU

Le rôle de la station de prétraitement est de diminuer la charge d'eau brute en matière en suspension à une valeur inférieure à 2 g/l.

i. Dégrillage

Le dégrillage est situé généralement en amont de la filière de traitement. Ainsi il est destiné à retenir les matières volumineuses et déchets de toutes sortes contenus dans l'eau, il permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement.



Figure2 : Dégrilleur

ii. Relevage

Cette opération s'effectue grâce à des vis d'Archimède, un moyen de relevage particulièrement efficace, fiable et robuste qui permet le pompage de l'eau vers le dessableur par une capacité de 700 l/s.

iii. Dessablage

Un prétraitement purement physique débarrasse les eaux brutes des sables et des graviers pour éviter les dépôts dans les canalisations et protéger les pompes. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé dessableur entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage.



Figure 3: Dessableur

iv. Mélangeurs:

Le surnageant du dessableur passe dans le mélangeur, composé de 2 bacs, ce dernier assure d'une part le mélange réactif (polyélectrolyte)-eau brute, et d'autre part la répartition de l'eau dans le déboureur.

v. Débourbage :

Dernier prétraitement consiste à éliminer la boue par une décantation préliminaire dans les déboueurs.

b) station de traitement AIN NOUKBI :

Afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine, la station de traitement AIN NOUKBI assure l'élimination de la turbidité, la pollution chimique et microbologique par la série d'étapes suivante :

i. Pré-chloration :

La pré-chloration est une étape de clarification, il a pour but la destruction de la matière organique (Mg et fer) contenus dans l'eau brute, en effet, ils pourraient causer des problèmes de

coloration de l'eau. La Préchloration a aussi pour rôle d'améliorer la décantation ainsi que d'inhiber la croissance algale. Le chlore est injecté par une pompe à la rentrée de la station. (2)

ii. Coagulation – Flocculation :

C'est un procédé de traitement physico-chimique de l'eau utilisé pour le traitement des eaux. La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Le processus de coagulation – flocculation facilite l'élimination des solides en suspension et des parties colloïdales. (2)

Définition de l'état colloïdale:

Par définition les colloïdales sont des particules, ayant un diamètre très faible compris entre 1 µm et 1 nm, et étant chargées électro négative (ce qui engendre une répulsion inter-colloïdale), ces particules ont une vitesse de sédimentation extrêmement faible. La coagulation consiste à les déstabiliser en éliminant la charge électrostatique de manière à ensuite favoriser leur rencontre. Leur rapport surface volume leur confère des propriétés d'absorption des ions présents dans l'eau, ce phénomène permet d'expliquer la présence de charge électrique à leur surface, ces dernières engendrent des forces de répulsion inter-colloïdales. C'est pourquoi les colloïdes sont instables lors de leur mise en solution. (2)

Types de colloïdes

Les colloïdes hydrophiles : ces colloïdes sont responsables de la Coloration des eaux et sont en général de nature organique. Ils présentent des groupements de type R-NH₂, R-OH entre autres. Ces groupements électronégatifs vont créer des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. Cette couche s'oppose au rapprochement et va être un facteur stabilisant.

Les colloïdes hydrophobes : ils sont en général de nature minérale, leurs surfaces sont constituées de charge négative qui engendre une répulsion mutuelle rendant impossible toute agglomération.

Élimination des colloïdes

Pour éliminer les colloïdes présents dans une eau, il faut réaliser une **coagulation** des particules en introduisant un **coagulant** qui éliminera les charges électrostatiques de manière à permettre la rencontre et l'accumulation des colloïdes. La coagulation-flocculation permet donc de pallier à ce problème :

- ❖ L'adjonction de coagulant ainsi qu'une agitation rapide du volume à traiter, supprime les répulsions inter-colloïdales et permet aux colloïdes de se rencontrer : c'est la coagulation.
- ❖ L'adjonction de flocculant ainsi qu'une agitation lente provoque l'agglomération des colloïdes se transformant dès lors en une masse suffisante permettant la sédimentation des particules déstabilisées appelées **Flocs** : c'est la flocculation

Amélioration de l'opération

Les facteurs qui peuvent améliorer la coagulation-flocculation sont :

- ✓ le gradient de vitesse
- ✓ le temps
- ✓ le pH

Le temps et le gradient de vitesse sont importants pour augmenter la probabilité de chocs entre les particules.

Produits chimiques utilisés

La station de traitement Ain Noukbi utilise :

- Sulfate d'alumine : (Al₃ (SO₄)₃, 18 H₂O) comme coagulant ;

- Polyélectrolyte : polymère ionique comme flocculant. (2)

iii. Décantation

Après la formation des floccs et après l'étape de flocculation, l'eau passe à l'étape de décantation dans un décanteur. Lors de cette opération, les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur, ce sont ces particules qui seront éliminées au fond du bassin périodiquement.



Figure 4: Décanteur

iv. Filtration

Elle a pour but d'éliminer les dernières matières en suspension, pour cela on utilise un système de filtre à sable d'une hauteur de 0.95 m et d'une porosité de 0.85 mm. L'eau passe à travers le lit de sable et se débarrasse des floccs non éliminés par la décantation. Pour que le filtre nous donne de bons résultats, il faut extraire tous les floccs qu'il a arrêtés par un lavage complet, effectué toutes les 48 h. L'efficacité de la filtration est contrôlée par la mesure de la turbidité par l'intermédiaire d'un turbidimètre. (2)



Figure 5 : Filtres à sable

v. Désinfection

La désinfection permet de diminuer le nombre de maladies provenant de l'eau en désactivant ou éliminant les microorganismes pathogènes par l'utilisation d'un **désinfectant** (chlore, ozone, les UV,...). Tous les désinfectants ont des avantages et des inconvénients et peuvent être utilisés suivant certaines conditions. (2)

III. Les différentes analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de la station de traitement :

1. La turbidité

La turbidité est une propriété qui renseigne sur la limpidité d'une eau. Elle dépend des matières colloïdales présentes dans l'eau. (3)

La turbidité est mesurée par un turbidimètre et s'exprime en NTU.

- **La valeur maximale admissible :**
 - < 5NTU pour l'eau décantée.
 - < 0,5 NTU pour l'eau traitée.



Figure 6 : Turbidimètre

2. Potentiel hydrogène pH

Le pH, qui est une indication de la tendance de l'eau à être acide ou alcaline, est déterminé par mesure potentiométrique à l'aide d'une électrode de verre (pH-mètre) qui permet de déterminer l'activité des ions hydrogènes présents dans l'eau. (3)

3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Ce paramètre a pour but de donner une idée sur la salinité d'eau puisque les sels minéraux en solution sont de bons conducteurs, la conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm. (3)

4. Chlore résiduel

Le test du chlore sert à détecter par un dosage colorimétrique la quantité du chlore résiduel dans l'échantillon, à l'aide du DPD (di - éthyle para phényle diamine), sous forme de comprimé donne en présence de chlore résiduel une coloration rose. Des disques colorés étalonnés spécifiques pour chaque réactif et un comparateur en lumière du jour sont utilisés pour la déduction des différents teneurs en chlore. (3)

- Pour l'eau traitée sa valeur varie entre 0,1 et 1mg/l.
 - En cas d'une coloration qui dépasse la valeur on utilise la dilution



Figure 7 : Comparateur en lumière du jour

5. Détermination de l'alcalinité de l'eau TA et TAC

L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des carbonates (HCO_3^-), bicarbonates (CO_3^{2-}) et des hydroxydes (OH^-).

- **Titre alcalimétrique**

Le TA correspond au dosage de la moitié des ions carbonates (CO_3^{2-}) et la totalité des ions hydroxydes (OH^-) à un pH supérieur à 8.3.

Mode opératoire :

Dans un échantillon de 100 ml, on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine, si le pH de l'échantillon est :

<8,3 : l'échantillon ne se colore pas alors TA=0

>8,3 : l'échantillon est de couleur rose, donc le TA est déterminé par dosage par l'acide chlorhydrique de 0,1 N jusqu'à décoloration.

- **Titre alcalimétrique complet (TAC) (3)**

Le T.A.C correspond à la neutralisation des ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates par un acide fort. La mesure de TAC succède à celle de TA, Dans l'échantillon

On ajoute 2 gouttes d'hélianthine et on réalise le dosage par HCL (0,1 N) jusqu'à la zone de virage rose/ orange.

Le T.A.C s'exprime en méq/l ou degré français (tombeée de burette *5) suivant la relation suivante:

$$\text{TAC} = V_e \text{ (méq/l)} : V_e \text{ est le volume à l'équilibre}$$

6. Titre hydrotimétrique TH

La dureté totale ou le TH d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium et autres cations bivalents et trivalents dans cette eau. (3)

Mode opératoire :

A 100ml d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de la solution tampon ammoniacal, une petite spatule d'indicateur de noire d'ériochrome. On dose au moyen de la solution EDTA (0,02M) jusqu'à l'obtention d'une couleur bleu.

Expression des : $\text{TH (méq/l)} = V_e * 0.4$

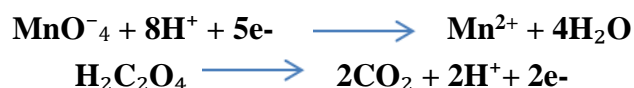
7. L'oxydabilité (indice permanganate)

L'indice permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cédée par l'ion permanganate (MnO_4^-) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau. (3)

- *Méthode en milieu acide et à chaud*

Les matières oxydables contenues dans l'eau à analyser sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à chaud pendant 13min, ensuite le KMnO_4 est réduit par l'acide oxalique en excès, et on effectue un dosage en retour de cet excès par KMnO_4 .

Les réactions de dosage effectuées sont :



La réaction globale est :



Mode opératoire :

Dans un ballon à col rodé, on introduit successivement 100 ml d'échantillon, 2 ml de H_2SO_4 concentré et 10 ml de KMnO_4 (N/100). Le mélange est ensuite chauffé dans un bain marie à 105°C pendant 13 mn. Après, on ajoute 1ml d'acide oxalique (0.1N) et on effectue un dosage avec KMnO_4 (N/100). La solution prend un couleur rose au point d'équilibre.

L'oxydabilité est évaluée à l'aide de la formule suivante :

$$[\text{O}_2] = \text{Ve} * 0.8 \text{ (mg/l)}$$

- *La valeur maximale admissible : 2mg/l*

8. Oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous permet la respiration des êtres vivants aquatiques, la quantité d'oxygène dissout est mesurée par un oxymètre et exprimée en mg d' O_2 /l dans les eaux naturelles, l'oxygène dissout est un facteur écologique essentiel

La norme : $5 < \text{O}_2 < 8 \text{ (mg/l)}$



Figure 8: Oxymètre

9. pH de saturation pHs

C'est un paramètre qui permet de déterminer l'agressivité de l'eau.

Dans un flacon, on verse 25 ml de l'échantillon à analyser et on mesure leur pH, ensuite on ajoute 0,25 g de CaCO_3 poudre. Après agitation magnétique de 3h suivi d'une décantation pendant 24h, on filtre la solution à l'aide d'un papier filtre et on mesure le pH du filtrat (pHs).

L'indice de saturation est exprimé par la relation suivante : (3)

$$I_s = \text{pH} - \text{pHs}$$

La norme : $-0,3 < I_s < 0,3$

- $\text{pHs} - \text{pH} < 0$: eau agressive
- $\text{pHs} - \text{pH} > 0$: eau entartrant

10. Paramètre mesuré par kit (3)

✓ Test d'aluminium :

C'est un test qui sert à détecter l'absence ou la présence d'Al dans l'eau traitée, en Prend 5ml de l'échantillon, on ajoute une spatule d'Al-N°1A et 1,2ml d'Al-N°2A et 4 gouttes d'Al-N°3A, La lecture finale des résultats se fait après 7 min.

Chaque couleur correspond à une valeur et La variation des couleurs varie entre : jaune, verte, bleu

La valeur maximale admissible : 0,2 mg/l

✓ Test de Fer

C'est un test sert à détecter la présence ou l'absence du Fer dans l'eau traitée.

On Prend 6mL de l'échantillon et on ajoute 3 gouttes du réactif (Fer-1) et on laisse 3min ensuite on fait la comparaison du couleur

La valeur maximale admissible : **0,3mg/l**

- **La présence faible du fer est due à la conduite.**

✓ Test de manganèse

C'est un test qui sert à détecter la présence ou l'absence du manganèse dans l'eau brute.

On remplit le tube jusqu'à trait du jauge et on ajoute 8gouttes de **Mn-N°1** plus 4gouttes de **Mn-N°2** et on laisse 2min, ensuite on ajoute 4gouttes de **Mn-N°3** et on laisse reposer 5min après on compare les couleurs

La valeur maximale admissible : **0,5mg/l**

La couleur varie entre beige et marron

✓ Test d'ammonium

Comme les tests précédant le test d'ammonium permet de détecter la présence ou l'absence de NH_4^+ dans l'échantillon.

On remplit le tube de 20ml de l'échantillon et on ajoute 5gouttes de $\text{NH}_4^+\text{N}^\circ-1$, 5gouttes de $\text{NH}_4^+\text{N}^\circ 2$ et 5gouttes de $\text{NH}_4^+\text{N}^\circ-3$ et en laisse reposer 3min puis on compare les couleurs

La valeur maximale admissible : 0,5mg/l.

11. Demande en chlore

La demande en chlore correspond à la dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle recommandée, après le temps de contact nécessaire. Cette dose est déterminée par la méthode de break point.

Au laboratoire avant de déterminer le break point, il faut d'abord faire le titrage de l'eau de javel.

Titration de l'eau de javel

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit 1ml de l'eau Javel, 10ml d'acide acétique (9N) et 10ml de KI (9N). L'iode formé est dosé avec le thiosulfate de sodium (0.1N)

La concentration en chlore dans l'eau de javel est donnée par l'équation :

$$C \text{ (g/l)} = V_e * 3.55$$

On fait la dilution de l'eau de javel titré pour préparer une solution de 100mL de $C=0,1\text{g/l}$

Injection de la solution (eau de javel)

On met dans des flacons bruns 100mL de l'eau brute et on injecte des quantités croissantes de l'eau de javel titré :

0,5mg/l, 1mg/l, 1,5mg/l, 2mg/l, 2,5mg/l, 3mg/l, 3,5mg/l, 4mg/l

On met les flacons bruns qui contiennent l'eau brute et l'eau de javel à l'obscurité pendant 30min puis on détermine le chlore résiduel, ensuite on trace la courbe du chlore résiduel en fonction de la quantité de chlore injecté, à partir de laquelle on déduit le break point qui correspond à la dose du chlore optimale pour une désinfection efficace.

Le tableau ci-dessous montre un exemple d'illustration d'un test de demande en chlore régulièrement effectué au laboratoire

Chlore injecté (mg/l)	Chlore résiduel (mg/l)
0,5	0,3
1	0,6
1,5	1,3
2	1,6
2,5	2
3	2,4
3,5	2,9
4	4

Tableau 1: Chlore injecté et chlore résiduel

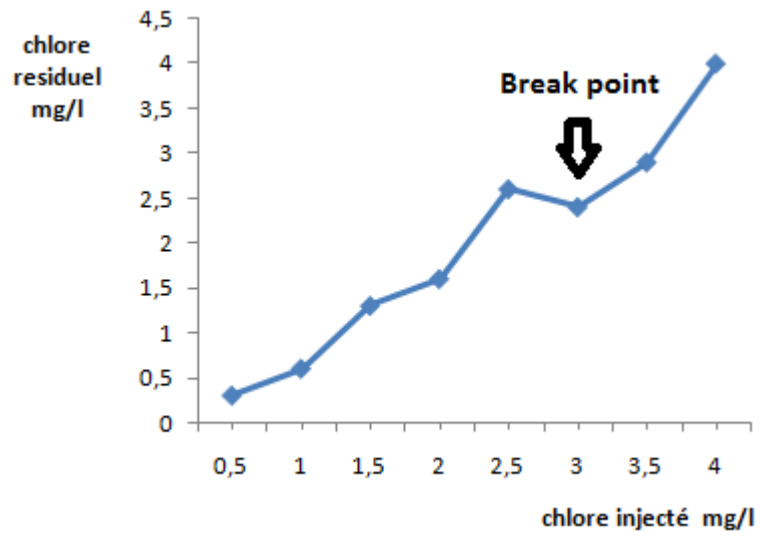


Figure 9: *Variation du chlore résiduel en fonction du chlore injecté*

IV. Optimisation de traitement par coagulation floculation (jar-test) :

1. Définition :

L'essai consiste à rechercher au laboratoire les conditions optimales de floculation et de décantation par la détermination des doses de réactifs (coagulant, floculant, réactifs de correction de pH...) en préparant une série de 6 béchers de 1 L d'eau à floculer selon le protocole bien connu de **Jar Test** et qui sont agités de façon identique.

2. Objectif :

L'essai a pour but de déterminer la nature et les doses probables du ou (des) réactif(s) permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement. L'opération doit être réalisée le plutôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possédera effectivement l'eau au cours de son traitement dans la station.

3. Description de la procédure :

Le procédé consiste à suivre les étapes suivantes :

- ❖ Préchloration par le chlore au Break-point/la demande en chlore ;
- ❖ Essai au sulfate d'alumine ;
- ❖ Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de floculation : le poly électrolyte ;
- ❖ Utilisation d'autres réactifs d'amélioration et de correction tels que l'acide sulfurique (correction de pH).

a) Matériel utilisé en expérience.

Le matériel utilisé pour réaliser ce procédé :

- Un floculation de laboratoire avec 6 agitateurs à hélice entraînés par un moteur électrique à vitesse variable en continu ;
- 6 béchers pouvant contenir chacun 1 L d'eau à analyser ;
- Verrerie de laboratoire
- Papier-filtre bande blanche.

b) Réactifs :

- Solution d'eau de javel 1g/l (préparée à partir de la solution mère d'eau de javel de concentration connue), qu'on ajoute dans les béchers ;
- Solution de sulfate d'alumine : $Al_3(SO_4)_3, 18H_2O$ comme coagulant de concentration 10 g/l ;
- Solution de polyélectrolyte comme floculant de concentration 0.1 g/l ;
- Solution d'acide sulfurique en cas d'acidification.

c) Mode opératoire :

On doit d'abord chercher des paramètres pour l'eau brute à analyser :

- pH ;
- L'alcalinité TA et TAC ;
- L'oxydabilité ;
- La température de l'eau au moment de l'opération ;
- La turbidité de l'eau et la turbidité colloïdale (eau brute filtrée directement sur papierfiltre) ;
- La demande en chlore de l'eau à traiter.

Ces analyses donnent une idée sur les réactifs à employer, et leur efficacité par comparaison avec les résultats obtenues après traitement.

- Dans chaque bécher on verse 1 L d'eau brute et on les place sur le banc de floculation ;

- On ajoute aux béchers la dose de l'eau de javel déjà déterminée d'après la courbe de demande de chlore ;
- En mettant en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min, on ajoute rapidement des quantités croissantes du coagulant et on laisse agiter pendant 2 min ;
- Ensuite on ajoute le polyélectrolyte en diminuant la vitesse d'agitation à 40tr/min pendant 20 min ;



Figure 9 : *Dispositif expérimental de l'essai de floculation (Jar-test)*

Après l'agitation lente on note l'aspect des floes formés pour chaque bécher :

- 0 - pas de floe
- 2 – légère opalescence
- 4 – petits point
- 6 – flocons de dimensions moyenne
- 8 – bon floe
- 9 – excellent

- ✓ Après on relève les hélices et on laisse décanter tous les flocons formés dans les béchers pendant 30 min ;
- ✓ Après, on mesure le pH, l'oxydabilité, la turbidité et le chlore résiduel du **surnageant** ;
- ✓ Ensuite on passe le surnageant de chacun des béchers sur des papiers filtres bande blanche disposé dans les entonnoirs. Les résultats obtenus après cette filtration sont comparable à ceux obtenus par filtration à sable dans la station de traitement ; puis on détermine la turbidité, l'alcalinité et l'aluminium résiduel (par kit).
- ✓ **L'aluminium provient du sulfate d'alumine utilisé au cours de traitement, sa Concentration ne doit pas dépasser 0.2 mg/l.**

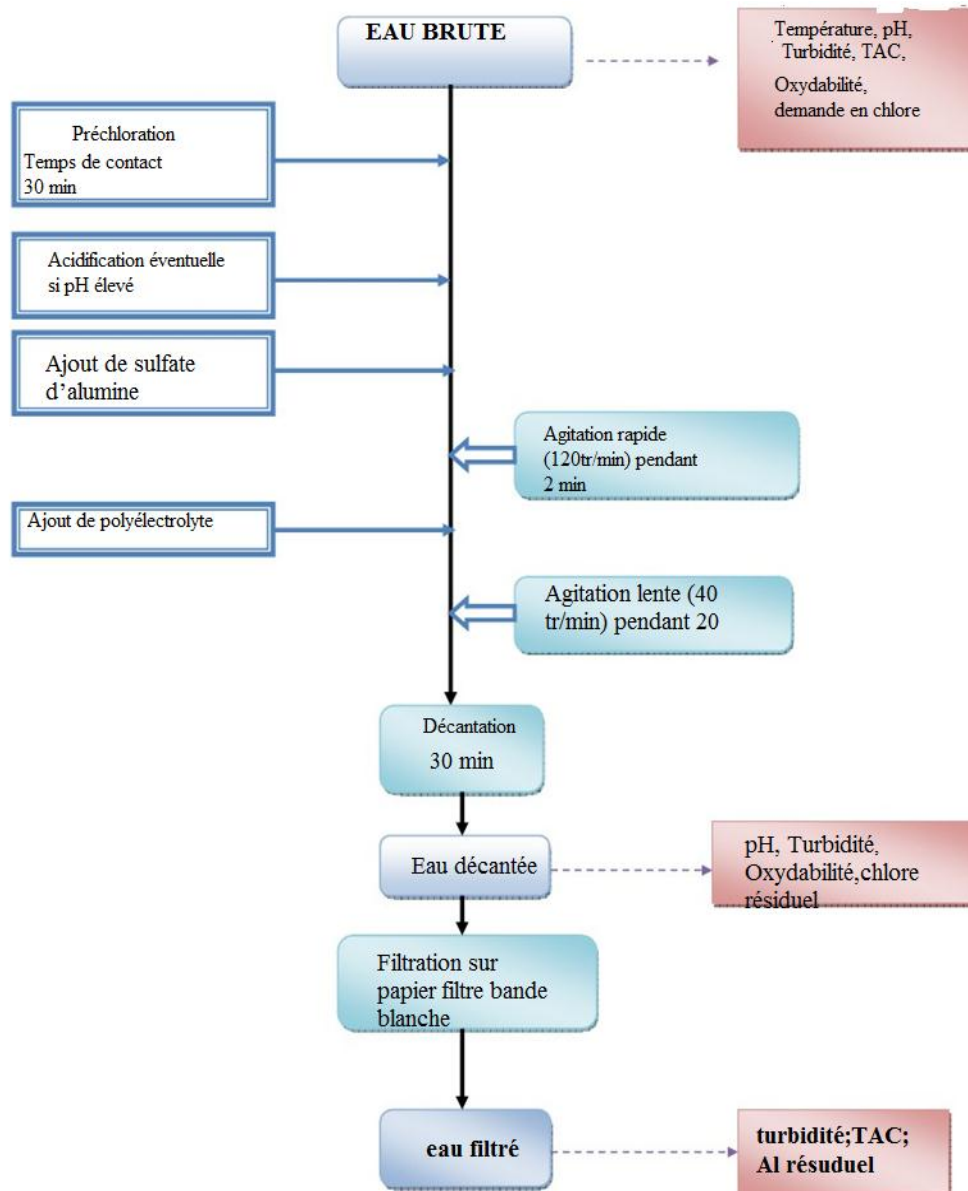


Figure 10 : schéma du procédé de l'essai de floculation

d) Critères des choix du milieu bécher

- ✓ Taille des floes > 6
- ✓ Turbidité de l'eau décantée < 5 NTU
- ✓ Turbidité de l'eau filtrée < 0.5 NTU
- ✓ pH de floculation entre 7,00 et 7,40
- ✓ oxydabilité < 2mg/l
- ✓ [Al résiduel] < 0.2 mg/l

4. Résultats des essais de coagulation floculation

Les valeurs des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau brute analysée :

Eau brute	Echantillons : 1	Echantillons: 2
PH	8.14	7.87
TA en méq/l	0	0
TAC en méq/l	5	5.2
L'oxydabilité	2.4	2.3
Turbidité de l'eau brute NTU	15.1	12.6
Température en °C	20.2	20.9
Demande en chlore en mg/l	4	4
Chlore résiduel en mg/l (b point)	1.8	0.8

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute

a)Essai 1 :

i. Résultats :

On vise à déterminer la dose de coagulant optimale en ajoutant des valeurs croissantes dans les 6 béchers en absence de floculant. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

N° de bécher	I	II	III	IV	V	VI
Pré chloration mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant mg/l	20	30	40	50	60	70
Aspect de floc	02	04	04	06	06	06
pH	7.82	7.67	7.56	7.4	7.31	7.29
Oxydabilité mg/l	1.28	2.32	0.96	1.12	1.12	0.64
Turbidité décantée NTU	5.19	3.82	3.71	2.71	3.36	3.56
Chlore résiduel mg/l	1	1.2	1	1	1.2	1.2
Turbidité filtrée NTU	0.24	0.2	0.24	0.31	0.29	0.23
TAC	4.78	4.76	4.70	4.5	4.3	4.3
Al résiduel mg/l	0.4	0.35	0.2	0.2	0.12	0.12

Tableau 3 : résultats de l'essai 1

ii. Interprétation

D'après les critères de choix du meilleur bécher :

- ❖ L'aspect des 3 premiers béchers < 6 donc à éliminer ;
- ❖ Le bécher n° IV : Al résiduel = 0.2 mg/l donc à éliminer ;
- ❖ Les deux derniers béchers répondent aux critères : On va choisir le bécher n° V

Puisqu'il contient moins de coagulant.

Donc la dose optimale du coagulant est 60 mg/l

b) Essai 2 :

i. Résultats

Pour déterminer la valeur optimale de flocculant on fixe la dose du Coagulant à 60 mg/l
Et on ajoute des valeurs croissantes de polyélectrolyte aux 6 béchers :

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
échloration mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Aspect du floc	04	08	08	08	08	08
pH	7.44	7.4	7.38	7.35	7.32	7.3
Oxydabilité mg/l	0.48	0.96	0.56	0.8	0.64	1.44
Turbidité décantée NTU	1.09	0.7	0.62	0.61	0.53	0.68
ore résiduel mg/l	0.8	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8
opidité filtrée NTU	0.17	0.16	0.12	0.18	0.17	0.21
TAC	4.6	4.5	4.45	4.6	4.6	4.6
AL résiduel mg/l	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 4 : Résultat de l'essai 2

ii. Interprétation

Les 5 derniers béchers vérifient les conditions de sélection, on va choisir le bécher N°II : la dose minimum de flocculant (pour une raison économique).

Donc la dose optimale de flocculant est 0.1 mg/l

c) ESSAI 3

i. Résultats

On veut chercher la dose optimale de coagulant en présence de flocculant, on fixe la valeur de flocculant trouvée dans le précédent essai :

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floccs	04	06	08	08	08	08
pH	7.91	7.79	7.66	7.54	7.51	7.39
Oxydabilité mg/l	0.96	0.56	0.56	1.36	0.4	0.96
Turbidité décantée NTU	1.26	0.94	0.93	0.87	0.57	0.82

Chlore résiduel mg/l	1	0.8	1	1	1	1
Turbidité filtrée NTU	1.15	0.36	0.14	0.37	0.47	0.26
TAC	5.5	5.4	5.3	5.2	4.9	4.82
AL résiduel mg/l	0.35	0.2	0.2	0.2	0.12	0.12

Tableau 5 : Résultat de l'essai 3

ii. Interprétation

Le bécher n° VI respecte tous les critères de choix, par conséquent il est choisi.

Dose optimale de coagulant : 60 mg/l

Dose optimale de floculant : 0.1 mg/l

d) Essai 4 :

i. Résultats :

Pour optimiser le pH on a ajouté de l'acide sulfurique H_2SO_4 aux 6 béchers pour diminuer leur pH.

Les nouvelles valeurs de pH sont respectivement 7.8 / 7.5 / 7.2 / 7 / 6.8 / 6.5 et on a

Fixé le coagulant à 60 mg/l et le floculant à 0.1 mg/l

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
pH après acidification	7.8	7.5	7.2	7	6.8	6.5
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floes	06	06	06	06	06	06
pH	7.56	7.36	7.12	6.90	6.77	6.64
Oxydabilité mg/l	0.96	0.4	0.4	0.4	0.96	0.96
Turbidité décantée NTU	1.27	1.23	0.8	0.81	0.67	0.51
Chlore résiduel mg/l	0.9	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7
Turbidité filtré NTU	0.26	0.21	0.13	0.25	0.24	0.17
TAC	5.1	4.9	4.4	4.2	3.78	2.76
AL résiduel mg/l	0.2	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 6 : Résultats de l'essai 4

ii. Interprétation

- Le premier et les 3 derniers béchers n'appartiennent pas au domaine du pH cherchée donc à éliminer ;

- Le deuxième bécher a une dose d'Al résiduel = 0.2 mg/l

- Donc on va choisir le bécher n° III parce qu'il satisfait tous les conditions recherchées.

Donc pour améliorer le traitement on peut acidifier l'eau jusqu'à un pH = 7.2

e) Essai 5

Dans cet essai on va changer la vitesse de floculation pour voir son effet sur le procédé. On augmente alors la vitesse à 60 tr/min

i. Résultats

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floccs	04	04	04	06	06	06
pH	7.94	7.81	7.71	7.68	7.45	7.38
Oxydabilité	1.60	1.76	0.40	0.80	1.60	1.20
Turbidité décantée NTU	2.34	1.35	0.69	1	1.2	0.9
Chlore résiduel mg/l	2.5	2	2	2	1	1
Turbidité filtrée NTU	0.36	0.16	0.14	0.27	0.36	0.28
TAC	4.70	4.50	4.40	4.40	4.30	4.20
Al résiduel mg/l	0.5	0.5	0.35	0.2	0.12	0.12

Tableau 7 : Résultat de l'essai 5

ii. Interprétation

- Les 3 premiers béchers à éliminer : Aspect des floccs < 06 ;
- Le bécher N° IV a un pH > 7.4 et Al résiduel = 0.2 mg/l donc à éliminer;
- Le bécher N° V ne respecte pas le critère du pH donc à éliminer
- Le bécher N° VI est le meilleur.

f) Conclusion des résultats des essais:

On peut remarquer que le meilleur bécher de l'essai n° 4 (acidification) est préparé dans les conditions optimales suivantes :

- ❖ 60 mg/l pour le coagulant
- ❖ 0.1 mg/l pour le floculant
- ❖ Acidification jusqu'à pH = 7.2
- ❖ Vitesse de floculation 40 tr / min

D'après la comparaison entre ces résultats on remarque que l'utilisation des conditions optimales donne les meilleures valeurs.

Au cours de cette expérience qui comporte 5 essais on a démontré que la clarification de l'eau brute est améliorée :

- ✓ lorsqu'on utilise le coagulant et le floculant ensemble ;
- ✓ lorsqu'on acidifie l'eau brute ;
- ✓ lorsqu'on travaille à une lente vitesse de floculation pour ne pas briser les floccs, ce qui cause un problème de filtration (turbidité de l'eau filtrée anormale) dans la station de traitement, puisque ces petites particules arrivent jusqu'au filtres, ce qui nécessite des lavages fréquents pour ces derniers.

Conclusion :

Durant notre étude on a essayé d'optimiser certaines conditions de l'essai de coagulation-floculation vu son intérêt au cours du traitement. Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes et aussi avec ceux de la station de traitement.

Ainsi, j'ai effectué mon stage de fin d'étude « la Licence Génie chimique » au sein de l'office national de l'eau et d'électricité.

Lors de ce stage, j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises durant ma formation, de plus, je me suis confronté aux difficultés réelles du monde du travail et du management d'équipe.

J'espère avoir traité dans ce rapport les points essentiels concernant le fonctionnement du travail dans l'office, surtout le service laboratoire qui a une fonction très importante au sein de cette entreprise dans le but de produire une eau potable de bonne qualité.

Références bibliographiques:

Manuel des Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humaine (1)

Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau) (1)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation> (2)

Amazed Mohammed; 2015; rapport de stage sous le thème traitement et production de l'eau potable à la station de traitement BAB LOUTA (3)

www.memoireonline.com/02/09/1994traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN.html (3)