

Licence Sciences et Techniques (LST)
Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité
« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Optimisation de l'étape coagulation-floculation au cours du
traitement de l'eau BAB LOUTA**

Présenté par :

- **ACHAROUAK Nadia**

Encadré par :

- **Mr ACHMIT Mohamed (ONEE)**
- **Pr TOUZANI Hanane (FST)**

Soutenu Le 06 Juin 2017 devant le jury composé de:

- **Pr H.TOUZANI**
- **Pr S.CHAKROUNE**
- **Pr E.H.ALILOU**

Stage effectué à l'ONEE Tahala

Année Universitaire 2016 / 2017

Remerciement

Nous remercions le chef de la station de traitement EL BAHRI Youssef pour l'accueil chaleureux qu'il nous a réservé au sein du Laboratoire.

Nous tenons à remercier également Monsieur ACHMIT Mohamed et Madame SBAI Ghita nos encadrant au Laboratoire de traitement des eaux pour leur encouragement, leur aide et leur soutien quotidien durant le stage. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Mes sincères remerciements vont également à nos professeurs de la filière TACQ, qui nous ont offert une formation professionnelle en nous faisant bénéficier de leurs expériences, de leurs compétences et de leurs conseils précieux.

Mes remerciements vont particulièrement au :

Pr. H.TOUZANI, Professeur de l'enseignement supérieur à la faculté des sciences et techniques de Fès, de bien vouloir juger ce modeste travail.

Pr.S.CHAKROUNE, Chef du département chimie et Professeur de l'enseignement supérieur à la faculté des sciences et techniques de Fès, d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire.

Pr.E.H.ALILOU, Professeur de l'enseignement supérieur à la faculté des sciences et techniques de Fès.

En fin, nous remercions également tout ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Partie I : Etude bibliographique

I – Introduction.....	7
II-Présentation du site de stage.....	8
III-Différents types de traitement de l’eau de barrage.....	9
1-Prétraitement.....	9
2-Chaine de clarification.....	9
a-Débourbage.....	9
b-Coagulation.....	9
c-Floculation.....	10
d-Décantation.....	10
e-Filtration.....	11
f-Désinfection.....	11
IV-Analyses physico-chimiques.....	12
1-Analyses journalières.....	12
2-Analyses hebdomadaires.....	13
3-Paramètres mesurés par kit.....	15
a-Test d’aluminium.....	15
b-Test de manganèse.....	15
c-Test du Fer.....	16

Partie II-Etude de l’étape de coagulation-floculation

I-Introduction.....	17
II-Matériel et méthode.....	17
1-Echantillonnage.....	17
III-Jar-test.....	17
1-Matériel utilisé.....	17

2-Réactifs.....	18
3-Mode opératoire.....	18
4-Caractéristique du choix de la dose optimale.....	19
IV-Les essais de Jar-test.....	19
1-Characterisation de l'eau brute.....	19
2-L'optimisation de la dose optimale du sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$	20
a-L'effet de la concentration du coagulant.....	20
b-L'effet de l'ajout d'un flocculant sur coagulation floculation.....	22
c-L'effet de la vitesse sur coagulation floculation.....	24
d-L'effet de la variation du pH.....	25
3-L'optimisation de la dose du chlorure ferrique $FeCl_3$	26
a-L'effet de la concentration du coagulant.....	26
b-L'effet de l'ajout d'un flocculant sur coagulation floculation.....	28
c- L'effet de la vitesse sur coagulation floculation.....	29
d- L'effet de la variation du pH.....	30
4-Etude comparative.....	31
CONCLUSION	33

Liste de figures :

Nom de figure	Page
Figure1 : image du barrage BAB LOUTA	8
Figure2 : déstabilisation des parties colloïdes	10
Figure3 : image du bassin de filtration	11
Figure4 : Turbidimètre	12
Figure5 : comparateur de chlore	13
Figure6 : pH mètre	13
Figure7 : appareil de la conductivité	14
Figure8 : appareil je jar test	19
Figure9 : graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées de l' $Al_2(SO_4)_3$	20
Figure10 : graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées de l' $Al_2(SO_4)_3$	21
Figure11 : graphique représentant la variation de l'aluminium en fonction des doses injectées de l' $Al_2(SO_4)_3$	21
Figure12 : graphique représentant la variation du TAC en fonction des doses injectées de l' $Al_2(SO_4)_3$	21
Figure13 : graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées d'alginate	23
Figure14 : graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées d'alginate	23
Figure15 : graphique représentant la variation de l'aluminium en fonction des doses injectées d'alginate	23
Figure16 : graphique représentant la variation du TAC en fonction des doses injectées d'alginate	24
Figure17 : graphique représentant la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation	25
Figure18 : graphique représentant la turbidité en fonction du pH	26
Figure19 : graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées du $FeCl_3$	27
Figure20 : graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées du $FeCl_3$	27
Figure21 : graphique représentant la variation du chlore résiduel en fonction des doses injectées du $FeCl_3$	27
Figure22 : graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées d'alginate	28
Figure23 : graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées d'alginate	29
Figure24 : graphique représentant la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation	30
Figure25 : graphique représentant la turbidité en fonction du pH	31

Liste de tableaux

Nom de tableau	Page
Tableau1 : caractéristique du barrage BAB LOUTA	8
Tableau2 : caractérisation de l'eau brute	19
Tableau3 : résultats de l'effet des doses de l' $Al_2(SO_4)_3$ sur la coagulation-floculation	20
Tableau4 : résultats de l'effet d'ajout d'alginate sur la coagulation-floculation	22
Tableau5 : influence de la vitesse d'agitation sur la turbidité	25
Tableau6 : influence du pH sur la turbidité	25
Tableau7 : résultats de l'effet des doses du $FeCl_3$ sur la coagulation-floculation	26
Tableau8 : résultats de l'effet d'ajout d'alginate sur la coagulation-floculation	28
Tableau9 : influence de la vitesse d'agitation sur la turbidité	29
Tableau10 : influence du pH sur la turbidité	30
Tableau11 : comparaison entre les deux coagulants	32

Liste d'abréviations

ONEE : Office National de l'Eau et de l'Electricité

DPD : Diéthyleparaphénylène diamine

EDTA : Ethylène Diamine Tétra-Acétique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TA : Titre Alcalimétrique

TH : Titre Hydrotimétrique

MES : Matière en suspension

Tb : Tombée de la burette

BCR : Brise charge de réservoir

Partie I : Etude bibliographique

I. INTRODUCTION

L'eau est considérée un élément vital pour tout les êtres vivant y compris l'homme, il joue un rôle essentiel dans le développement et le maintien de la vie sur notre planète. La préservation de cette eau ainsi que ses ressources est donc nécessaire afin de fournir à l'homme une quantité suffisante pour satisfaire ses besoins tout en tenant compte de sa qualité qui doit être adéquate et qui répond aux normes internationales. De ce fait, de nombreux contrôles sont donc obligatoires.

Dans le but de contrôler la qualité de l'eau, il est prépondérant d'effectuer des analyses qui révèlent la présence de substances en excès et/ou indésirables tel que le gaz, la matière minérale et organique en suspension ou en solution et éventuellement des micro-organismes.

Parmi les administrations chargées de l'approvisionnement et le contrôle de sa qualité on trouve l'office national d'eau et d'électricité ONEE (branche eau) qui prend en charge la planification, la gestion de l'ensemble des ressources en eau et le contrôle de sa qualité.

A travers ce stage qui a été réalisé au sein de laboratoire de station de l'ONEE pour le traitement de l'eau pompée à partir du barrage BAB LOUTA, nous avons pu optimiser une étape prépondérante du traitement de cette eau : coagulation-floculation ainsi que de mettre en évidence les différentes étapes du traitement.

II. PRESENTATION DU SITE DE STAGE :



Figure 1 : image du barrage de BAB LOUTA

Le barrage BAB LOUTA est situé sur l'oued Bou Sebaa, affluent de l'oued Bouhlou, à proximité du douar BAB LOUTA. Il a pour fonction principale l'alimentation, de la ville de Taza, en eau potable. La mise en eau du barrage est effectuée au début de l'année 2000. Voici quelques caractéristiques principales du Barrage :

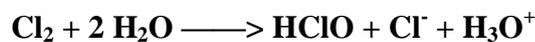
Année de construction	1999
Cours d'eau	Oued Bousbâa
Centre le plus proche	Tahla
Province	Taza
But de l'ouvrage	Alimentation en eau potable de la ville de Taza
Capacité de la retenue	37 Mm³
Apports moyens annuels	23 Mm³
Caractéristiques de l'ouvrage	
-Type	Poids en BCR
-Hauteur sur fondation	55 m
-Volume	45.000 m ³
Durée des travaux	30 mois

Tableau 1: Caractéristiques du barrage BAB LOUTA

III. DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT DE L'EAU DU BARRAGE :

1. Prétraitement :

A l'entrée de l'usine un prétraitement est effectué par une étape de préchloration de l'eau brute dans le bassin de contact par le chlore gazeux afin de détruire les bactéries et les virus et d'oxyder les matières organiques, et d'éliminer toutes traces d'odeur et du goût. Le chlore gazeux se décompose en acide hypochloreux et l'acide chlorhydrique suivant la réaction:



HClO est ensuite partiellement dissocié en ions hypochlorite ClO^- :



2. Chaîne de clarification:

La clarification est l'élimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirables, il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales, et les organismes vivants, du phytoplancton algues et du zooplancton entrent également dans cette définition. Les étapes de clarifications sont nécessaires pour clarifier les contenants des colloïdes.

a-Débourbage:

C'est une étape préliminaire de dégrossissage, elle sert à débarrasser l'eau d'une grande partie de la matière décantable. Cette étape est nécessaire lorsque les MES dépassent dans l'eau brute les 2g/l, pour éviter le risque d'engorger le décanteur par le volume excessif de boue apporté par l'eau brute.

b-Coagulation:

Cette étape consiste à ajouter à l'eau un électrolyte permettant de neutraliser les charges négatives qui sont à l'origine de la matière en suspension stable. On utilise généralement

des sels d'un métal trivalent comme Al^{3+} . Les charges positives de l'ion métallique neutralisent les charges négatives du colloïde. Les particules peuvent alors se rassembler sous l'effet des forces attractives de Van der Waals et il se produit une précipitation simultanée et conjointe, sous forme d'un sel d'hydroxydes d'aluminium, qui adsorbe le colloïde naturel coagulé, cette précipitation résulte de deux réactions successives d'hydrolyse du coagulant et de neutralisation par l'acidité ainsi libérée par l'alcalinité (TAC) de l'eau. La coagulation se produit selon les réactions chimiques suivant:

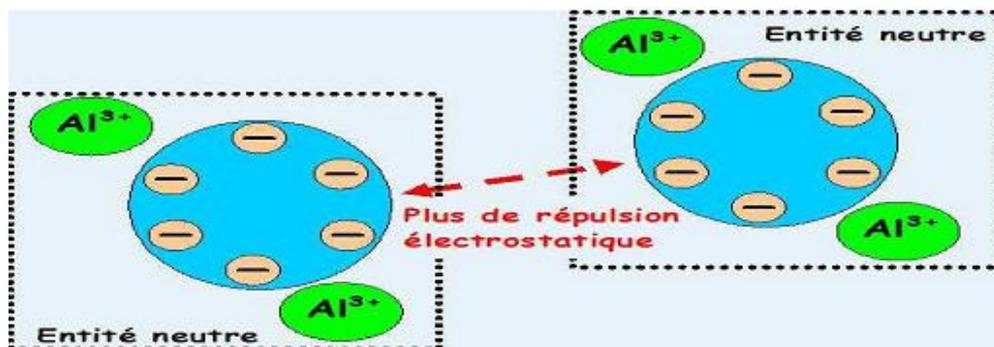
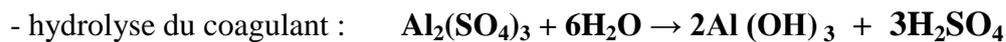


Figure 2: Déstabilisation des parties colloïdales.

Afin que les charges électriques des particules colloïdales soient déchargées uniformément, on utilise des mélangeurs rapides qui comportent un agitateur de type à hélice.

c-Floculation:

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 Floccs: c'est la floculation.

d-Décantation :

La décantation est une opération effectuée dans un décanteur lamellaire, elle a pour objectif l'élimination des floccs déjà formés et d'obtenir une eau clarifiée appelée l'eau décantée. Celle-ci est ensuite collectée par des conduites perforées vers les

goulottes qui alimentent les filtres.

e-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 arrêté 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.



Figure 3 : image du bassin de filtration

f-Désinfection :

C'est une chloration finale dans la bûche d'eau filtrée pour s'assurer que la quantité du chlore présentée dans l'eau traitée soit dans les normes (0.1 à 1mg/l).

IV-ANALYSES PHYSICOCHEMIQUES :

1- Analyses journalières:

- **Température:** est un facteur écologique important du milieu, il influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification de lac. La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure étalonné ou bien à l'aide des appareils de mesure de la conductivité ou du pH qui possèdent généralement une sonde de température intégrée.

- **Turbidité:** c'est l'inverse proportionnel à la transparence de l'eau et elle est déterminée par la méthode néphélométrie qui consiste à mesurer la lumière dispersée par les particules en suspension. La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre, elle est exprimée en NTU (nephelometric turbidity unit).

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



Figure 4: Turbidimètre

- **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-éthyleparaphénylène 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 différentes teneurs en chlore.

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



Figure 5: Comparateur de Chlore

- **Potentiel d'hydrogène** (mesurer de pH) : la mesure se fait à l'aide de deux électrodes : une électrode de référence et une électrode de mesure.

VMA : $6.5 < \text{pH} < 8.5$



Figure 6 : pH mètre

2-Analyses hebdomadaires:

- **Titre alcalimétrique complet (TAC)** : il correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres (ions OH^-), carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (hydrogénocarbonates HCO_3^-). A 100 ml d'échantillon on ajoute 2 gouttes de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (pour l'eau traitée) et 2 gouttes d'hélianthine, on dose par HCl (N/10) jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune orange :

$$\text{TAC} = \text{Tb} \text{ (még/l)}$$

- **Titre alcalimétrique (TA)**: il correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins.

On prend 100 ml d'échantillon et on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine. Le dosage se fait par HCl (N/10) jusqu'à décoloration :

$$\text{TA} = \text{Tb} \text{ (még/l)}$$

Si $\text{pH} \leq 8.3$, alors $\text{TA} = 0$

- **Dureté totale (TH)**: la concentration totale en ions Ca^{2+} et en ions Mg^{2+}

A 100 ml d'échantillon on ajoute 5 ml de la solution tampon et une petite spatule de noir

Eriochrome, on dose le mélange avec l'EDTA jusqu'à la coloration bleu :

$$\text{TH (még/l)} = \text{Tb} * 0,4$$

$$\text{TH (°F)} = \text{Tb} * 0,4 * 0,5$$

Norme : $\text{TH} \leq 6 \text{ meq/l}$

-la conductivité électrique : C'est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, car la plupart des matières dissous dans l'eau qui se trouve sous forme d'ion chargé électriquement, ce paramètre a pour but de donner une idée sur la salinité de l'eau.

- ✓ L'unité de la conductivité est $\mu\text{s/cm}$
- ✓ $\text{VMA} = 2700 \mu\text{s/cm}$



Figure 7 : Appareil de la conductivité

- Calcium (Ca^{2+}): A 1ml d'échantillon on ajoute 5ml de soude et une petite spatule de calcon, puis on dose le mélange avec EDTA jusqu'à coloration bleu.

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (még/l)} = \text{Tb} * 8$$

Avec Tb : tombée de la burette

3- Paramètres mesurés par kit :

a-Test d'Aluminium (Al) :

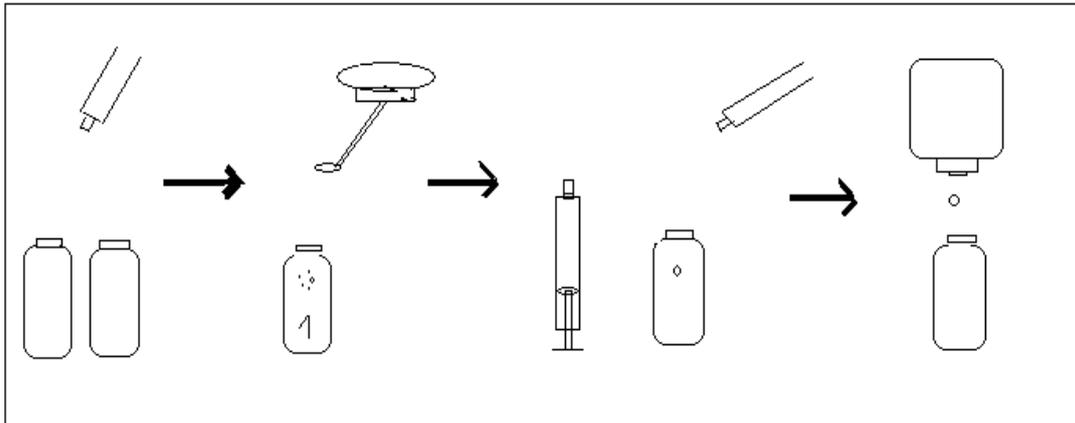
C'est un test qui sert à détecter l'Al libre dans l'échantillon (eau traitée).

-Mode opératoire :

- Prendre 5ml de l'échantillon
- Ajouter une spatule d'Al-1A
- Ajouter 1,2ml d'Al-2A
- Ajouter 4gouttes Al-3A

La lecture finale se fait après 7min

La variation de la couleur varie entre : jaune, verte, bleu

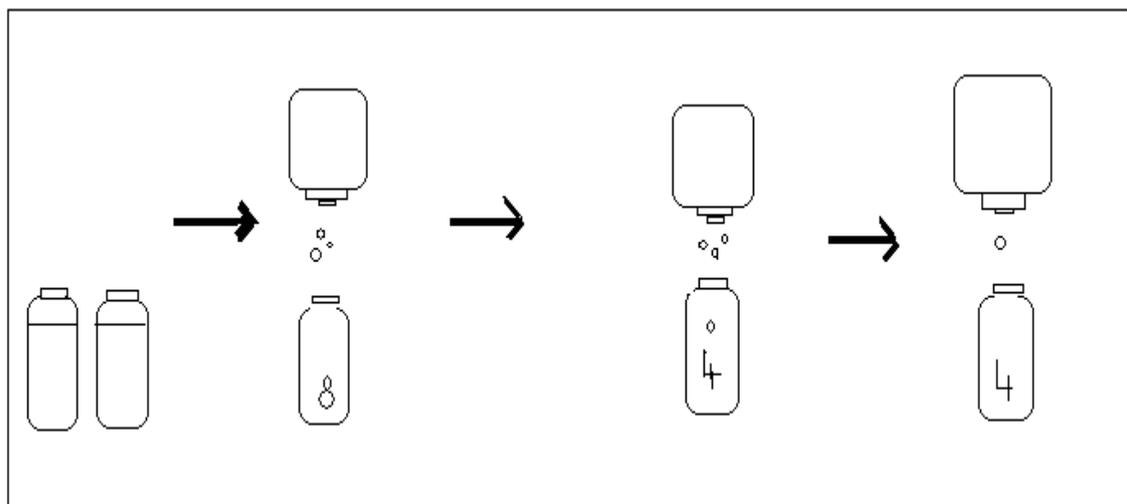


b-Test du Manganèse (Mn) :

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

-Mode opératoire :

- Remplir les 2 tubes à essai jusqu'au trait de jauge par l'échantillon
- Ajouter 8 gouttes Mn-1A
- Ajouter 4 gouttes Mn-2A
- Après 2min ajouter 4 gouttes Mn-3A
- La lecture finale se fait après 5min
- La couleur varie entre beige et marron

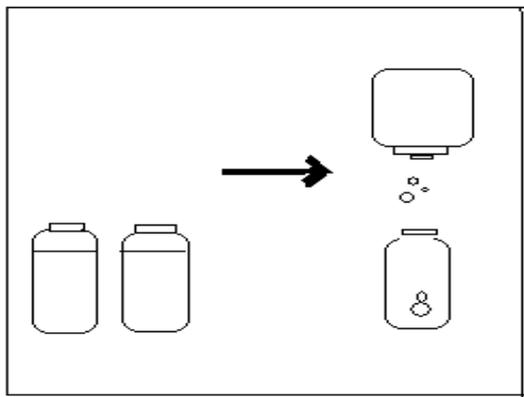


c-Test du Fer (Fe) :

C'est un test qui sert à détecter le Fer non dissout dans l'échantillon (eau traitée).

-Mode opératoire :

- prendre 6ml de l'échantillon
- Ajouter 3 gouttes du Fe-1
- La lecture se fait après 3min en mg/l Fe



Fe -1

Partie II : Etude de l'étape coagulation-floculation

I- INTRODUCTION

Notre travail consiste à une optimisation du traitement de l'eau à savoir la coagulation-floculation. Afin de réaliser cet objectif, on a choisi d'effectuer plusieurs essais tout en variant d'une part la concentration et le type du coagulant, et d'autre part la concentration et le type du floculant, afin d'obtenir à la fin du traitement un taux d'abattement optimal et une meilleure qualité d'eau destinée à la consommation.

II- Matériel et méthode :

1-Echantillonnage :

On a choisi d'étudier l'efficacité des réactifs de l'étape de coagulation-floculation. Pour réaliser cette objectif, on a procédé à échantillonner de l'eau pré-chlorée arrivant du barrage de BAB LOUTA dans les provinces de TAHLA. Afin d'évaluer la qualité de cette eau (eau brute), on a réalisé une succession d'analyse qui consiste à évaluer les différents composants chimiques, physique et biologique, les résultats obtenus sont mentionnés dans les tableaux.

III-Jar Test:

1-Matériel utilisé:

Le matériel utilisé pour ce procédé :

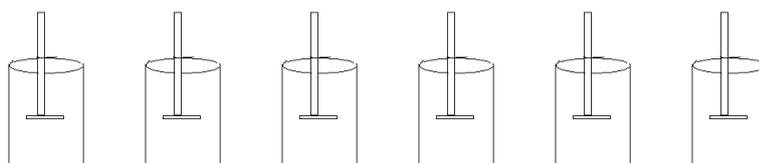
- Un flocculateur de laboratoire avec six agitateurs à hélice entraînés par un moteur électrique à vitesse variable en continu.
- 6 béciers d'un litre d'eau à analyser.
- Verreries de laboratoire.
- Papier-filtre bande blanche.

2-Réactifs :

- Solution de sulfate d'Alumine $Al_2(SO_4)_3$ comme coagulant avec une concentration de 10g/l.
- Solution de Chlorure ferrique $FeCl_3$ comme coagulant avec une concentration de 10g/l.
- Polymère comme flocculant avec une concentration de 10g/l.
- Alginate comme flocculant avec une concentration de 1g/l.
- Acide chlorhydrique HCl (N/10).
- La soude NaOH.

3-Mode opératoire :

- On prend 6 béchers d'un litre d'eau préchlorée



- Agitation rapide 120tr/min pendant 2min → pour l'homogénéité entre l'eau et le chlore
- On ajoute rapidement des quantités croissantes du coagulant et on laisse agiter pendant 2 min à une vitesse de 120 tr/min (coagulation).
- Ensuite on diminue la vitesse d'agitation à 40tr/min pendant 20 min (floculation)
- on note l'aspect des flocs formés pour chaque bécher
- Après on relève les hélices et on laisse décanter tous les flocons formés dans les béchers pendant 30 min ;
- Après, on mesure au niveau du surnageant : le pH, la turbidité, le chlore résiduel
- Ensuite on fait passer le surnageant de chacun des béchers à travers des papiers-filtres bande blanche disposés dans les entonnoirs. Puis on détermine la turbidité, l'alcalinité et l'aluminium résiduel (par kit) de l'eau filtrée.



Figure 8: Appareil de jar-test

4- Caractéristique du choix de la dose optimale :

- Turbidité de l'eau décantée < **5NTU** (NTU : Nuphélomtrie turbidity unity)
- Turbidité de l'eau filtrée < **0.5 NTU**
- pH de floculation entre **6.50** et **8.50**.
- [Al résiduel] < **0.2 mg/l**
- 6.5** < pH < **8.5**

IV- les essais de JAR TEST :

Avant de déclencher Jar Test, une caractérisation de l'eau brute est effectuée.

1- Caractérisation de l'eau brute :

Turbidité (NTU)	4,68
Température (°C)	13,1
pH	7,20
Conductivité (µS/cm)	2,03
L'oxygène dissout (mg/l)	8,52
TH : titre hydrotimétrique (méq/l)	3,14
TAC : titre alcalimétrique complet (méq/l)	2,6
Détermination du Calcium (Ca²⁺) (méq/l)	42

Tableau 2 : caractérisation de l'eau brute

2-L'optimisation de la dose du Sulfate d'Alumine $Al_2(SO_4)_3$:

a- L'effet de la concentration du coagulant :

La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. Il faut d'abord préciser la concentration du coagulant ($Al_2(SO_4)_3$) qui donne la meilleure élimination des matières en suspension.

On varie la concentration du coagulant ajouté de **5 à 30** mg/l pour l'échantillon d'eau préchlorée et on lance l'agitation. Après on mesure pour chaque bécher : turbidité, pH, TAC, aluminium, les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

	Bécher 1	Bécher 2	Bécher 3	Bécher 4	Bécher 5	Bécher 6
Doses injectés (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	4,35	1,75	1,89	1,56	1,55	1,98
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,83	1,34	1,39	1,15	1,04	1,22
pH de l'eau décantée	8,2	8,15	7,93	7,55	7,52	7,3
pH de l'eau filtrée	8,09	7,92	7,48	7,46	7,23	7,17
Test d'aluminium de l'eau filtrée (mg/l)	0,12	0,12	0,07	0,12	0,07	0,07
Titre alcalimétrique complet (méq/l)	2,55	2,5	2,45	2,35	2,1	2,05
Taux d'abattement pour l'eau décantée(%)	7,05	62,6	59,61	66,66	75,42	57,69
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	60,89	71,36	70,29	75,42	77,77	73,93

Tableau 3 : Résultats de l'effet des doses de l' $Al_2(SO_4)_3$ sur la coagulation floculation

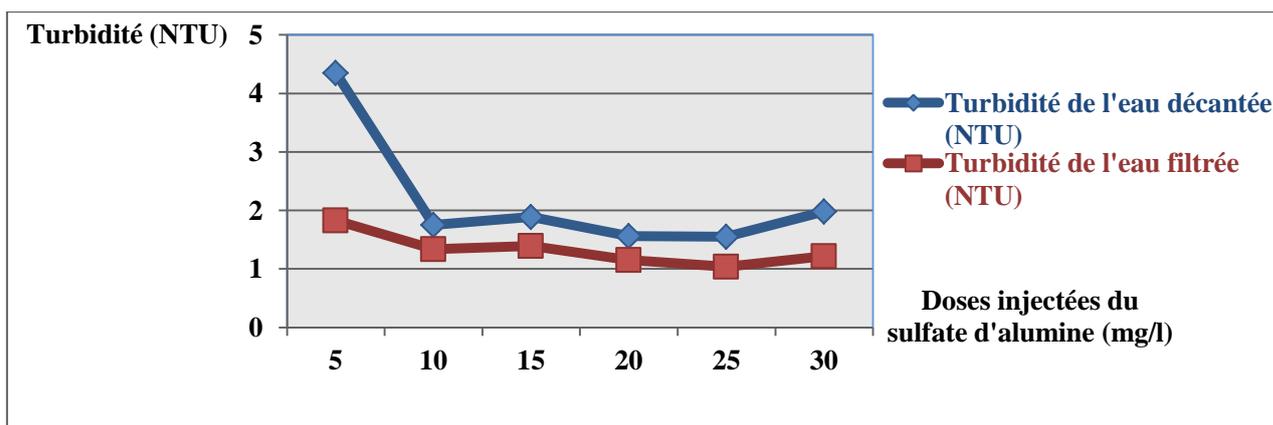


Figure 9: graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées de l' $Al_2(SO_4)_3$.

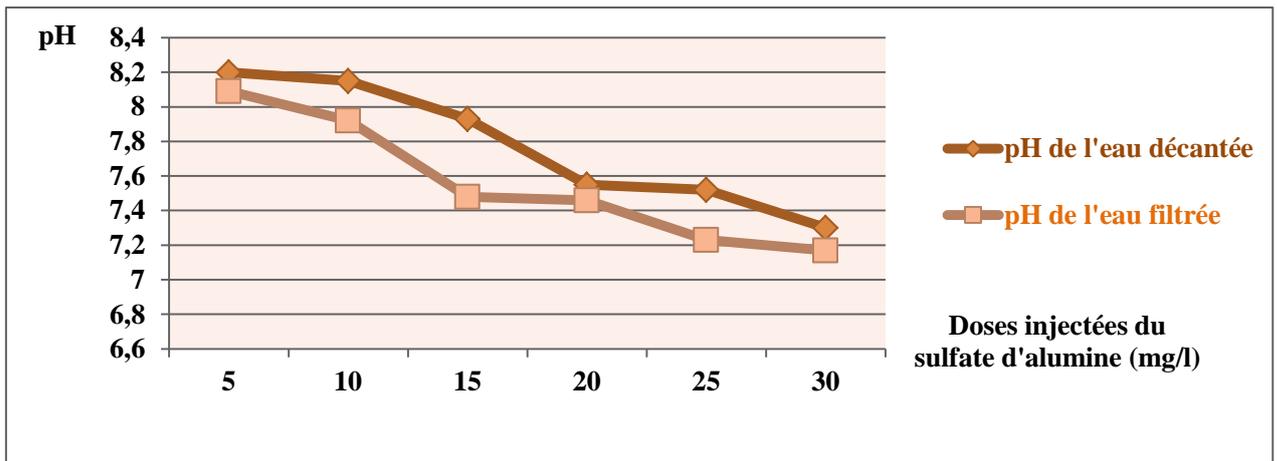


Figure 10: graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

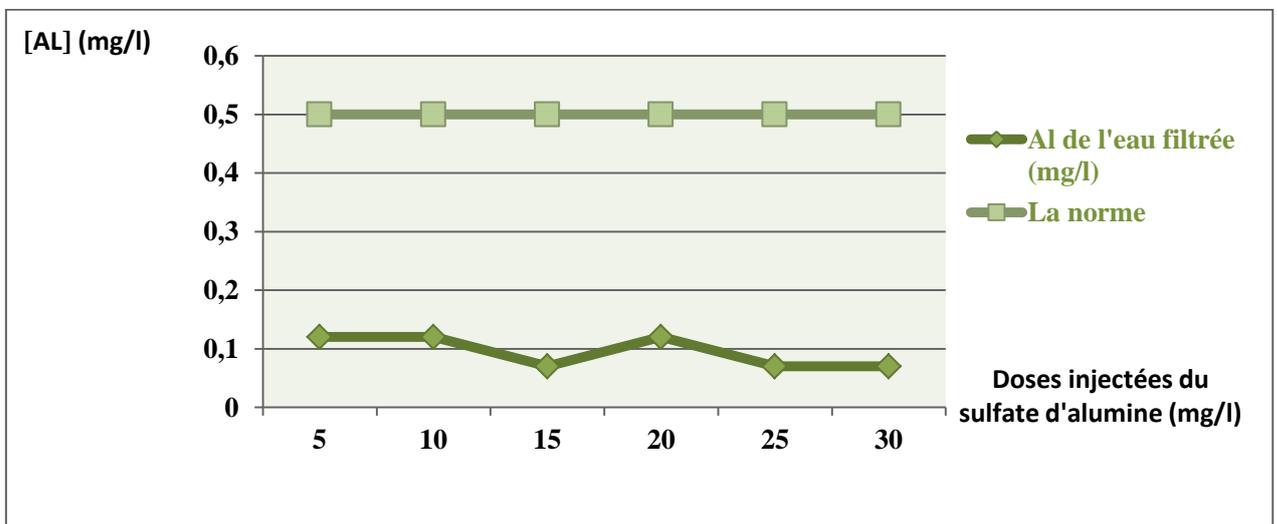


Figure 11: graphique représentant la variation de l'Aluminium en fonction des doses injectées de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

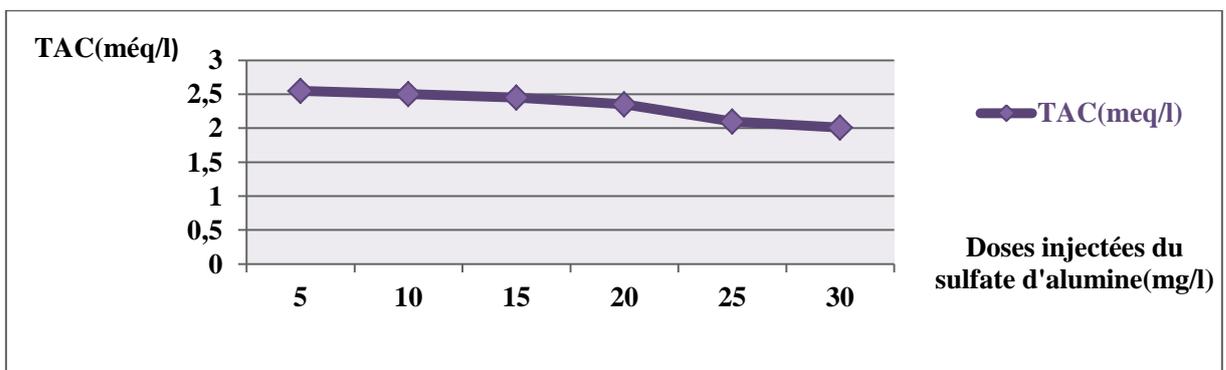


Figure 12: graphique représentant la variation du TAC en fonction des doses injectées de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : D'après le graphe, on remarque que le béccher 5 a une basse turbidité par rapport aux autres bécchers que ça soit pour l'eau décantée ou filtrée.

-pH : D'après le graphe on constate que le pH diminue avec l'augmentation de la concentration de $(Al_2(SO_4)_3)$ pour les deux échantillons l'eau décantée et filtrée. Toutes les valeurs du pH sont dans la norme puisque $6,5 < pH < 8,5$

Cette diminution du pH pourra être expliquée par la formation de l'acide sulfurique H_2SO_4 (acide) suite à l'augmentation de la concentration du coagulant.

-Aluminium : D'après le graphe les valeurs de la concentration d'Aluminium sont tous dans la norme car $[Al] < 0,5 \text{ mg/l}$.

-TAC : les valeurs de TAC diminuent avec l'augmentation de la concentration de l' $Al_2(SO_4)_3$.

Cette diminution pourra être expliquée par la formation de l'acide sulfurique H_2SO_4 au cours du dosage.

La dose optimale du coagulant est 25mg/l

b-l'effet de l'ajout d'un flocculant sur la coagulation floculation :

On va injecter dans les six bécchers d'eau préchlorée la dose optimale trouvée du sulfate d'alumine (25mg/l), puis des doses différentes du flocculant qui est l'alginate pour révéler son effet sur la coagulation floculation.

	Béccher 1	Béccher 2	Béccher 3	Béccher 4	Béccher 5	Béccher 6
Doses d' $Al_2(SO_4)_3$ (mg/l)	25	25	25	25	25	25
Doses d'alginate (mg/l)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,42	1,34	1,06	1,03	1,09	1,21
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,86	0,83	0,82	0,81	0,89	1,12
pH de l'eau décantée	6,81	6,76	6,81	6,85	6,83	6,96
pH de l'eau filtrée	7,12	7,09	7,04	7,36	7,21	7,07
Test d'aluminium de l'eau filtrée (mg/l)	0,07	0,12	0,07	0,07	0,07	0,07
TAC (mg/l)	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,05
Taux d'abattement d'eau décantée (%)	17,44	22,09	38,37	40,11	36,62	29,65
Taux d'abattement d'eau filtrée(%)	50	51,74	52,32	52,9	48,25	34,88

Tableau 4 : Résultats de l'effet d'ajout d'alginate sur la coagulation floculation

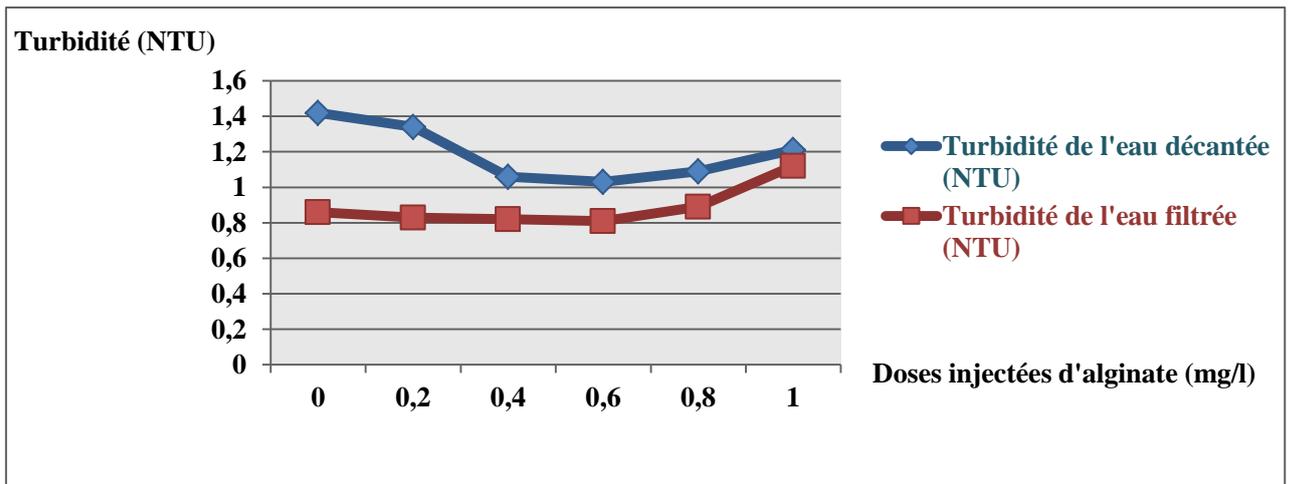


Figure 13: graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées d'alginate

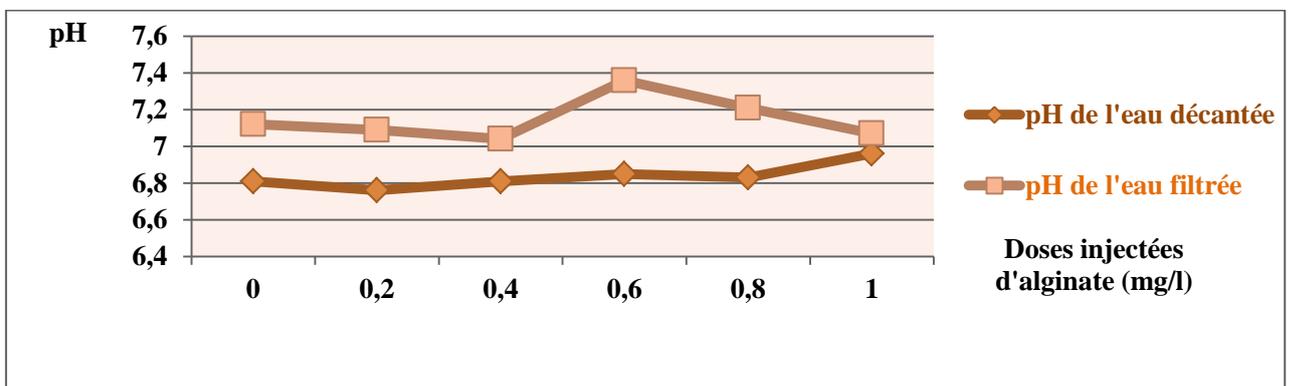


Figure 14: graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées d'alginate

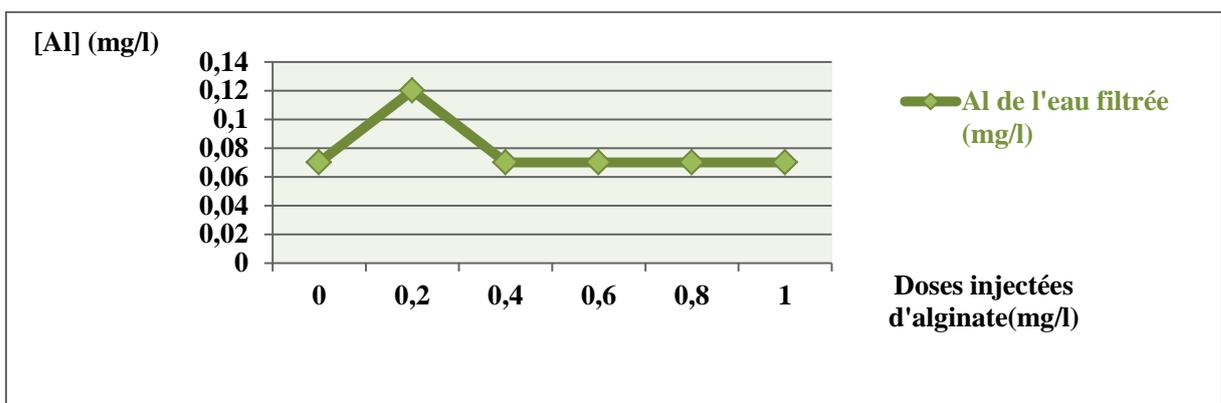


Figure 15: graphique représentant la variation de l'Aluminium en fonction des doses injectées d'alginate

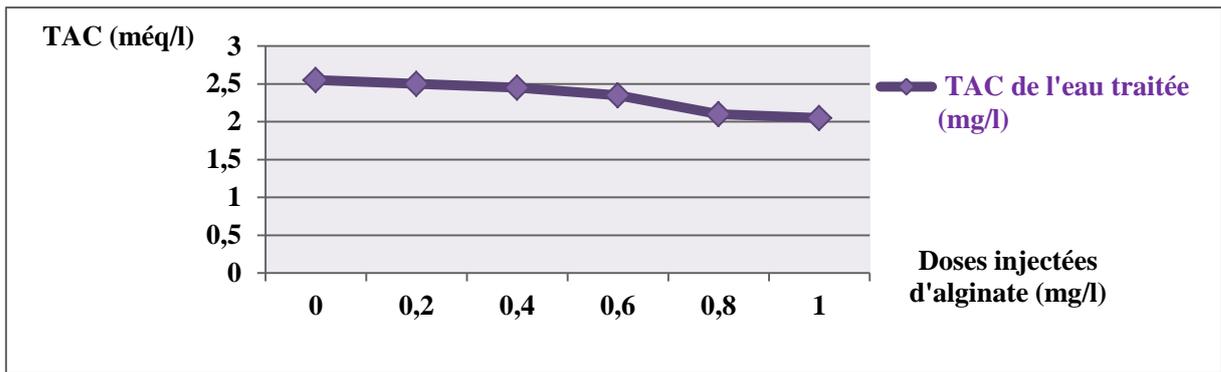


Figure 16: graphique représentant la variation du TAC en fonction des doses injectées d'alginate

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : On constate que l'utilisation de coagulant+floculant a diminué progressivement la turbidité de l'eau décantée.

Les cinq premiers béchers répondent aux critères de choix, donc on va choisir le bécher 4 (0.6 mg/l) parce qu'il donne une turbidité optimale.

-pH : On peut constater d'après ces résultats que le pH obtenu pour l'eau décantée, ainsi que celui de l'eau filtrée sont compris entre 6.5 et 8.5 (dans la norme) ce qui suggère que l'alginate est convenable pour un éventuel traitement de pH de l'eau brute.

-Aluminium : D'après le graphe la majorité des valeurs d'aluminium sont de l'ordre de 0,07mg/l, ils sont dans la norme.

-TAC : On remarque que le TAC diminue faiblement avec l'augmentation de la concentration du floculant, puisque on a la formation de l'acide sulfurique au cours du dosage

La dose optimale du floculant est 0,6mg/l

c-L'effet de la vitesse d'agitation sur la coagulation floculation :

En essayant de voir l'influence de la vitesse d'agitation sur le processus coagulation-floculation. Le prélèvement d'un échantillon d'eau brute a été traité par $Al_2(SO_4)_3$, et on fixe ce dernier à une dose de 25 mg/l et 0,6 mg/l d'alginate. Nous avons réalisé notre expérience sur six échantillons, en variant la vitesse de rotation pendant l'agitation lente de 20tr/min à 70tr/min

Vitesses d'agitation (tr/min)	20	30	40	50	60	70
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,45	1,19	1,11	1,12	1,15	1,30
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,33	1,15	0,98	1,05	1,04	1,07
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	35,37	61,73	64,3	63,98	63,02	58,19
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	57,23	63,02	68,48	66,23	66,55	65,59

Tableau5: Influence de la vitesse d'agitation sur la turbidité

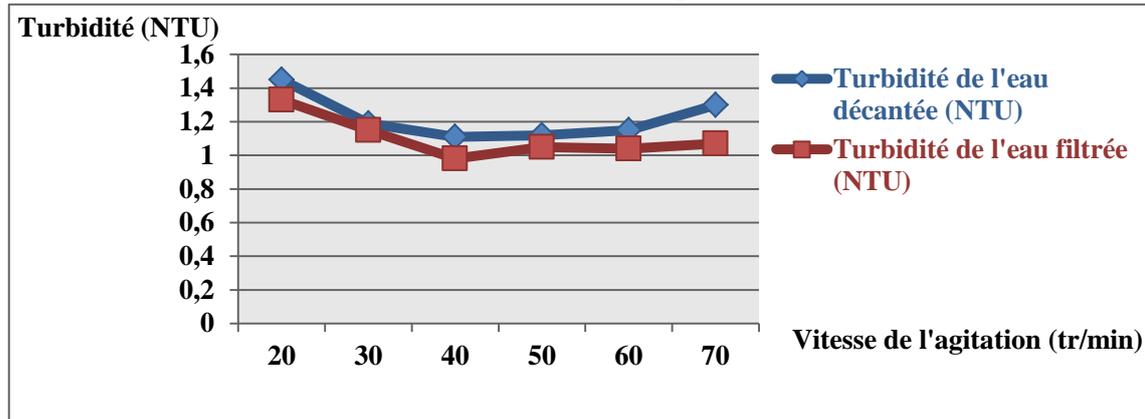


Figure17: graphique représentant la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation

-Interprétation des résultats :

D'après les résultats obtenus, et à une vitesse de 40tr/min un abaissement de la turbidité est bien remarqué, ce qui explique une bonne floculation (agglomération des floes), par contre un abaissement qui est un peu long aux autres cas.

Donc on déduit que la vitesse d'agitation lente joue un rôle très important dans le processus de floculation.

d-L'effet de la variation du pH :

Pour mettre en lumière l'effet du pH, on va réaliser l'essai suivant :

Dans les 6 béchers d'eau préchlorée, on va injecter $Al_2(SO_4)_3$ et l'alginate avec les doses optimales trouvées préalablement, mais avant l'injection de ces doses on va varier le pH du six béchers du milieu acide (en ajoutant HCl) au milieu basique (en ajoutant NaOH).

	pH=5	pH=6	pH=7	pH=7,5	pH=8	pH=9
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,19	1,12	1,01	1,09	1,28	1,25
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,14	1,05	0,95	1,02	1,21	1,2
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	65,4	67,44	70,63	68,31	62,79	63,66
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	66,86	69,47	72,38	70,34	64,82	65,11

Tableau 6: Influence du pH sur la turbidité

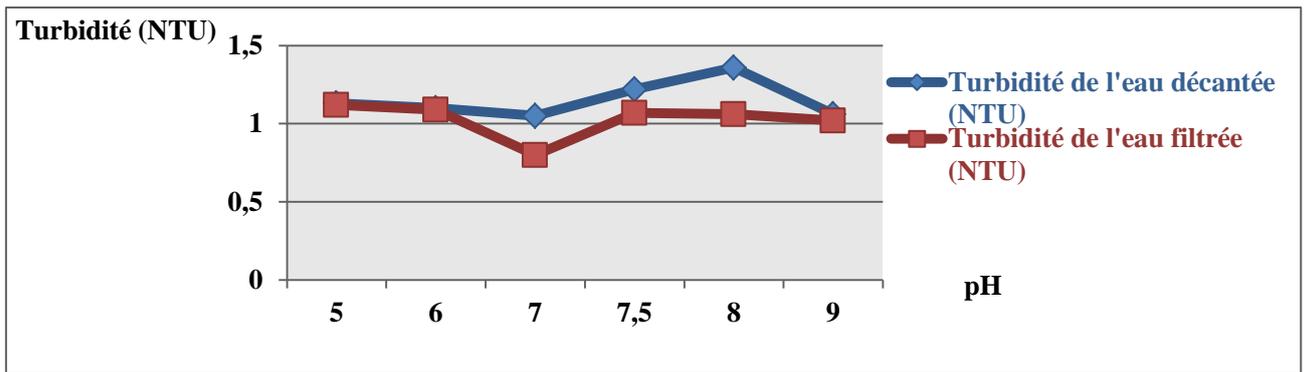


Figure 18: graphique représentant la turbidité en fonction du pH

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : On remarque que la turbidité de l'eau décantée et filtrée est optimale quand le pH est neutre (pH=7 ; pH=7,5) car on a une agglomération des charges, par contre à un pH basique (pH=8 ; pH=9) on a une précipitation de l' $\text{Al}(\text{OH})_3$ c'est pour cela qu'on a une augmentation de la turbidité.

3-L'optimisation de la dose du chlorure ferrique FeCl_3 :

a- L'effet de la concentration du coagulant :

Dans cet essai, on a changé la nature du coagulant utilisé dans la station de traitement (on a remplacé le sulfate d'alumine par le chlorure ferrique (FeCl_3) et on a étudié l'effet de ce dernier sur la coagulation-floculation.

On a varié la concentration du chlorure ferrique ajouté de 15 à 40mg/l pour l'échantillon d'eau préchlorée, après l'agitation nous avons mesuré la turbidité, le pH et le chlore résiduel.

	Bécher 1	Bécher 2	Bécher 3	Bécher 4	Bécher 5	Bécher 6
la dose injectée de FeCl_3 (mg/l)	15	20	25	30	35	40
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,33	1,1	1,05	1,22	1,36	1,06
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,12	1,09	0,8	1,07	1,06	1,02
pH de l'eau décantée	6,77	6,73	6,66	6,47	6,54	6,41
pH de l'eau filtrée	7,25	7,08	7,01	7,03	7,13	7,14
Chlore résiduel de l'eau filtrée (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	71,58	76,49	77,56	73,93	70,94	77,35
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	76,06	76,7	82,9	77,13	77,35	78,2

Tableau 7 : Résultats de l'effet du FeCl_3 sur la coagulation-floculation

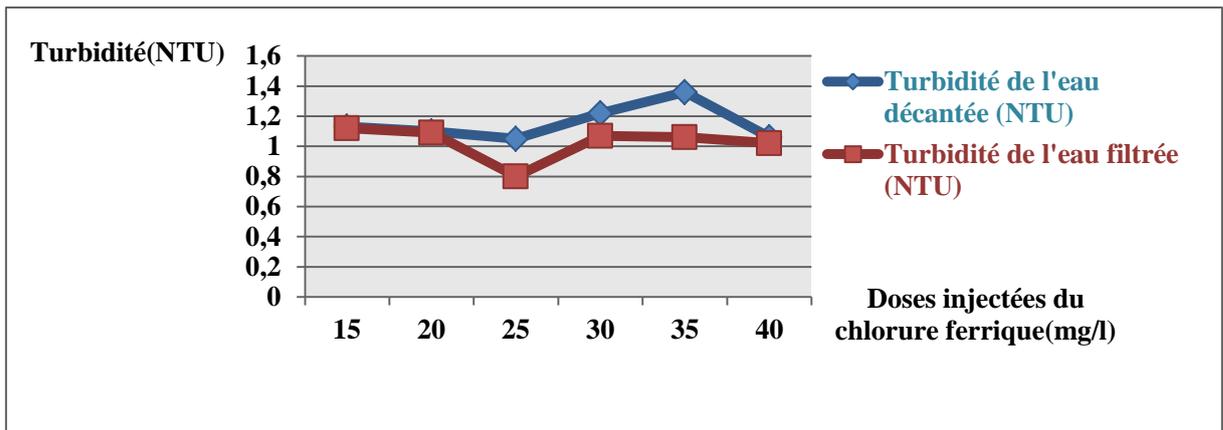


Figure 19: graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées du FeCl_3

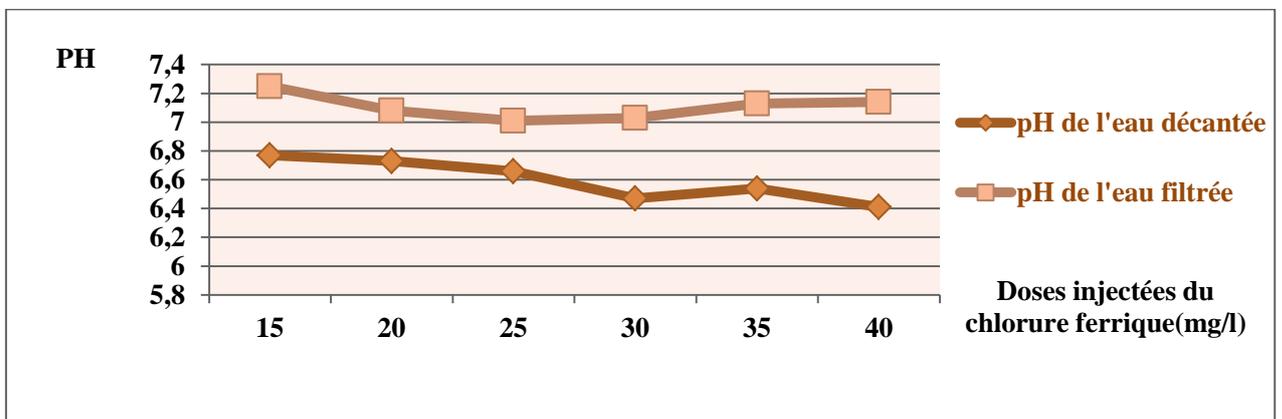


Figure 20: graphiques représentant la variation du pH en fonction des doses injectées du FeCl_3

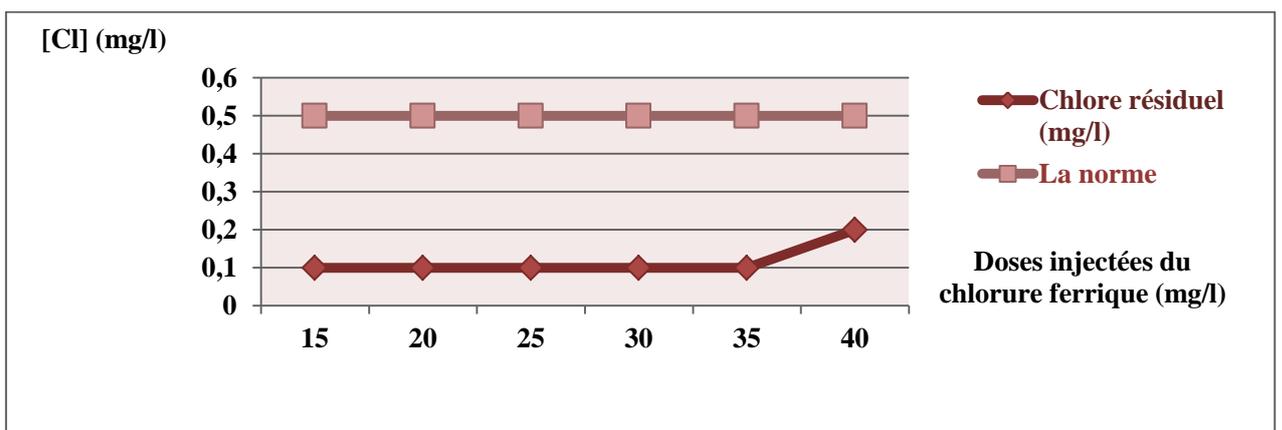


Figure 21: graphiques représentant la variation du chlore en fonction des doses injectées du FeCl_3

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : Concernant la turbidité, on peut signaler une efficacité du traitement de l'eau décantée et l'eau filtrée avec une concentration du coagulant de l'ordre de **25mg/l**.

-pH : On peut constater d'après ce résultat que le pH obtenu pour l'eau décantée ainsi que celui de l'eau filtrée est dans la norme **6.5 < pH < 8.5**, ce qui suggère que le FeCl₃ est convenable pour un éventuel traitement de pH de l'eau brute.

-Chlore résiduel : A travers l'analyse du graphique du chlore résiduel, on peut suggérer une efficacité du traitement totale qui ne dépasse pas la norme (**0.5mg/l**).

La dose optimale du coagulant est 25mg/l

b-L'effet de l'ajout d'un flocculant sur la coagulation floculation :

On va injecter dans les six béchers d'eau préchlorée la dose optimale du FeCl₃ (**25mg/l**) puis des doses différentes d'alginate pour déceler son effet sur la coagulation floculation.

	Bécher 1	Bécher 2	Bécher 3	Bécher 4	Bécher 5	Bécher 6
Doses injectés de FeCl₃ (mg/l)	25	25	25	25	25	25
Doses injectées d'alginate (mg/l)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,21	1,29	1,06	1,05	1,08	1,26
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,04	1,13	1,05	0,9	1,15	1,17
pH de l'eau décantée	6,9	6,98	6,88	6,89	6,95	6,97
pH de l'eau filtrée	7,24	7,68	7,49	7,40	7,42	7,66
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	64,82	62,5	69,18	69,47	68,6	63,37
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	69,76	67,15	69,47	73,83	66,56	65,98

Tableau 8: Résultats de l'effet d'Alginate sur la coagulation-floculation

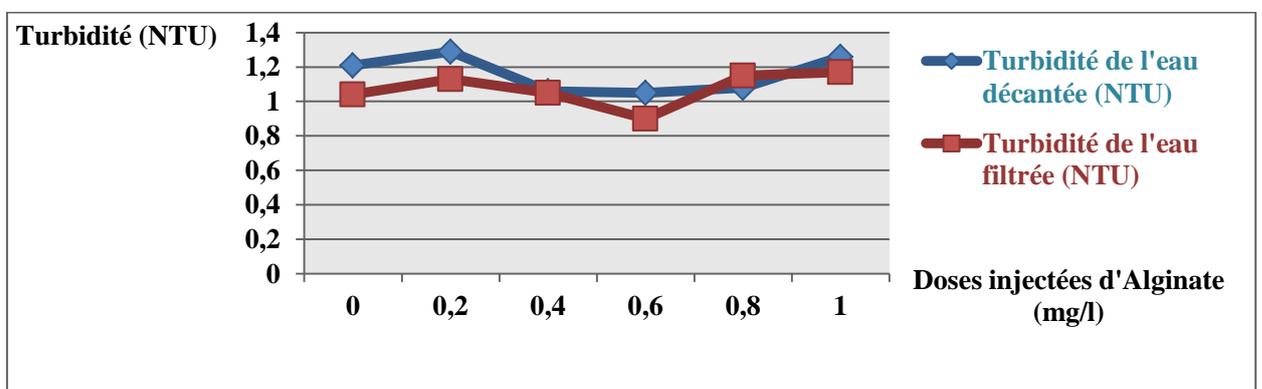


Figure 22: graphique représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées d'alginate

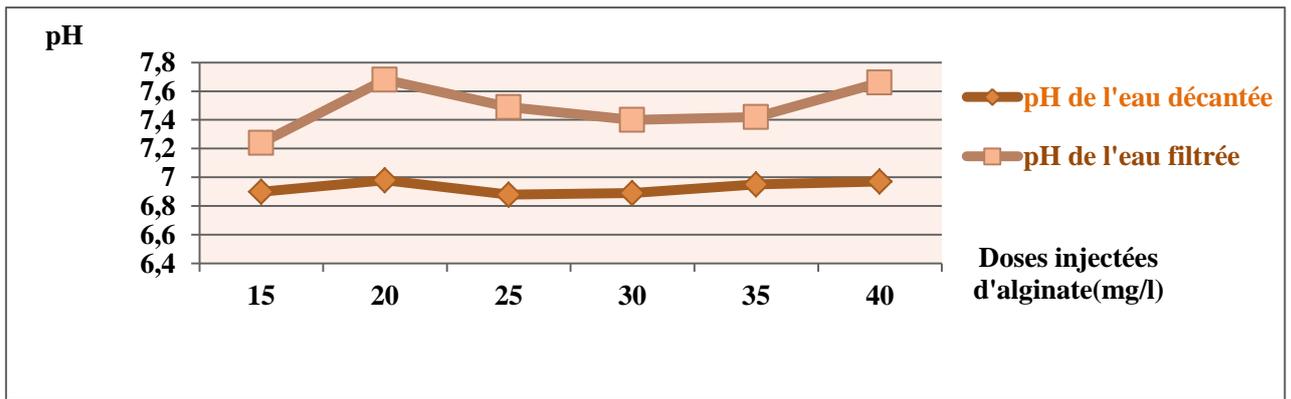


Figure 23: graphique représentant la variation du pH en fonction des doses injectées d'Alginate

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : Concernant la turbidité, on suggère un taux d'abattement optimale pour toutes les concentrations du floculant employées que ça soit pour l'eau décantée ou bien pour l'eau filtrée, avec une turbidité optimale pour la dose **0.6 mg/l**.

-pH : D'après les courbes, on constate que le pH de l'eau filtrée et décantée reste dans la norme pour toutes les concentrations du floculant utilisées.

La dose optimale du floculant est 0,6mg/l

c-L'effet de la vitesse d'agitation sur la coagulation floculation :

Vitesse d'agitation (tr/min)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Turbidité de l'eau décantée(NTU)	1,14	1,29	1,54	0,88	0,96	0,99	1,30	1,31	1,33	1,35
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	1,01	1,17	1,10	0,48	0,81	0,85	1,01	1,12	1,13	1,16
Taux d'abattement de l'eau décantée (%)	60,68	55,51	46,89	69,65	66,89	65,86	54,13	54,82	54,13	53,44
Taux d'abattement de l'eau filtrée (%)	65,17	59,65	62,06	83,44	72,06	70,68	65,17	61,37	61,03	60

Tableau 9 : Influence de la vitesse d'agitation sur la turbidité

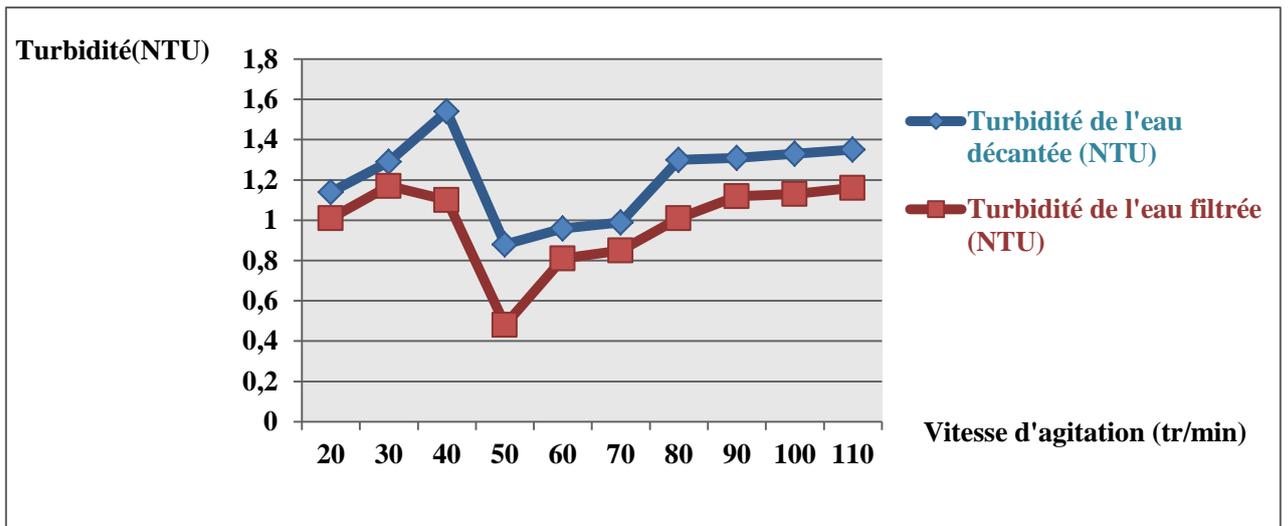


Figure 24 : graphique représentant la turbidité en fonction de la vitesse d'agitation

-Interprétation des résultats :

L'abaissement de la turbidité à $v=50\text{tr/min}$ et à $v=60\text{tr/min}$ est énorme ce qui fait qu'on a une meilleure floculation (agglomération des floccs) dans ces conditions, par contre à des $v>70\text{tr/min}$ un abaissement qui est long ce qui montre qu'on n'a pas une agglomération mais plutôt des cassures des floccs.

d-L'effet de la variation du pH :

Dans les 6 bécchers d'eau préchlorée, on va injecter FeCl_3 et l'alginate avec les doses optimales trouvées préalablement, mais avant l'injection de ces doses on va varier le pH du six bécchers du milieu acide (en ajoutant HCl) au milieu basique (en ajoutant NaOH).

	pH=5	pH=6	pH=6,5	pH=7	pH=7,5	pH=8
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	2,89	1,32	1,25	1,19	1,2	2,87
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	2,44	1,15	1,17	1,16	1,12	1,33
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	41,14	73,11	74,54	75,76	75,56	41,54
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	50,3	76,57	76,17	76,37	77,18	72,91

Tableau 10 : Influence du pH sur la turbidité

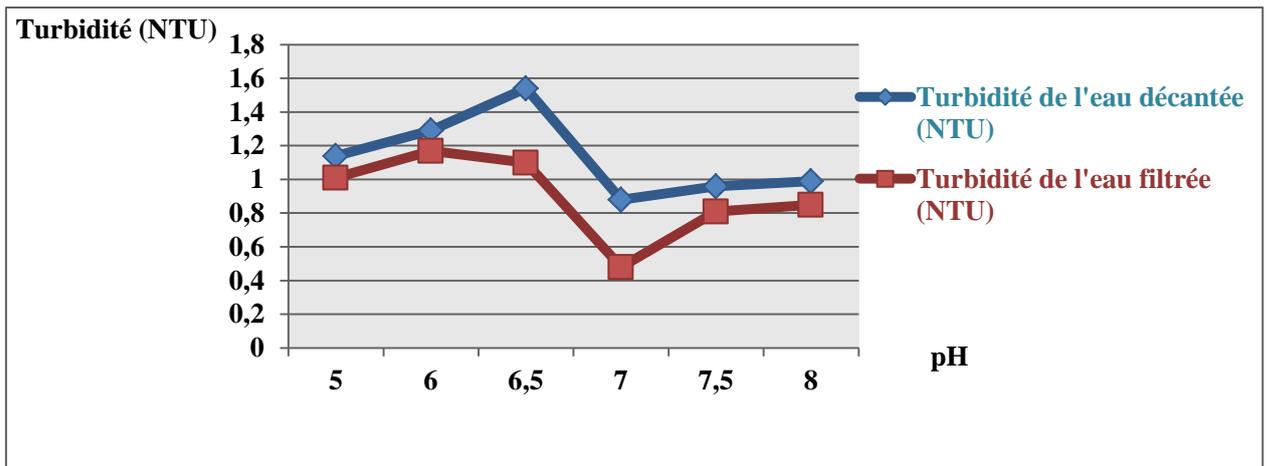


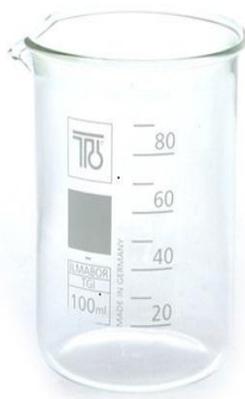
Figure 25 : graphique représentant la turbidité en fonction du pH

-Interprétation des résultats :

Les valeurs de la turbidité sont optimales à des valeurs de pH neutre (6,5-->7,5) ce qui explique une meilleure agglomération des floccs.

4-Etude comparative :

L'objectif de cet essai est de comparer les deux coagulants : le sulfate d'alumine et le chlorure ferrique avec deux flocculants différents à savoir l'alginate et le polymère, puis on démarre Jar test.



25mg/l d'Al₂(SO₄)₃

+

0,6mg/l d'alginate



25mg/l d'Al₂(SO₄)₃

+

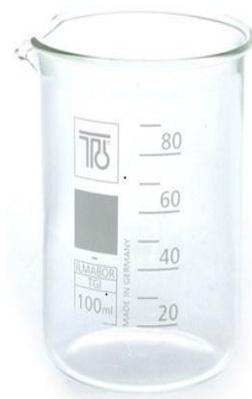
0,2mg/l du polymère



25mg/l du FeCl₃

+

0,6 d'alginate



25mg/l du FeCl₃

+

0,2mg/l du polymère

	Bécher 1	Bécher 2	Bécher 3	Bécher 4
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	0,97	1,41	1,04	1,05
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,43	1,3	1,01	1,02
pH de l'eau décantée	7,43	7,57	7,43	7,57
pH de l'eau filtrée	7,09	7,2	7,52	7,73

Tableau 11: comparaison entre les coagulants

-Interprétation des résultats :

-Turbidité : d'après le tableau, on remarque que le bécher 1 a une turbidité optimale que ça soit pour l'eau décantée ou filtrée ($0,43 < 0,5 \text{NTU}$).

Donc, on déduit que le coagulant et le floculant qui sont convenables pour un traitement efficace sont le sulfate d'alumine et l'alginate.

-pH : les valeurs du pH sont dans la norme pour les deux coagulants.

Conclusion :

Grâce à la meilleure qualité de l'eau du barrage de BAB LOUTA, tous les paramètres physico-chimiques présentent une homogénéité assez désirée, ce qui assure une qualité d'eau conforme aux normes et aux objectifs visés par l'ONEE.

Le choix entre les doses déterminées par les essais de Jar test est non seulement lié à l'efficacité relative, mais aussi au point de vue économique.

Et à partir des résultats et discussions présentés, nous avons pu conclure que :

- La concentration optimale du coagulant sulfate d'alumine donne une meilleure élimination de matières en suspension.
- L'ajout d'un flocculant à des faibles doses, améliore la qualité des eaux traitées.
- Le pH est l'un des paramètres les plus importants qu'il faut noter, du fait qu'il joue un rôle déterminant dans la coagulation.
- Enfin, ce stage m'a permis d'avoir un aperçu sur les différents critères de qualité d'une eau potable et d'assister aux différents procédés de traitement des eaux de surfaces en particulier le procédé de coagulation-floculation. A travers ce stage j'ai pu assister au bon fonctionnement de la station de potabilisation du barrage BAB LOUTA.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau)
- Manuel des Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humaine