

Projet de fin d'études

Sommaire

INTRODUCTION	3
I. L'Office National de l'Eau et d'Electricité (branche Eau) :	7
1. Historique :	7
2. Les missions de l'ONEE-Branche eau :	7
3. Les axes stratégiques	7
II. Procédés de traitement de l'eau en provenance du barrage de BAB LOUTA.....	7
1. Description du site de stage	7
a. Géomorphologie	8
b. Présentation du circuit d'écoulement d'eaux.....	8
c. Présentation de la station de traitement	9
2. Les différentes étapes du traitement de l'eau du barrage de BAB LOUTA :	9
a. Pré-chloration	10
b. L'aération.....	10
c. Débourbage	11
d. Coagulation floculation.....	11
e-Décantation	12
f. filtration	13
g. La désinfection :.....	13
III. Analyse de la qualité d'eau :	13
1. Analyses physiques :	13
a. Turbidité	13
b. Potentiel hydrogène pH.....	14
c. Température	14
2. Les analyses chimiques	14
a. Chlore résiduel	14
b. Paramètres mesuré par kits	15
3. Demande en chlore :	15
Matériel et méthode :	18
I. Echantillonnage :	18
II. Jar Test:	18
1. Principe :	18

Projet de fin d'études

2. Description de la procédure :.....	18
III. Les essais de JAR TEST :	20
Essai 1 : Effet de la concentration du coagulant sur la coagulation.....	20
Essai 2 : Effet de l'ajout de flocculant sur la coagulation floculation	24
Essai 3 : Effet de la nature de coagulant sur la coagulation floculation	26
Essai 4: Effet de la nature du flocculant sur la coagulation floculation	29
conclusion.....	31
Références bibliographiques :.....	35

Introduction

L'eau est considérée un élément vital pour tout les êtres vivant y compris l'homme, il joue un rôle pivot 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 internationaux, 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 minérales et la matière organiques 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 pompé 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.

Ce rapport est organisé de la façon suivante :

Dans le premier chapitre de ce projet, on donne une présentation de l'Office National de l'Eau et d'Electricité branche eau, puis les différentes étapes de traitement des eaux du barrage BAB LOUTA, ainsi qu'on définit les différentes analyses physico-chimiques effectuées dans le laboratoire de la station de traitement BAB LOUTA.

Dans le deuxième chapitre on présente les étapes d'optimisation du traitement par coagulation floculation des eaux du barrage BAB LOUTA tout en évaluant plusieurs paramètres à savoir : la nature du coagulant, les doses, le pH...

I. L'Office National de l'Eau et d'Electricité (branche Eau) :

1. Historique :

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

La création de l'ONEP par dahir a eu lieu en 1929 sous le nom REIP (régie d'exploitation, installation et planification), puis REP (régie d'exploitation et de planification), le nom ONEP était utilisé depuis 1972 jusqu'à 2013 où l'apparition de l'ONEE après la fusion entre l'ONE et l'ONEP.

2. Les missions de l'ONEE-Branche eau :

- ✓ 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 locale,
- ✓ Contrôle de la qualité des eaux.

N.B : L'alimentation en eau potable de la ville de Taza est assurée par l'ONEE, alors que la distribution est assurée totalement par la RADEETA (Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Taza).

3. Les axes stratégiques

- ✓ Sécuriser et améliorer l'approvisionnement en eau potable eu milieu urbain,
- ✓ Généralisation de l'accès en eau potable,
- ✓ Prendre en charge la gestion du service assainissement liquide.

II. Procédés de traitement de l'eau en provenance du barrage de BAB LOUTA

1. Description du site de stage

La ville de Taza, qui connaît un accroissement démographique important, présentait un déficit aigu pendant les années de sécheresse. Afin d'assurer la satisfaction de cette demande

Projet de fin d'études

et pour mieux répondre aux besoins des usagers le barrage BAB LOUTA a été réalisé sur l'Oued Bousbâa pour la mobilisation des eaux de surface.

Le recours à cette solution était incontournable dans cette zone où les eaux souterraines sont insuffisantes. En fait, avant la mise en service de ce barrage, la ville de Taza était alimentée par des forages dont le débit a connu une réduction de la production de 30% pendant les dernières années de sécheresse.

a. Géomorphologie

Le bassin versant est situé dans la province TAZA cercle TAHLA et localisé au niveau de deux zones rurales SMIAA 5800 ha et ZERARDA 6412 ha. Ce barrage est situé à 65 km de TAZA, à 71 km de FES et à 12 Km de TAHLA. Alors qu'une partie importante de ce bassin versant dépend du centre de développement forestier de TAHLA qui révèle du service provincial des eaux et forêts de TAZA.



Figure 1 : image du barrage de BAB LOUTA

b. Présentation du circuit d'écoulement d'eaux

L'eau brute issue de barrage BAB LOUTA est acheminée gravitairement, puis l'eau passe vers un réservoir de mise en charge (100m³), ensuite, l'eau est transportée par une conduite d'une manière gravitaire à la station de traitement.

Après traitement, l'eau est acheminée gravitairement en passant par deux brises charges jusqu'à la station de pompage SP3. Cette dernière refoule l'eau vers la mise en charge

(1000 m³).

Ce réservoir approvisionne d'une manière gravitaire le réservoir $2 \times 2500 \text{ m}^3$ en passant par une brise charge BC3. Le réservoir $2 \times 2500 \text{ m}^3$ alimente gravitairement le réservoir de distribution R3 de la ville de TAZA.

c. Présentation de la station de traitement

Avec une capacité estimée à $29,500 \text{ m}^3$ par jour, la station de traitement BAB LOUTA a été réalisée par L'ONEE dans le cadre du renforcement de l'alimentation de la ville de TAZA en eau potable, à travers un emprunt évalué à 450 million de dirhams auprès de la Banque Islamique de Développement (BID).

Sur une superficie d'environ 3.2 ha, la station contient :

-  Un bassin de contact
-  Trois bâches de mélangeurs lents
-  Trois débordeurs
-  Trois flocculateurs
-  Neuf filtres
-  Une citerne pour le lavage des filtres (550 m^3)
-  Une citerne pour le stockage d'eau traitée (1600 m^3)

2. Les différentes étapes du traitement de l'eau du barrage de BAB LOUTA :

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée, car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige la station de s'arrêter momentanément.

Le traitement classique et complet d'une eau s'effectue en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres.

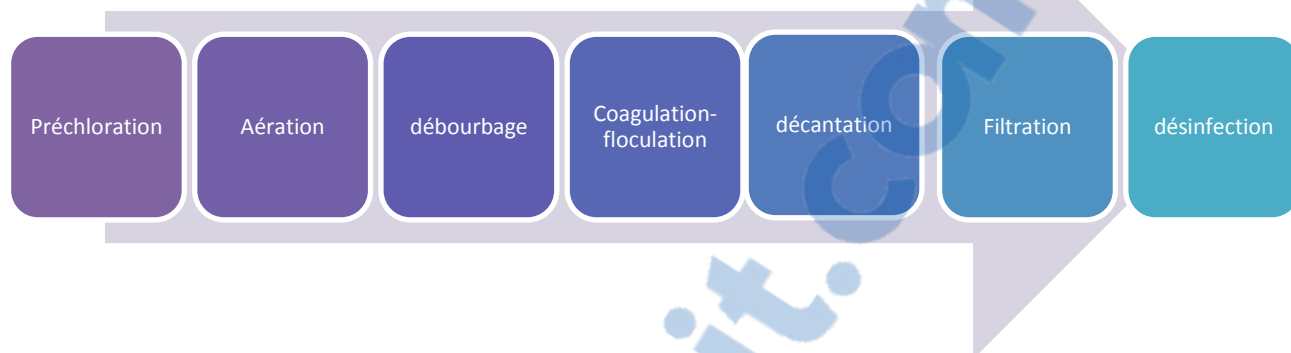


Figure 2 : les différentes étapes de traitement de l'eau

a. Pré-chloration

La première étape du traitement est constituée par une pré-chloration de l'eau brute et le produit généralement utilisé est le chlore Cl_2 . Cette étape répond à de nombreux objectifs et présente de nombreux avantages notamment :

- ✓ Une oxydation des minéraux tels que : le Fer et le Manganèse,
- ✓ Une décoloration de l'eau,
- ✓ Détruire les matières organiques. (Améliorer le goût et l'odeur de l'eau),
- ✓ Détruire les micro-organismes et inhiber la croissance algale (eutrophisation).

Cela dit, elle a aussi des inconvénients :

- ❖ Les quantités élevées utilisées augmentent les coûts du traitement,
- ❖ Le chlore utilisé pour la désinfection de l'eau peut réagir avec la matière organique d'origine naturelle (végétation, feuilles mortes, etc.) déjà présente dans l'eau à traiter et provoque alors la formation d'un groupe de substances chimiques appelées « Trihalométhanes ». Ces composés sont cancérigènes et ne devraient pas se trouver dans une eau de consommation avec des concentrations supérieures à $100 \mu\text{g/l}$.

b. L'aération

C'est une opération qui consiste à mettre en contact l'eau et l'air dans le but d'augmenter la concentration en oxygène et encore pour assurer l'oxydation de certains corps réducteurs (Fer, Mn,...) qui précipitent et peuvent alors être éliminés par filtration.



Figure 3: image du bassin d'aération en cascade

c. 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 2 g/L, pour éviter le risque d'engorger le décanteur par le volume excessif de boue apporté par l'eau brute.

d. Coagulation floculation

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique utilisé pour le traitement de potabilisation d'eau usée. Son principe repose sur la difficulté que certaines particules à se décanter naturellement : Les colloïdes.

Les colloïdes : Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels: D'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 μ m) d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électronégativement, ce qui engendrent des forces de répulsions intercolloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible.

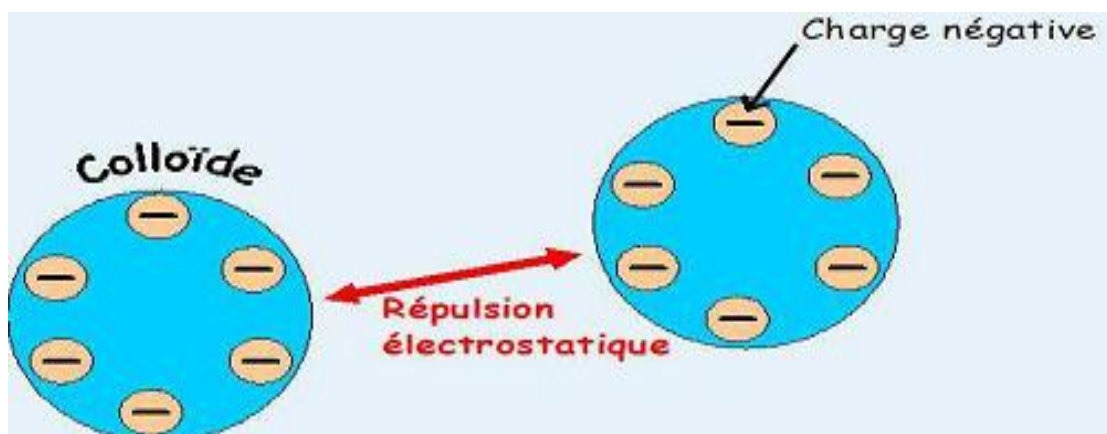


Figure4 : Structure des colloïdales.

➤ 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. On peut expliquer l'action du sulfate d'aluminium de façon simplifiée selon le modèle suivant:

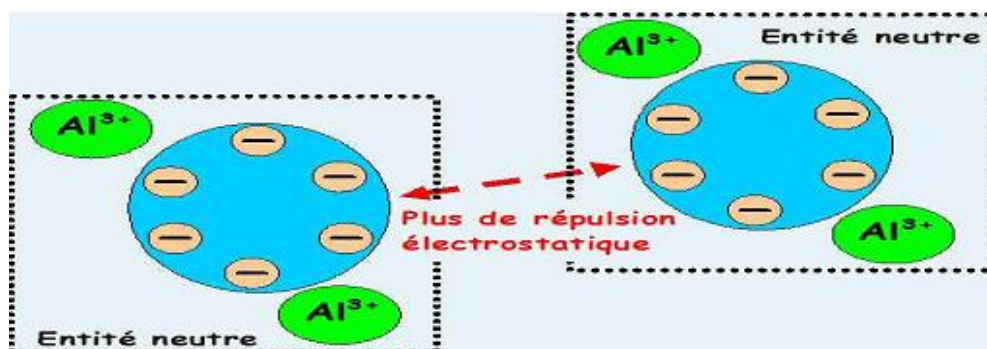


Figure 5: Déstabilisation des colloïdales.

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 deux cations aluminium pour trois 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: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$

Les cations Al^{3+} neutralisent la charge négative des colloïdes: ceux-ci ne se repoussent plus et peuvent entrer en contact, ils s'agglutinent

➤ Flocculation :

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.

e-Décantation

La décantation est une opération effectuée dans un décanteur lamellaire, elle a pour objectif l'élimination des flocs 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.

f. 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 flocs non éliminés par la décantation. Pour que le filtre nous donne de bons résultats, il faut extraire tous les flocs 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 6 : image du bassin de filtration

g. La désinfection :

Du fait de la consommation du chlore ajouté au début du traitement, une deuxième chloration est nécessaire pour assurer l'élimination des micro-organismes pathogènes et garantir une eau potable depuis la sortie de la station de traitement, en traversant les conduites de transport, jusqu'aux point d'utilisation.

III. Analyse de la qualité d'eau :

1. Analyses physiques :

a. Turbidité

La turbidité est due à la présence de particules en suspension dans l'eau (limon, particules organiques et inorganiques et autres matières microscopiques). Elle est directement liée à la propriété de diffusion de la lumière (aspect trouble) de l'eau. Plus il y a de particules en suspension dans l'eau, plus elle est trouble et plus la lumière est diffuse.



Figure 7 : image de l'appareil de turbidité

Projet de fin d'études

Son principe est basé sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée par l'échantillon à celle de référence dans les mêmes conditions (longueur d'onde, angle entre le rayon incident et le rayon diffracté). **(Annexe 3)**

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.

b. 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.



Figure 8 : image du pH mètre

c. Température

La mesure de la température doit être faite sur place au moment de prélèvement à l'aide soit d'un thermomètre soit d'une sonde. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement une sonde de température intégrée. La température agit sur la conductivité et le pH, elle influe sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz, les réactions chimiques,...

2. Les analyses chimiques

a. 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-éthylparaphénylène diamine).

Projet de fin d'études

La méthode DPD est une simple analyse effectuée sur le terrain ou en laboratoire pour déterminer la teneur en chlore libre et total de l'eau en utilisant un produit chimique (ou réactif) ,La DPD produit une couleur rose dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en chlore de l'eau. La couleur de l'eau est comparée à l'échelle de couleurs étalon de l'instrument pour déterminer la teneur en chlore. Le réactif DPD, appelé colorimètre ou comparateur de couleur, effectue cette opération automatiquement. Selon le type de trousse d'analyse DPD, le réactif DPD se présente sous forme de comprimé, de poudre (en capsule) ou de solution (en ampoule d'aluminium). Lorsqu'on met la DPD dans l'eau, l'eau vire du rose pâle au rose foncé selon sa teneur en chlore résiduel. **(Annexe 3)**

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.

Paramètres mesuré par kits

➤ *Test d'aluminium :*

L'aluminium est le métal le plus commun dans notre anthro-posphère et après l'oxygène et la silice l'élément le plus commun de la croûte terrestre. En raison de sa grande affinité avec l'oxygène, l'aluminium n'existe pas sous forme élémentaire dans la nature, mais sous diverses formes d'oxydation. **(Annexe 4)**

Ce test sert à détecter l'absence ou la présence d'aluminium dans l'eau traitée.

On Prend 5 mL de l'échantillon, on ajoute une spatule de (Al-1A) et 1,2 mL de (Al-2A) et 4 gouttes de (Al-3A), La lecture finale des résultats se fait après 7min.

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

La valeur maximale admissible : 0,2 mg/L **(Annexe 2)**

3. 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.

Projet de fin d'études

Titration de l'eau de javel :

Dans un erlenmeyer de 250 mL, on introduit :

- 1ml d'eau de javel
- 10 ml iodure de potassium KI (100g/l)
- 10ml d'acide acétique (9N)
- Dosage thiosulfate de Na (N/10)
- Dès l'apparition d'une coloration jaune pâle on ajout empoi-d'amidon et on continue le dosage jusqu'à la décoloration se la solution

✚ **NB:** Lue « TB » $\Rightarrow C=TB*3.55= X \text{ g/l}$

✚ **Eau de javel de façon générale (12°)**

Sa concentration se détermine comme suivant : $12*3.17 \text{ (g/l)}$ (annexe 1)

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

Injection de la solution (eau de javel) :

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

0,5 mg/L, 1 mg/L, 1,5 mg/L, 2 mg/L, 2,5 mg/L, 3 mg/L, 3,5 mg/L, 4 mg/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.

La figure ci-dessous montre un exemple d'illustration d'un test de demande en chlore régulièrement effectué au laboratoire :

Tableau 1 : Chlore injecté et chlore résiduel

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

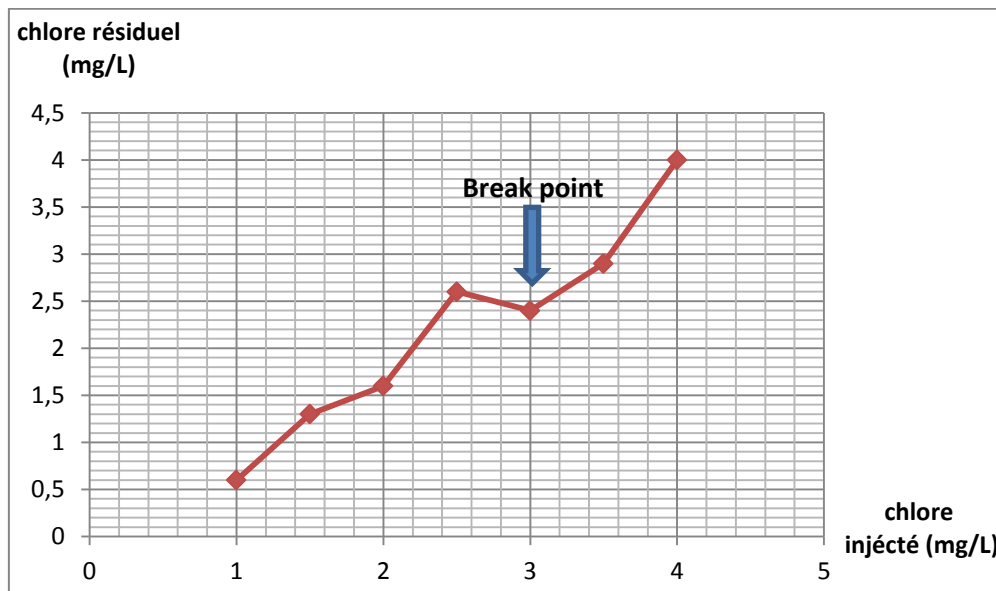


Figure 9 : graphique représentant la variation du chlore résiduel par rapport au chlore injecté

Introduction :

Ce 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 flocculant, afin d'obtenir à la fin du traitement un taux d'abattement optimal et une meilleure qualité d'eau destinée à la consommation.

Matériel et méthode :

I. Echantillonnage :

On a choisi d'étudier l'efficacité des réactifs de l'étape de coagulation-floculation ,pour réaliser cet objectif, on a procédé à échantillonner de l'eau préchloré 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, physiques et biologiques les résultats obtenus sont motionnés dans les tableaux.

II. 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. Description de la procédure :

Le procédé consiste à suivre les étapes suivantes :

- 1-Préchloration par le chlore au Break-point/la demande en chlore ;
- 2-l'ajout d'un coagulant ;
- 3-Amélioration de l'essai par l'utilisation d'un flocculant ;

a-Matériel utilisé en expérience :

Le matériel utilisé pour réaliser ce procédé :

- Un flocculateur de laboratoire avec six agitateurs à hélice entraînés par un moteur électrique à vitesse variable en continu ;

Projet de fin d'études

- 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
- Solution de sulfate d'alumine : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ comme coagulant avec une concentration de 10mg/l
- solution de chlorure ferrique : FeCl_3 comme coagulant avec une concentration de $0.5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$
- polymère comme flocculant
- l'Alginate comme flocculant.
- l'acide chlorhydrique HCl (N/10)
- la soude NaOH .



c-Mode opératoire :

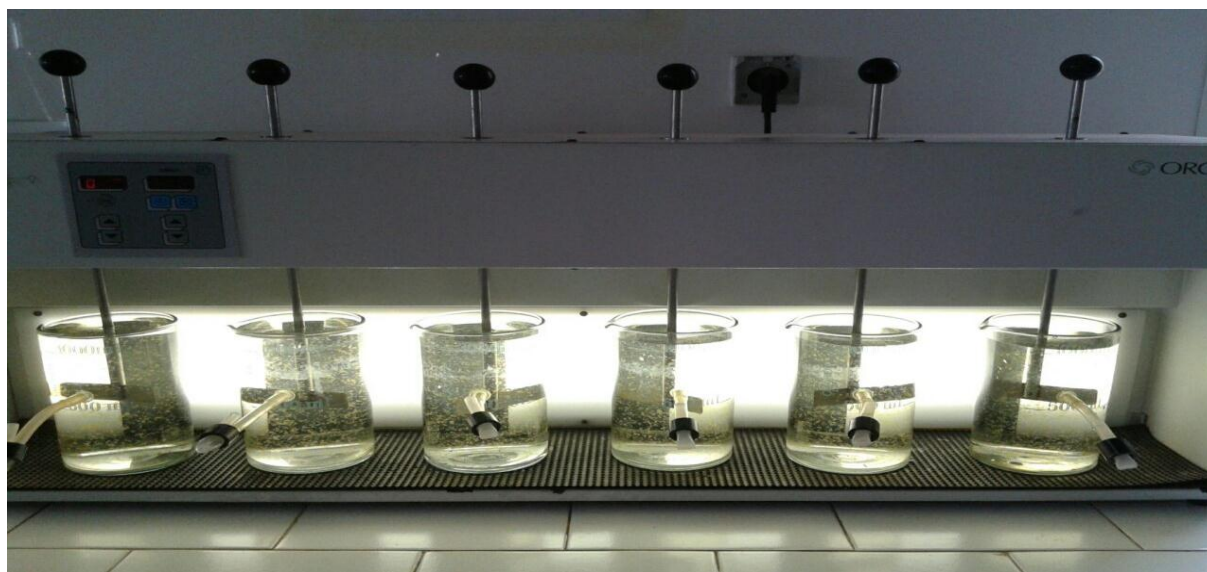


Figure 10 : image de l'appareil jar-test

Avant d'entreprendre le Jar-test, un certain nombre de mesures doivent être effectuées sur l'eau brute .Celles-ci concernent : La turbidité, Le pH, la Conductivité, , La demande en chlore...

Ces déterminations permettent de donner une idée sur les réactifs à employer et aussi sur l'efficacité des réactifs par comparaison avec les résultats obtenus après traitement.

Projet de fin d'études

- ✓ Dans chaque b cher, on verse 1L d'eau préchloré et on les place sur le banc de floculation ;
- ✓ En mettant en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min pendant 2 min pour assurer l'homogénéité entre le chlore et l'eau.
- ✓ On ajout 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 floes formés pour chaque b cher :
- ✓ 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 et l'aluminium;
- ✓ 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

d-Caractéristique du choix de la dose optimale :

- ✓ Turbidité de l'eau décantée < 5NTU.
- ✓ Turbidité de l'eau filtrée < 0.5 NTU
- ✓ Oxydabilité par KMnO_4 < 2 mg/L.
- ✓ $[\text{Al résiduel}] < 0.2 \text{ mg/L}$
- ✓ $6.5 < \text{pH} < 8.5$

N.B : Avant de faire l'essai de jar-test il faut déterminer la dose nécessaire du chlore injectée au cours de l'opération.

III. Les essais de JAR TEST :

Essai 1 : Effet de la concentration du coagulant sur la coagulation

La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des collo ides. Il faut d'abord préciser la concentration optimale du coagulant ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) qui donne la meilleure élimination des matières en suspension.

Projet de fin d'études

Avant de faire l'essai de la détermination de la dose optimale du coagulant, plusieurs analyses physico-chimiques ont été effectuées sur l'eau brute qui sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Caractéristiques de l'eau brute

turbidité	(NTU)	6,69
pH		7,46
Conductivité	(µS/cm)	283
Oxygène dissout	(mg/l)	7,83
Concentration d'aluminium	(mg/l)	0
Concentration de Fer	(mg/l)	0
Concentration d'ammonium	(mg/l)	0
Concentration de magnésium	(mg/l)	0
Oxydabilité par KMnO₄	(mg l)	2,64
TAC: titre alcalimétrique complet	(méq/l)	2
TH: titre hydrotimétrique	(méq/l)	2,4

On varie la concentration du coagulant ajouté de 20 à 45 mg/L pour l'échantillon d'eau préchloré et on lance l'agitation. Après on mesure pour chaque béccher : turbidité, pH, chlore résiduel, aluminium, les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Résultats de l'effet des doses de l'Al₂ (SO₄)₃ sur la coagulation floculation

N° de béccher:	1	2	3	4	5	6
Doses injectés (mg/l)	20	25	30	35	40	45
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	2,07	1,88	2,21	2,94	5,7	6,5
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,46	0,21	0,44	0,64	0,94	0,98
pH de l'eau décantée	7,47	6,85	6,46	6,09	5,71	5,21
pH de l'eau filtrée	7,48	7,04	6,82	6,25	6,03	5,58
Test d'aluminium de l'eau filtrée (mg/l)	0	0	0	0,07	0,07	0,07
Chlore résiduel de l'eau filtrée (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Taux d'abattement pour l'eau décantée(%)	69,05	71,89	66,96	56,05	14,79	2,84
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	93,12	96,86	93,42	90,43	85,94	85,35

Projet de fin d'études

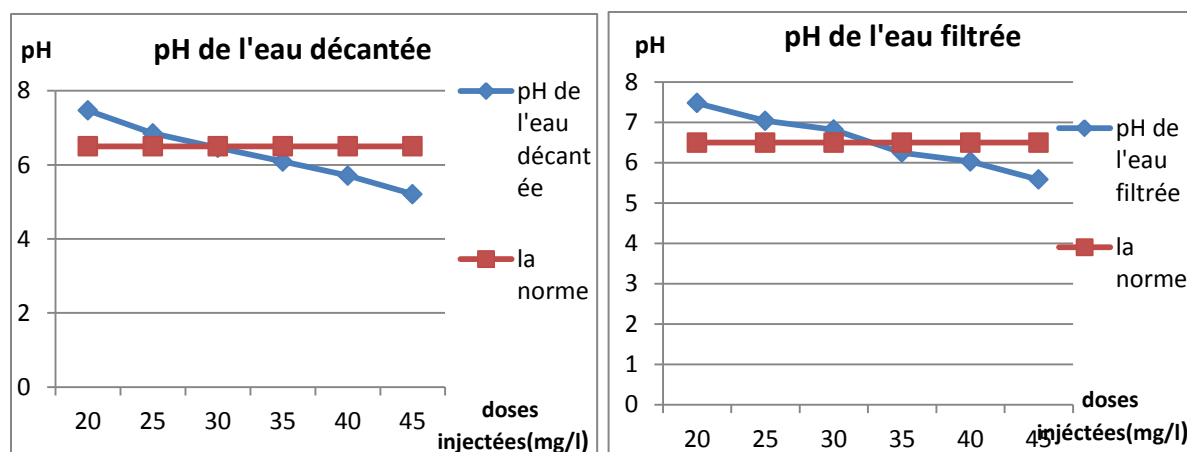


Figure 11: graphiques représentant la variation du pH en fonction des doses injectées du $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

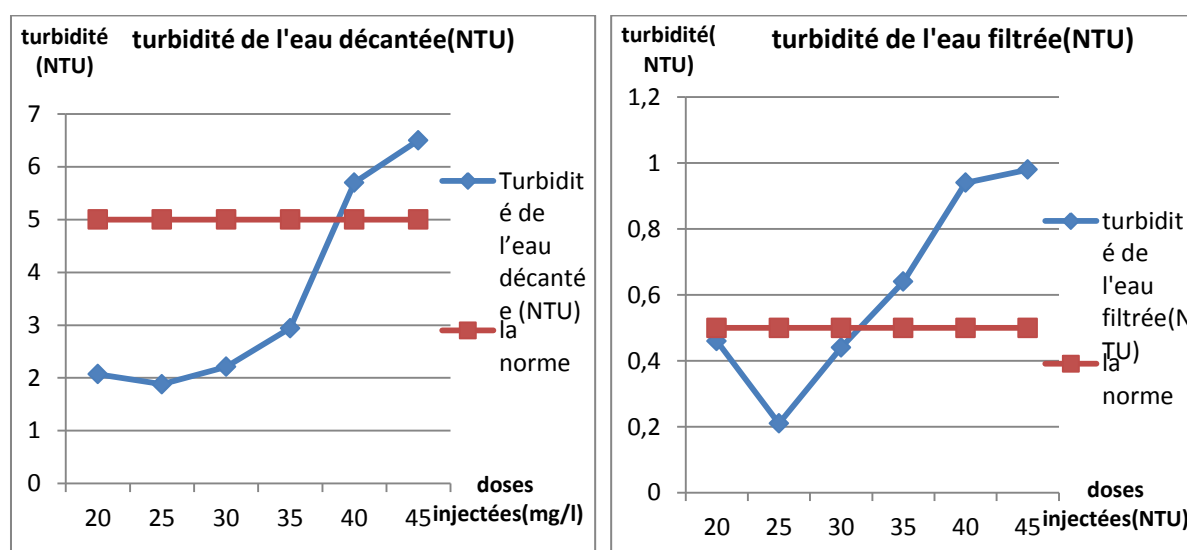


Figure 12: graphiques représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées du $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

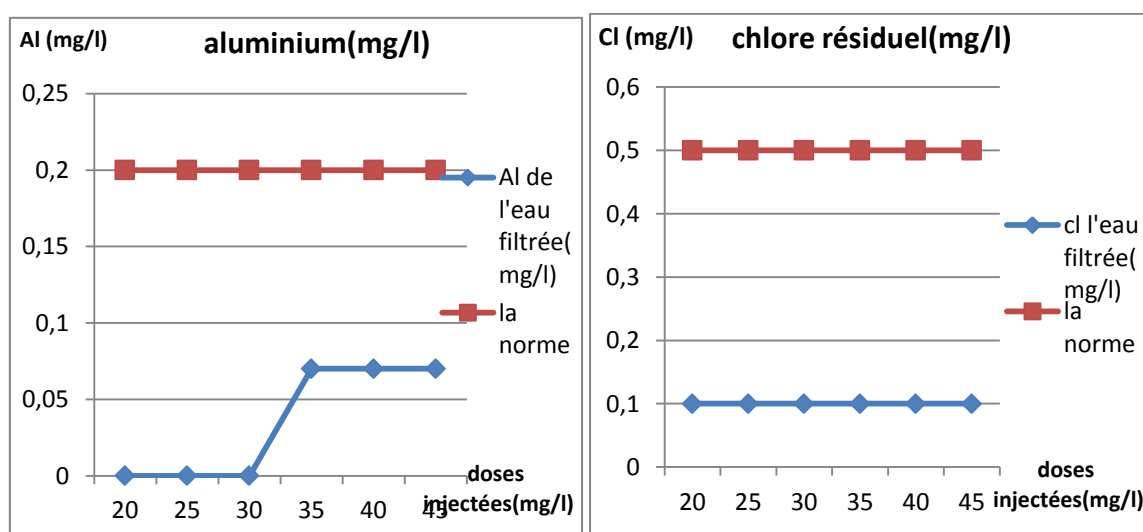


Figure 13: graphiques représentant la variation de l'Aluminium et le chlore résiduel en fonction des doses injectées de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Interprétation des résultats :

pH :

D'après les graphiques on constate que le pH diminue avec l'augmentation de la concentration de $(Al_2(SO_4)_3)$ pour les deux échantillons (eau décantée et eau filtrée), on se référant des normes, on peut considérer que les concentrations 20-25-30 dont le pH est respectivement pour l'eau décantée : 7.47-6.85-6.46 et pour l'eau filtrée : 7.48-7.04-6.82 sont optimales puisque $6.5 < pH < 8.5$

On peut expliquer cette diminution du pH par la formation de l'acide sulfurique H_2SO_4 (acide) suite à l'augmentation de la concentration du coagulant.

La turbidité :

D'après les deux graphiques on constate que la concentration optimale du sulfate d'alumine est de l'ordre de 25 mg/l que ça soit pour l'eau traitée ou bien l'eau filtrée, en outre, on peut remarquer une augmentation brusque de la turbidité suite à une utilisation des concentrations de $(Al_2(SO_4)_3)$ supérieur à 30 mg/l ; on peut l'expliquer par le fait que la concentration élevée du coagulant favorise la formation des particules agglomérées et augmente la turbidité considérablement ainsi, le temps de décantation se trouve insuffisant pour sédimenter la totalité des particules consolidées.

Les trois premiers béchers répondent aux critères de choix donc on va choisir le bécher N° 2 puisqu'il contient moins du coagulant (raison économique) : 25 mg/l

Aluminium :

Suit à l'analyse du graphique on peut suggérer que la concentration optimale du coagulant est comprise entre 20 et 30 pour l'eau filtrée. L'augmentation de la concentration de $(Al_2(SO_4)_3)$ est due au coagulant libre dans l'eau.

Chlore résiduel :

On constate une stabilité de la concentration du chlore résiduel malgré l'augmentation des doses du coagulant et on peut expliquer la diminution du chlore résiduel par le biais de son évaporation ou bien son agglomération avec les colloïdes.

La concentration du chlore dans l'eau filtrée est dans les normes ($[Cl] \leq 0.5$ mg/l).

La dose optimale du coagulant est 25 mg/l

Projet de fin d'études

Essai 2 : Effet de l'ajout de floculant sur la coagulation floculation

Dans cet essai nous avons injecté dans l'eau préchlorée la dose optimale du sulfate d'alumine (25 mg/l) dans les 6 béchers,

Puis des doses différentes du polymère (floculant) pour déceler son effet sur la coagulation floculation.

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

N° de bécher :	1	2	3	4	5	6
Doses de sulfate d'alumine (mg/l)	25	25	25	25	25	25
doses de polymère injecté (mg/l)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	2,38	1,81	1,8	1,83	1,76	1,25
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,4	0,18	0,45	0,5	0,56	0,72
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	0	0	0,07	0,07	0,12
Chlore résiduel de l'eau filtrée (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	64,42	72,94	73,09	72,64	73,69	81,31
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	94,02	97,3	93,27	92,52	91,62	89,23

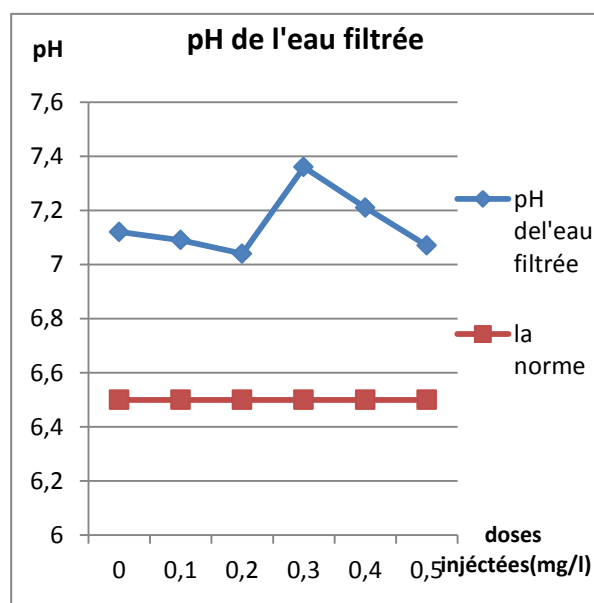
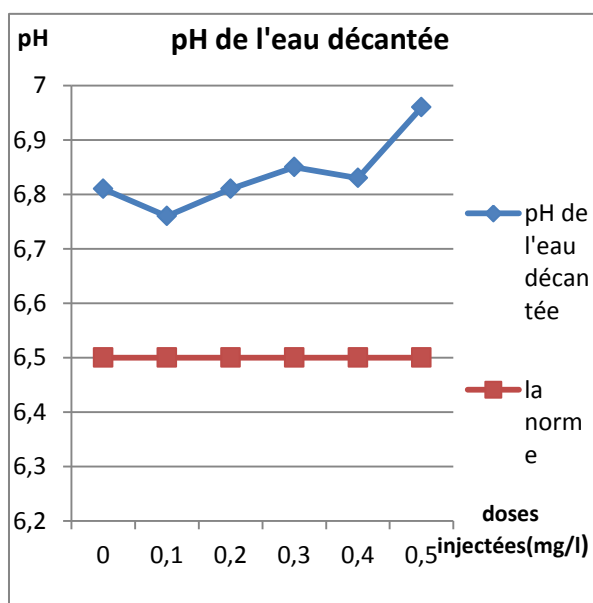


Figure 14: graphiques représentant la variation du pH en fonction des doses injectées du polymère

Projet de fin d'études

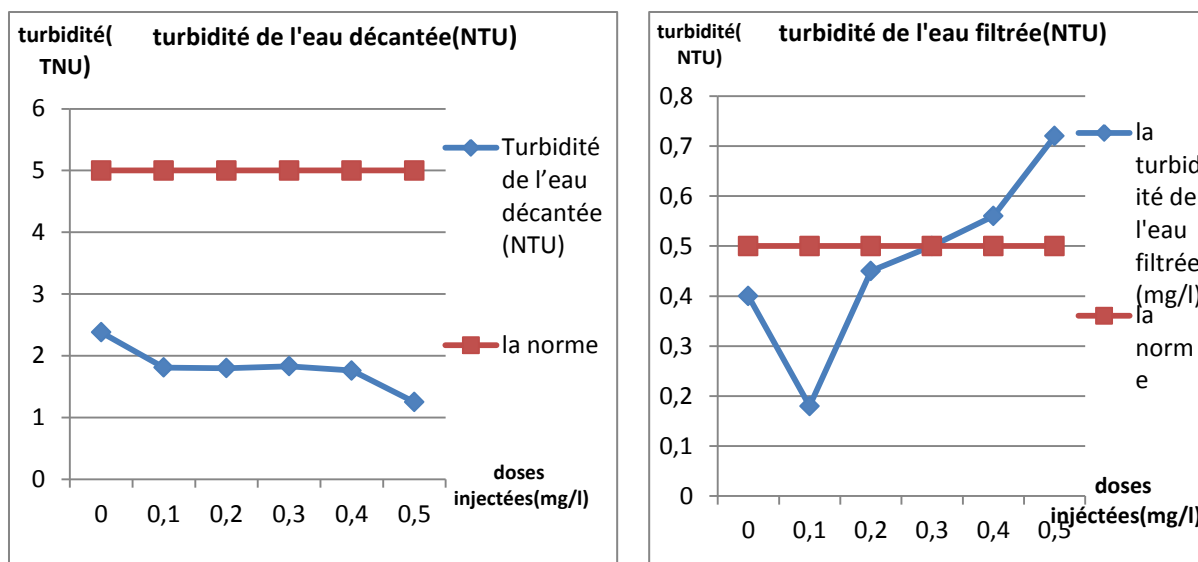


Figure 15: graphiques représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées du polymère

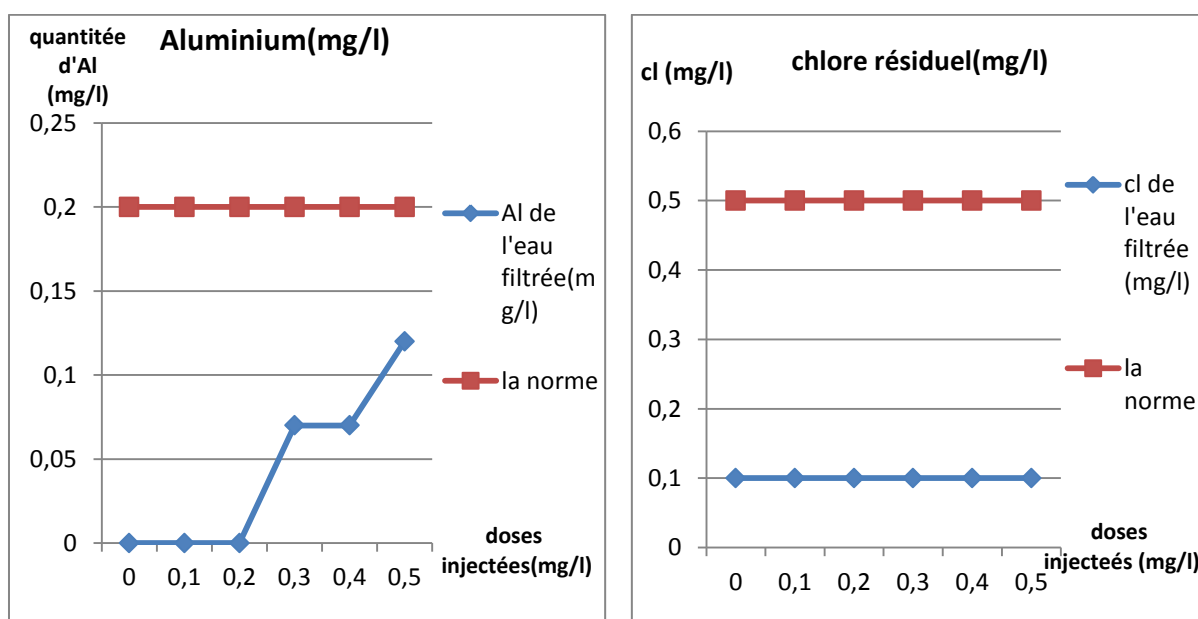


Figure 16: graphiques représentant la variation de l'Aluminium et le chlore résiduel en fonction des doses injectées du polymère

Interprétation des résultats :

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 les normes) ce qui suggère que le polymère est convenable pour un éventuel traitement de pH de l'eau brute.

Projet de fin d'études

La turbidité :

On constate que l'utilisation de (coagulant +floculant) a diminué progressivement la turbidité de l'eau décantée.

Le traitement de l'eau filtrée ne présente une efficacité du traitement qu'avec une concentration entre 0 et 0.3 mg/l de FeCl_3 , les autres concentrations employées donnent des résultats supérieurs à la norme (0.5 NTU) cela est due au temps de décantation qui n'est pas suffisant pour sédimenter les totalités des particules consolidées.

Les quatre premiers béchers répondent aux critères de choix, donc on va choisir le bécher n° 3 (0.1 mg/l) parce qu'il donne une turbidité optimale.

Aluminium :

A travers l'analyse du graphique on observe une augmentation de sa concentration qui ne dépasse pas la norme suite à la présence du $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, les béchers 1 -2-3 ne contient pas d'aluminium.

Chlore résiduel :

On observe une stabilité de la concentration du chlore résiduel malgré l'augmentation de la concentration du polymère. La concentration du chlore résiduel dans l'eau filtrée est dans les normes ($[\text{cl}] \leq 0.5$)

La dose optimale est 0,1 mg/L

Essai 3 : Effet de la nature de coagulant sur la coagulation floculation

Analyse de l'eau brute :

Tableau 5 : Caractéristiques de l'eau brute

turbidité	(NTU)	8,25
pH		7,25
Conductivité	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	283
Oxygène dissout	(mg/l)	7,83
Concentration d'aluminium	(mg/l)	0
Concentration de Fer	(mg/l)	0
Concentration d'ammonium	(mg/l)	0
Concentration de magnésium	(mg/l)	0
Oxydabilité par KMnO_4	(mg/l)	2,64
TAC : titre alcalimétrique complet	(méq/l)	2
TH: titre hydrotimétrique	(méq/l)	2,4

Projet de fin d'études

Dans cet essai, on a changé la nature du coagulant utilisé dans la station du 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 20 à 45 mg/l pour l'échantillon d'eau préchloré, après l'agitation nous avons mesuré la turbidité, le pH et la concentration du chlore résiduel.

Tableau suivant représente les résultats obtenus par coagulation floculation :

Tableau 6 : Résultats de l'effet du FeCl_3 sur la coagulation-floculation

N° de bécber	1	2	3	4	5	6
la dose injectée de FeCl_3 (mg/l)	20	25	30	35	40	45
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,82	1,36	1,09	0,96	1,07	0,86
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,69	0,62	0,52	0,5	0,72	0,58
pH de l'eau décantée	7,22	7,18	7,01	6,99	7	6,81
pH de l'eau filtrée	7,65	7,6	7,78	7,54	7,5	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 (%)	77,93	83,51	86,78	88,36	87,03	89,57
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	91,63	92,48	93,69	93,93	91,27	92,96

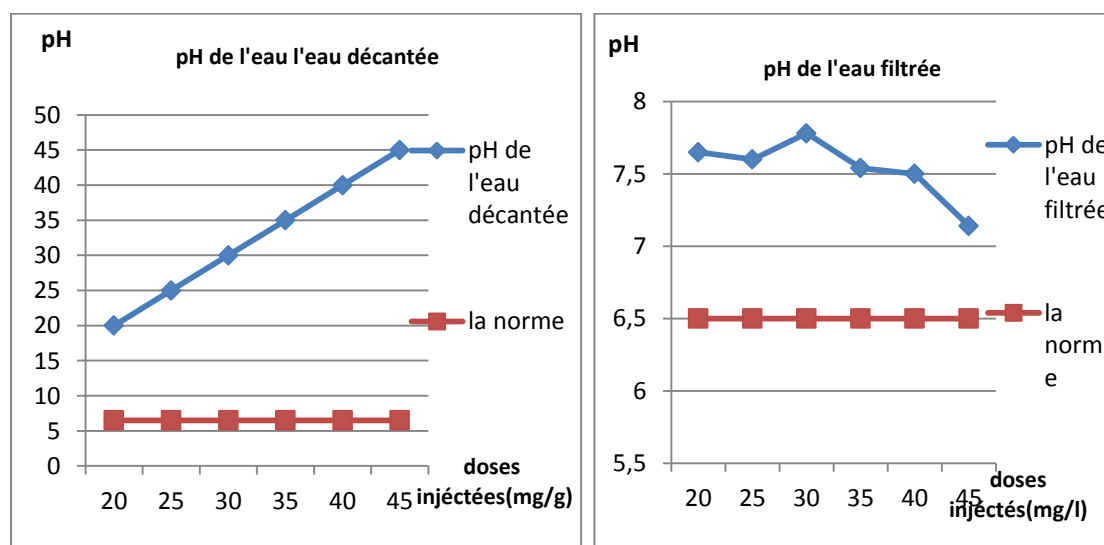


Figure 17: graphiques représentant la variation du pH en fonction des doses injectées du FeCl_3

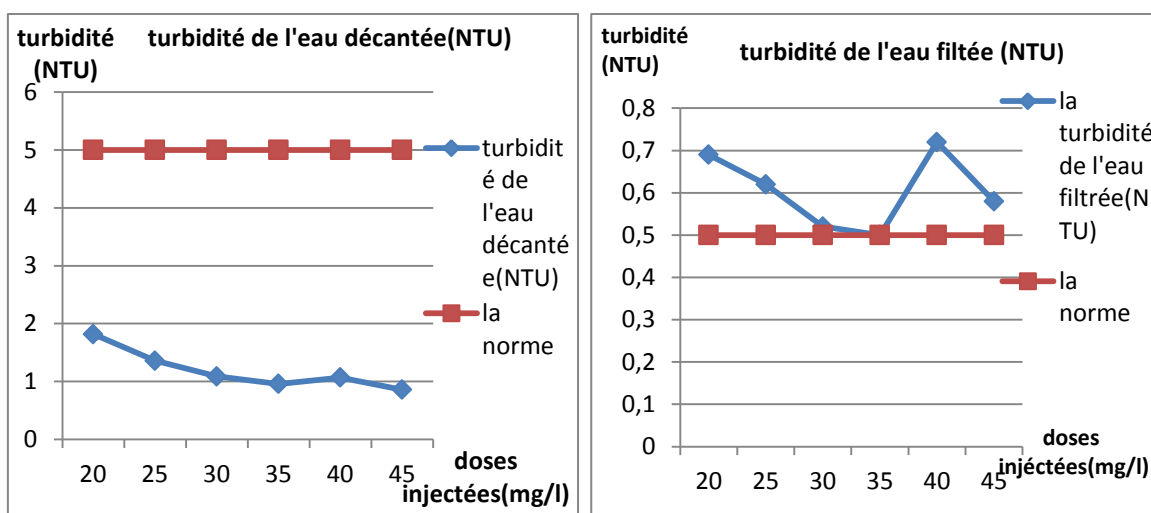


Figure 18: graphiques représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées du FeCl_3

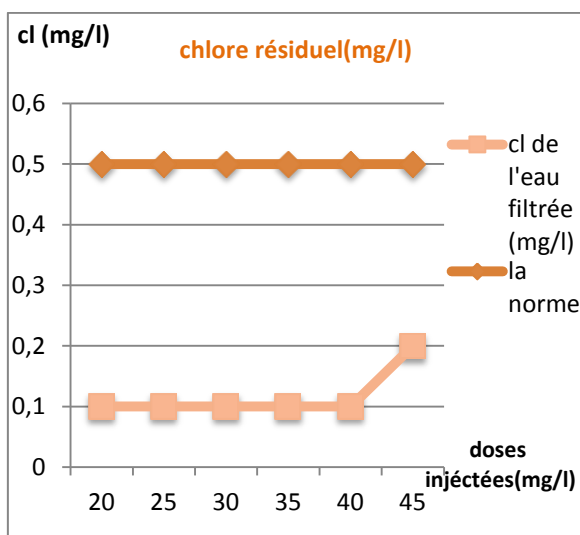


Figure 19 : graphiques représentant la variation du chllore en fonction des doses injectées du FeCl_3

Interprétation des résultats :

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 les normes ($6.5 < \text{pH} < 8.5$), ce qui suggère que le (FeCl_3) est convenable pour un éventuel traitement de pH de l'eau brute.

Projet de fin d'études

Turbidité :

On ce qui concerne la turbidité, on peut signaler une efficacité du traitement de l'eau décantée avec une concentration optimale du coagulant de l'ordre de 45mg/l. En revanche, le traitement de l'eau filtrée ne présente une efficacité du traitement qu'avec une concentration de 35 mg/l, les autres concentrations employées donnent des résultats supérieurs à la norme (0.5 NTU).

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), avec un rendement légèrement supérieur suite à l'utilisation des concentrations de (FeCl_3) allant de 20 mg/l jusqu'au 40 mg/l.

La dose optimale du coagulant est 35 mg/l

Essai 4: Effet de la nature du floculant sur la coagulation floculation

Dans cet essai nous avons injecté dans l'eau préchlorée la dose optimale du chlorure ferrique (FeCl_3) (35mg/l) dans les six béchers, puis des doses différentes d'Alginate (floculant) pour savoir leur effet sur la coagulation floculation

Tableau 7: Résultats de l'effet d'Alginate sur la coagulation-floculation

la dose injectée de Fe cl3 (mg/l)	20	20	20	20	20	20
doses injectés de l'Alginate (mg/l)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Turbidité de l'eau décantée (NTU)	1,04	1,07	1,06	0,94	1,02	0,98
Turbidité de l'eau filtrée (NTU)	0,65	0,72	0,58	0,72	0,68	0,71
pH de l'eau décantée	6,78	6,97	6,88	6,87	6,88	6,95
pH de l'eau filtrée	7,24	7,34	7,36	7,37	7,4	7,36
Test d'aluminium de l'eau décantée (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Test d'aluminium de l'eau filtrée (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Chlore résiduel de l'eau décantée (mg/l)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Chlore résiduel de l'eau filtrée (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Taux d'abattement pour l'eau décantée (%)	87,39	87,03	87,15	88,6	87,63	88,12
Taux d'abattement pour l'eau filtrée (%)	92,12	91,27	92,96	91,27	91,75	91,39

Projet de fin d'études

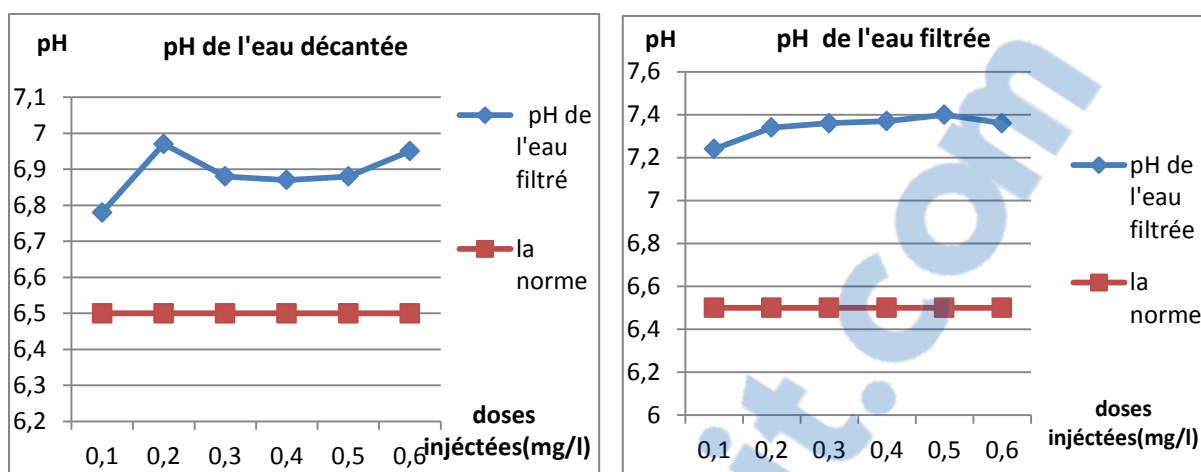


Figure20: graphiques représentant la variation du pH en fonction des doses injectées d'Alginate

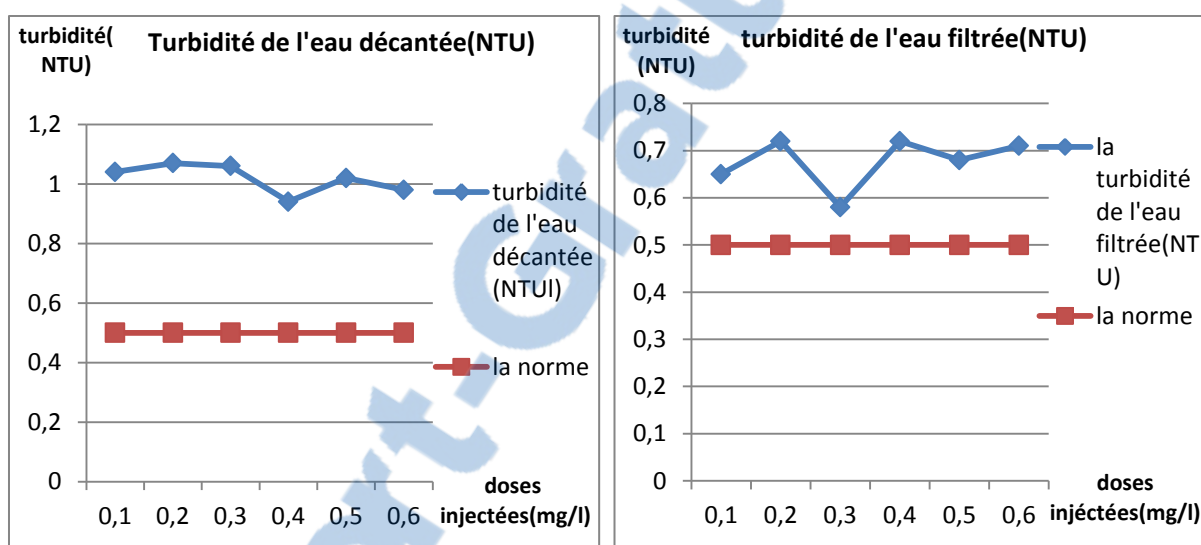


Figure21: graphiques représentant la variation de la turbidité en fonction des doses injectées d'Alginate

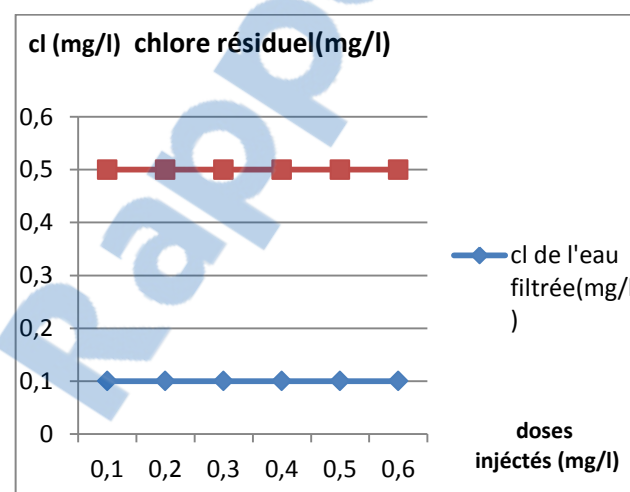


Figure 22: graphiques représentant la variation du chlore en fonction des doses injectées d'Alginate

Interprétation des résultats :

Lors de cet essai, on a essayé d'optimiser la dose de floculant (alginate), à partir de cet objectif on a testé les différents paramètres essentiels à savoir : le pH, la Turbidité et le chlore résiduel pour l'eau décantée et celle filtrée :

pH :

D'après les courbes, on constate que le pH de l'eau filtrée et/ou décanté reste dans la norme pour toutes les concentrations du floculant utilisées avec un optimum de la faible concentration (0.1 mg/l).

Turbidité :

Concernant la turbidité, on suggère un taux d'abattement dans les normes 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 0.3 mg/l.

Chlore résiduel :

D'après les résultats collectés à propos du chlore résiduel, on peut constater que la quantité du chlore résiduel est largement inférieure que celle de la norme pour toutes les concentrations du coagulant utilisées, ceci dit que le floculant employé n'a aucune influence sur l'efficacité du traitement par chloration.

La dose optimale est 0,3

Les paramètres influençant sur la coagulation –floculation

1- pH :

Effet de pH sur la coagulation floculation :

Le pH est un des paramètres qui affecte beaucoup plus la coagulation-floculation. Son contrôle est donc conseillé.

La marge acceptable du pH de sulfate d'aluminium comprise entre **6,5 et 8,5**

Dans cette marge de pH, les formes dissoutes Fe^{3+} et Al^{3+} sont quasi-inexistantes. On minimise donc :

Projet de fin d'études

- les risques sanitaires par contamination de l'eau (Al^{3+})
- la pollution colorée (Fe^{3+})
- la corrosion du réseau du fait de l'existence de ferrobactéries et de phénomènes d'oxydoréduction

L'accroissement du pH réduit aussi progressivement l'efficacité du chlore comme désinfectant

Analyse de l'eau brute :

Tableau 8: caractéristiques de l'eau brute

turbidité	(NTU)	5,93
pH		7,07
conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	219
oxygène dissout	mg/l	7,98
concentration d'aluminium	mg/l	0
concentration de fer	mg/l	0
concentration d'ammonium	mg/l	0
concentration de magnésium	mg/l	0
oxydabilité par kmno_4	mg/l	3,2

En essayant de voir l'effet du pH. Le prélèvement d'un échantillon d'eau brute a été traité par $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, et on fixe ce dernier à une dose de **25 mg/L**.

Echantillon 1 : pH=5 (on a diminué le pH de l'eau préchlorée de 7.07 à 5 par une solution de HCl (**0.1N**)).

Echantillon 2 : pH=7.41 (on a utilisé l'eau préchlorée de la station)

Echantillon 3 : pH=9 (on a augmenté le pH de l'eau préchlorée de 7.07 à 9)

Tableau 9 : influence du pH sur la turbidité

	pH=5	pH=7,40	pH=9
Turbidité de l'eau décantée(NTU)	1,33	1,65	0,96
Turbidité de l'eau filtrée(NTU)	0,65	0,48	0,67
taux d'abattement pour l'eau décantée%	77,57	72,17	83,81
taux d'abattement pour l'eau filtrée %	89,03	91,9	88,7

Interprétation des résultats :



Projet de fin d'études

L'abaissement de la turbidité à pH=7.40 est énorme en passant de 1.65 jusqu'à 0.48 ce qui fait qu'on a remarqué une meilleure floculation (agglomération des floccs) dans ces conditions, par contre un abaissement qui est long dans les deux autres cas à pH=5 (de 1.33 jusqu'à 0.65) pH= 9 (de 0.96 jusqu'à 0.67)

Donc le pH joue un rôle très important dans le processus de floculation

Meilleur pH varie entre 7 et 7.5

2-la vitesse de rotation :

En essayant de voir l'influence de la vitesse de rotation sur le processus coagulation-floculation. Le prélèvement d'un échantillon d'eau brute a été traité par $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, et on fixe ce dernier à une dose de 25 mg/L nous avons réalisé notre expérience sur trois échantillons, en variant la vitesse de rotation pendant l'agitation lente.

Echantillon 1 : 20tr/min

Echantillon 1 : 40tr/min

Echantillon 1 : 90tr/min

Tableau 10 : Influence de la vitesse de rotation sur la turbidité

	V=20tr/min	V=40tr/min	V=90tr/min
Turbidité de l'eau décantée(NTU)	0.90	1.88	1.43
Turbidité de l'eau filtrée(NTU)	0,65	0.21	0.61
Taux d'abattement pour l'eau décantée%	84.82	68.29	75.88
Taux d'abattement pour l'eau filtrée %	89.03	96.45	89.71

Interprétation des résultats :

L'abaissement de la turbidité à (v=40tr/min) est énorme en passant de 1.88 jusqu'à 0.21 ce qui fait qu'on a remarqué une meilleure floculation (agglomération des floccs) dans ces conditions, par contre un abaissement qui est long dans les deux autres cas à v=20tr/min (de 0.90 jusqu'à 0.65) et à v=90tr/min (de 1.43 jusqu'à 0.61) Donc la vitesse de rotation (agitation lente) joue un rôle très important dans le processus de floculation.

Donc la vitesse de rotation (agitation lente) joue un rôle très important dans le processus de floculation.

Conclusion

Les eaux destinées directement à la consommation humaine doivent être saines et sans danger pour la santé du consommateur à court comme à long terme et ne doivent pas se dégrader lors de leurs transport dans les réseaux de distribution.

L'étude expérimentale que nous avons menée a été consacrée à l'élimination, par coagulation-floculation, les matières en suspension et les colloïdes existants dans l'eau traitée de la station du traitement des eaux du barrage BAB LOUTA.

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

- La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. La concentration optimale du coagulant (sulfate d'aluminium) qui donne la meilleure élimination des matières en suspension et la turbidité.
- 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 cette mémoire a donc consisté un état des connaissances sur les différents critères de qualité de potabilisation, procédés de traitement des eaux de surface en particulier le procédé de coagulation-floculation et enfin, la description et le fonctionnement de la station de potabilisation du barrage BAB LOUTA.



Références bibliographiques :

- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau)
- Manuel des Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humaine
- Manuel de formation destiné aux personnes effectuant des vérifications de fonctionnement (**ministre de l'environnement, 2006**)
- www.mn-net.com
- <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/coag.htm>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation>
- AMZAD Mohamed ; 2015;PFE; Optimisation de traitement par coagulation floculation de l'eau du barrage BAB LOUTA ; ONEE TAZA ; FST.