



Licence Sciences et Techniques (LST)

Techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Analyses Chimiques et Etude de l'Action
du Sulfate d'Alumine sur l'Eau Brute.**

Présenté par :

♦ **MEKKAOUI Mouna**

Encadré par :

- ♦ **Mr DIOURI Salem (ONEP fes)**
- ♦ **Pr MELIANI Abdeslam (FST)**

Soutenu Le 13 Juin 2012 devant le jury composé de:

- Pr A. MELIANI**
- Pr S. SABIR**
- Pr C.AMEZIANE**

Stage effectué à l'ONEP Fès

Année Universitaire 2011 / 2012



INTRODUCTION GENERALE

L'importance de l'eau pour la vie et comme composant de l'écosystème mondiale n'est plus à démontrer, de ce fait elle doit être considérée comme un trésor naturel faisant partie de l'héritage commun de l'humanité.

L'eau est considérée comme potable lorsqu'elle ne présente aucun danger à la santé, et afin d'assurer cela des normes ont été établies, fixants les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives, susceptibles d'être présentes dans l'eau (corps provenant de l'érosion ou de la distribution de sels, ou même résidus industriels ou ménagers..).

Ces matières présentes dans l'eau sont classées sous **trois** états :

1. **Etat de suspension** : les plus grosses particules.
2. **Etat colloïdal** : matière en dispersion de dimension moyenne (entre 0,2 et 0,002 microns).
3. **Etat dissous** : Sels minéraux et molécules organiques.

Ce stage a été effectué à la station de traitement de l'eau d'Oued Sebou, dont l'objectif est de connaître les étapes de traitement de l'eau potable ainsi que les différentes analyses effectuées afin, de contrôler la potabilité de cette eau traitée pour qu'elle soit dans les normes de qualité.

Ce rapport est présenté sous formes de trois chapitres :

- ✓ **Chapitre 1** : Procédés de traitement de L'eau Brute
- ✓ **Chapitre 2** : Différentes méthodes d'analyses d'eau effectuées au sein du laboratoire.
- ✓ **Chapitre 3** : L'Action d'un coagulant sur l'eau brute et la détermination de sa dose optimale à injecter.



PRESENTATION GENERALE DE L'ONEP

L'Office National de l'Eau Potable de Fès (ONEP) est un établissement public à caractère industriel, commerciale doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière depuis 1995.

La création de l'ONEP par dahir à été en 1929 sous le nom de REIP (Régie d'exploitation installation et planification), puis REP (Régie d'exploitation et planification), et enfin le nom ONEP en 1972.

↳ **Principales activités de l'ONEP :**

- Planifier l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la programmation des projets.
- Etudier l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de productions et de distribution.
- Gérer la production d'eau potable et assurer sa distribution.
- Contrôler la qualité des eaux produites et distribuées.
- Participer aux études des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

↳ **L'ONEP dispose d'un Complexe de production d'Oued Sebou qui inclut deux stations :**

• **La station de prétraitement située à Sebou** : Sa construction remonte à 1989 son rôle est l'extraction de l'eau brute et la diminution du taux de matière en suspension jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l et de la refouler jusqu'à la station de traitement.

• **La station de traitement Ain Noukbi** : édifée le 19 mars 1987. Elle a pour missions :

- ✓ le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement.
- ✓ Le contrôle de la qualité des eaux traitées (dans le laboratoire régional).
- ✓ Refoulement des eaux vers le réservoir BAB HAMRA.



Chapitre I :

Procédés de traitements de l'eau

I. LE PRETRAITEMENT DE L'EAU D'OUED SEBOU :

Il s'agit d'un traitement préliminaire dans le but d'éliminer une quantité maximale des matières en suspension.

Ce prétraitement comporte 3 opérations majeures :

- ✚ Le dégrillage.
- ✚ Le dessablage.
- ✚ Le débouage.

1 – Dégrillage :

Les déchets (Débris ménagers, morceaux de bois, plastiques, etc.) véhiculés par l'effluent sont éliminés dès leur arrivée dans la station grâce au dégrillage, en effet les eaux usées passent par des grilles de plus en plus fines où les matières volumineuses sont retenues.

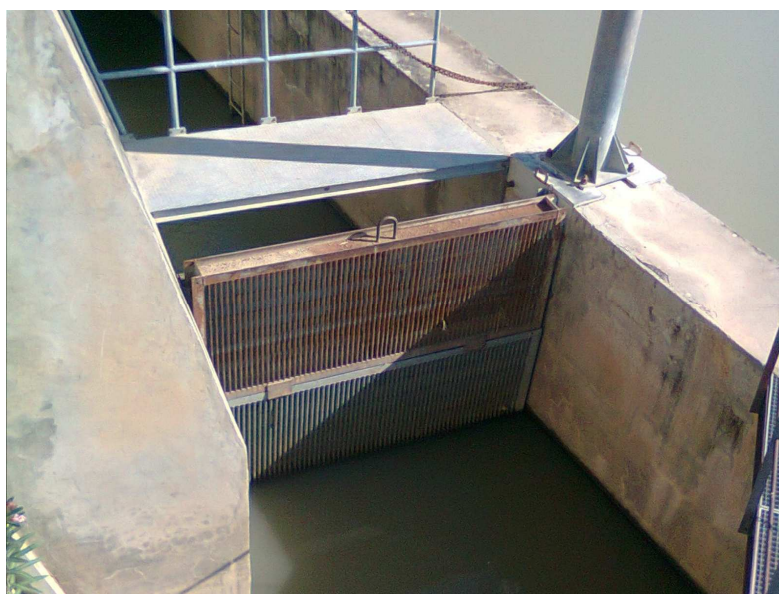


Photo 1 : une grille

Après cette étape l'eau est conduite vers les dessableurs, par trois vis d'Archimède comme le montre la photo ci-dessous :



Photo 2. Opération de Relevage

2 – Dessablage :

Le dessablage est un prétraitement physique qui permet par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux.

Le dessablage concerne les particules de granulométrie supérieure à 200 μm , si la granulométrie est inférieure à 200 μm , on parle de débourbage.



Photo 3 : Dessableur

3 – débourbage :

Un débourbeur est destiné à piéger, par décantation gravitaire, les matières lourdes (sables, boues..) contenues dans les effluents.

Cette technique est utilisée quand la teneur en MES est supérieure à 2 g/l.



Photo 4 : Débourbeur



II. LE TRAITEMENT DE L'EAU D'OUED SEBOU :

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 à 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.

Les principales étapes du traitement sont :

II.1. PRE-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.

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 peu 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 cancérogènes et ne devraient pas se trouver dans une eau de consommation avec des concentrations supérieures à 100 $\mu\text{g/l}$.

II.2. COAGULATION – FLOCCULATION :

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement : les colloïdes.

Ces colloïdes sont caractérisés par leur très faible diamètre et sont notamment responsables de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface.

- **La coagulation :** consiste à déstabiliser ces colloïdes en éliminant la charge électrostatique (négative) afin de favoriser leur rencontre par addition de sulfate d'alumine de formule $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

- o **La floculation** : est l'agglomération de particules destabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocons.

Les floculants les plus utilisés sont :

- Les polymères (le polyélectrolyte).
- L'alginate.

II.3. DECANTATION :

Après l'étape de l'ajout des réactifs, l'eau est acheminée dans des bassins dits de décantation. Là, sous l'effet de leur poids, les particules gravitent vers le fond où elles se déposent.

Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisés à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de 900 m³/h.

La décantation permet aux flocons de s'agglomérer pour former de la boue qui sera récupérée au fond du cône, tandis que l'eau traitée est évacuée par le haut, par débordement puis sera ensuite acheminée vers les filtres qui enlèveront les plus petites particules qui n'auront pas sédimenté ou décanté.

Plus de 95% des matières en suspension sont éliminées lors de cette étape.



Photo 5 : Décanteurs

II.4. FILTRATION :

Les plus petites particules qui n'ont pas sédimenté ou décanté seront en effet éliminées par cette étape, qui consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux et le type de filtration le plus répandu est la filtration sur sable.

Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à 0.5 NTU. (Unité de turbidité néphélométrique)



Photo 6 : filtre à sable.

II.5. DESINFECTION :

La désinfection est l'étape terminale du traitement de l'eau, elle a pour but d'assurer la destruction des micro-organismes pathogènes, on utilise pour cela une nouvelle chloration (si nécessaire).

Il existe plusieurs désinfectants tels que le chlore, l'ozone, le dioxyde de chlore, le rayonnement UV.

L'agent de désinfection utilisé dans la station de traitement d'ONEP de Fès est le chlore.



Photo 7 : eau Filtrée

➤ Désormais l'eau est devenue potable et prête à être acheminée vers le réservoir de Bâb El Hamra de la RADEEF.

Chapitre 2 :

LES

METHODES

D'ANALYSES



Le Laboratoire régional de L'ONEP, procède dans le cadre du contrôle des eaux potables, aux 3 types d'analyses définis par la norme marocaine, selon la nature du point d'eau à contrôler.

- 1) Analyse de type I : comprend les paramètres bactériologiques et un nombre réduit de paramètres physico-chimiques.
- 2) Analyse de type II : en plus de l'analyse de type I, d'autres paramètres physico-chimiques et bactériologiques pouvant être liés à la contamination fécale des ressources en eau.
- 3) Analyse de type III : comprend, en plus de l'analyse de type II, les paramètres organoleptiques, les éléments toxiques indésirables et les éléments majeurs autres que ceux déterminés pour l'analyse de type II.

Les Analyses physicochimique les plus utilisées sont :

a. 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 (en °C).

*** Utilité :**

Elle est mesurée, car elle peut influencer dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociations. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH, elle influe sur la densité, la viscosité, la pression de vapeur saturante à la surface, la solubilité du gaz, les réactions chimiques et biochimiques, l'effet des enzymes et la teneur en oxygène dissout.

b. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

*** Principe :**

La mesure peut être soit colorimétrique, soit potentiométrique à l'aide d'électrode de verre. Elle doit se faire sur place, et elle est importante dans le calcul de l'agressivité d'une eau ou de son pouvoir incrustant. La nature de la mesure effectuée au laboratoire est potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre.

*** Etalonnage**

On étalonne un pH-mètre avec des solutions tampon. Selon les mesures que l'on va effectuer, on étalonne soit par une solution de pH=4 pour faire des mesures en milieu acide puis par une solution de pH=7 et enfin par une solution de pH=9 pour faire des mesures en milieu basique.

*** Utilité :**

L'utilité de la mesure de pH d'eau est la détermination de l'agressivité d'eau.

pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	Eau neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines

- ❖ Pour les eaux qui ont un pH = 8 l'alcalinité est forte, cela est en générale du a une évaporation intense.

c. Conductivité :

* Définition :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée due au fait que la majorité des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions. Elle permet donc d'approcher la quantité de sels dissous dans l'eau.

* Mode opératoire :

Il est nécessaire d'effectuer d'abord un étalonnage avant l'utilisation. On étalonne l'appareil en utilisant un étalon qui a une conductivité connue, puis on met l'électrode dans un flacon contenant de l'eau après agitation, ensuite la lecture du résultat se fait sur l'écran de l'appareil.

* Appareillage :

Conductimètre

NB: le conductimètre donne également la température de l'eau.



Photo 8 : Conductimètre

d. Turbidité :

* Définition :

La turbidité se définit comme étant l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon, cette dispersion étant provoquée par l'interaction de la lumière avec les particules en suspension dans l'échantillon.

* Principe :

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



Photo 9 : Turbidimètre

e. Oxydabilité au permanganate de potassium :

*Définition :

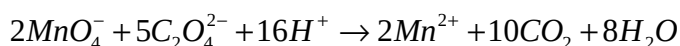
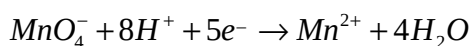
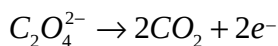
L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4), mesurée après 13 minutes en milieu acide, à chaud, doit être inférieure ou égale à 5 mg/l en oxygène.

Son augmentation indique une contamination de l'eau par la matière organique (végétaux en décomposition, bactéries,...).

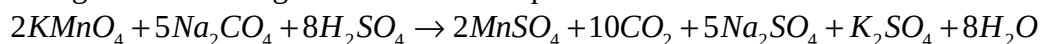
*Mode opératoire :

Dans un ballon on introduit 100 ml de l'eau à analyser, on additionne 2 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré et 10 ml de permanganate de potassium (KMnO_4 , N/100), puis on chauffe à reflux au bain marie pendant 13 minutes. On ajoute après 1 ml d'acide oxalique ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$:0,05M), on laisse reposer quelques secondes (décoloration) puis on effectue un dosage en retour par les permanganates de potassium.

→ Les réactions mises en jeu :



La réaction globale du dosage en milieu sulfurique s'écrit :



→ Expression des résultats :

Oxydabilité (mg/l) = $\text{Tb} \times 0,8$

Avec : Tb : volume versé de KMnO_4



***Principe :**

Consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans un échantillon par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition.

L'ajout de l'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium.

Dureté de l'eau :

La « dureté » d'une eau est un critère essentiel pour prévenir par exemple l'entartrage des conduites d'eau dans l'industrie. La « dureté » de l'eau a deux origines :

⇒ La dureté due aux espèces carbonatées (ions carbonates et ions bicarbonates) évaluée par le T.A. (titre alcalimétrique) et le T.A.C. (titre alcalimétrique complet)

⇒ La dureté due aux ions calcium et magnésium évaluée par le T.H. (titre hydrotimétrique).

f. Alcalinité de l'eau :

L'alcalinité d'une eau est due à la présence des bicarbonates (HCO_3^-), des carbonates (CO_3^{2-}) et des hydroxydes (OH^-) ; elle est déterminée par le calcul de deux titres :

- ❖ **Le titre alcalimétrique T.A :** consiste à la neutralisation de la totalité des ions hydroxydes OH^- et la moitié des ions bicarbonates CO_3^{2-} à un pH=8,3.

$$T.A \text{ (meq/l)} = \frac{1}{2} [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

- ❖ **Le titre alcalimétrique complet TAC :** consiste à la neutralisation des ions hydroxydes, bicarbonates et carbonates par un acide fort en présence d'un indicateur coloré, c'est-à-dire neutralisation de toutes les espèces basiques présentes.

$$T.A \text{ (meq/l)} = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

***Mode Opératoire :**

- **TA :** on introduit 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer puis on y ajoute deux gouttes de phénophtaléine.
 - Si la coloration est rose ($TA \neq 0$) et le ($pH > 8,3$), on dose alors avec l'acide chlorhydrique ($HCl : N/10$) jusqu'à décoloration.
 - Si pas de coloration rose ($TA=0$), on passe alors au titre alcalimétrique complet.
- **TAC :** on ajoute au contenu de l'erlenmeyer servie auparavant à la détermination de TA, 3 gouttes d'hélianthine (coloration jaune) puis on dose avec ($HCl : N/10$) jusqu'au virage jaune orange .



Coloration jaune après ajout d'hélianthine



Photo10 :T.A.C



Coloration orange après dosage par HCl 0,1N

g. Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique T.H):

Le titre hydrotimétrique correspond à la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium. Il est mesuré par complexométrie, un fort complexant l'EDTA, forme des complexes avec les cations métalliques.

Dans la pratique, tous les métaux divalents, par exemple les ions ferreux, sont susceptibles d'être dosés — ce sont donc des interférents — mais on considère que leur concentration est négligeable par rapport à celles du calcium et du magnésium.

***Mode opératoire :**

À 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 5ml de solution tampon ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), une petite spatule d'indicateur de noir ériochrome et on titre avec la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage du rouge au bleu royal.

***Expression des résultats:**

$$\text{TH (mg/l)} = \text{Tb} \times 0.4$$

h. Détermination de la dureté calcique:

Concentration en ions calcium.

→ Afin de le déterminer on va faire précipiter sélectivement les ions Mg^{2+} puis procéder au titrage des ions calcium restés sous forme soluble.
Pour cela on effectue un titrage par l'EDTA à $\text{pH} > 12$ (solution tampon=la soude) en utilisant le Calcon comme indicateur.

***Mode opératoire:**

À 100 ml d'eau on ajoute 5 ml de la solution tampon NaOH, une petite spatule d'indicateur coloré (Calcon), puis on titre au moyen de la solution EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.



photo11 : Dureté calcique



100 ml de l'échantillon à analyser
+5 ml d'une solution tampon (NaOH).

+une pincé d'indicateur coloré (Calcon)



Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

***Expression des résultats:**

$$[\text{Ca}^{2+}] = V \cdot 8 \text{ en (mg/l)}$$

Avec V : est la tombée de burette de la solution complexométrique (EDTA)



Analyse bactériologique :

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle permet également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement.

Les organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau sont très nombreux et très variés. Leur présence est toujours liée à une pollution fécale de l'eau (sauf pour le ver de Guinée). Il est difficile de les mettre en évidence, d'une part parce qu'ils sont trop nombreux pour faire l'objet d'une recherche spécifique, et d'autre part parce que leur identification est très difficile voire impossible (virus). De plus, leur durée de vie dans l'eau est parfois très courte.

On préfère alors chercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur et qui peuvent être aisément identifiés. Ces germes sont appelés germes indicateurs de pollution fécale, et leur présence dans l'eau témoigne de l'existence d'une contamination fécale au moment du prélèvement. Leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogène, mais permet de la suspecter fortement.

Les microorganismes témoins de contamination fécale les plus représentatifs sont :

- ❖ Les coliformes totaux
- ❖ Les coliformes fécaux
- ❖ Les streptocoques fécaux

➡ Dans le laboratoire deux méthodes sont normalisées pour effectuer la recherche de microorganismes : la filtration sur membrane et les tubes multiples.

Chapitre III :

Analyses Chimiques et Etude de l'Action du Sulfate d'Alumine sur l'Eau Brute

Introduction :

L'objectif primaire de l'Office Nationale de l'Eau Potable et notamment la station de Ain Noukbi est la production d'une eau potable d'une plus grande qualité, au plus faible coût, mais aussi en terme de respect de l'environnement.

Durant mon stage et en étudiant toutes les étapes du traitement qui se déroulent au sein de la station, il est apparu que l'unité de **coagulation-floculation** est une étape clé dans la production de l'eau potable car elle permet l'élimination des particules colloïdales qui sont des sources de contamination par la suite. Sa conduite, dans la plupart des installations reste encore manuelle et nécessite des analyses de laboratoire longues et coûteuses.

La dose de coagulant à injecter est la variable principale utilisée pour conduire une unité de coagulation. Actuellement, le dosage est le plus souvent déterminé par une analyse chimique effectuée au laboratoire appelée « Jar-test ».

I. La Coagulation-floculation :

1. Les particules mise en jeu :

La coagulation floculation est un procédé de traitement physico-chimique de clarification de l'eau. Il repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement : **Les colloïdes**.

Les colloïdes sont des particules de très faible diamètre notamment responsables de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface. En raison de leur très faible vitesse de sédimentation. Ils présentent un diamètre compris entre 1 μm à 1 nm. Leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène permet d'expliquer la présence de charge électronique à leur surface, ces dernières engendrant des forces de répulsions inter colloïdales. C'est pourquoi les colloïdes sont si stables lors de leur mise en solution.

L'origine de ces colloïdes est diverse, ils peuvent provenir d'une dissolution de substances minérale, de l'érosion, la décomposition des matières organiques, les déchets agricoles et le déversement des eaux résiduaires entre autre.

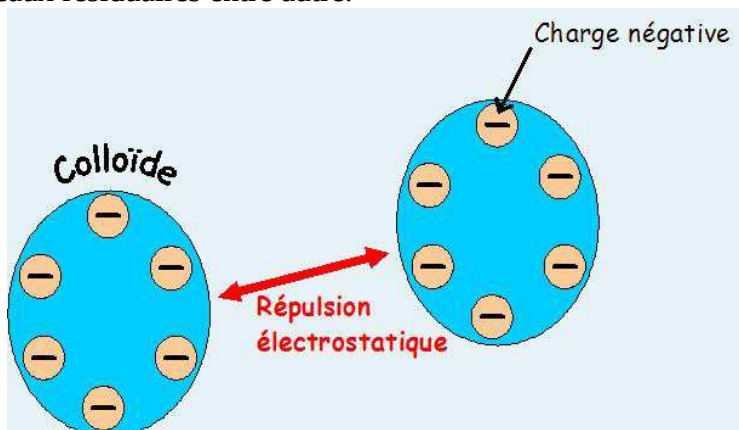


Photo 12. Les colloïdes

2. Déstabilisation des colloïdes (Coagulation) :

Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution.

La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives en leurs fixant des cations, on utilise pour cela, des réactifs chimiques nommés coagulants.

Changeant ainsi leur état de surface, les particules colloïdales se rapprochent suffisamment les unes des autres.

La phase de coagulation est quasi instantanée et nécessite une agitation importante afin d'obtenir une homogénéisation du milieu.

↪ La phase qui vient après coagulation consiste à l'accroissement de volume par rassemblement des particules, elle conduit par la suite à des floccs dont la taille est de l'ordre du millimètre : floculation.

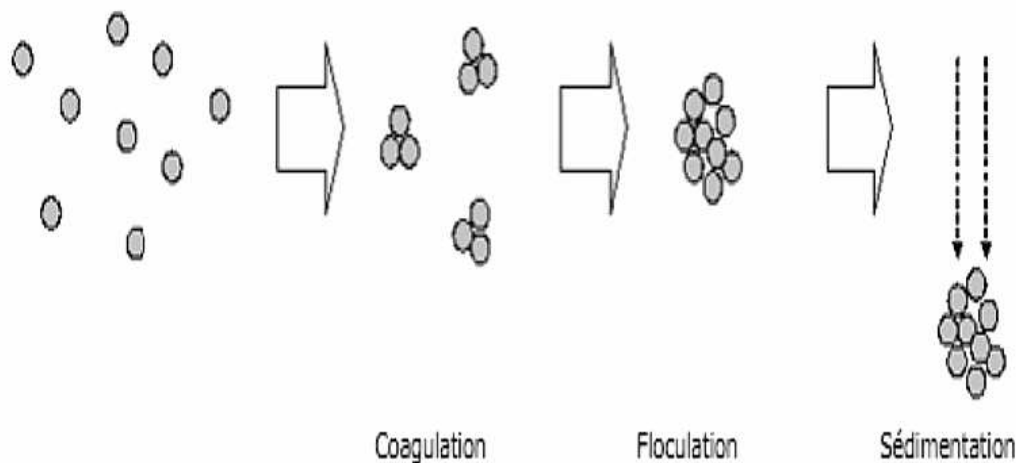


Figure 1. Processus de coagulation, floculation et de sédimentation



3. Nature des Coagulants :

Plusieurs agents chimiques peuvent être employés dans le procédé de coagulation-floculation. Les sels métalliques sont indéniablement, les coagulants les plus utilisés dans le monde actuellement.

Parmi ces agents on trouve :

✂ L'Oxyde de Calcium – CaO :

Il est généralement utilisé avec d'autres coagulants puisque de très grandes quantités de CaO sont souvent nécessaires lorsqu'il est utilisé seul. De plus, il génère typiquement plus de boues (jusqu'à 50 %) que les autres coagulants.

✂ Le Sulfate Ferreux - $\text{Fe}(\text{SO}_4)$:

Il est généralement utilisé avec le CaO pour réduire la dureté de l'eau. La combinaison des deux coagulants génère du sulfate de calcium et de l'hydroxyde ferrique. L'eau usée doit cependant contenir de l'oxygène dissout afin que la réaction puisse prendre place. On tient à noter que c'est un réactif corrosif et tachant.

✂ L'Alun ou le Sulfate d'alumine - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

Utilisé pour réduire la dureté ainsi que la charge en phosphate des eaux usées. En solution, il réagit avec les composés alcalins présents (carbonate, bicarbonate et hydroxyde) ou le phosphate pour former un sel d'aluminium insoluble.

👉 Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- Le coût d'exploitation.

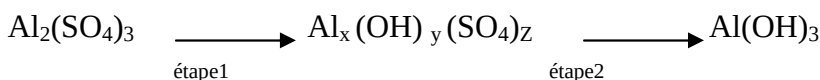
👉 Le Coagulant utilisé à l'ONEP est **le sulfate d'alumine** car il présente plusieurs avantages tels que:

- L'élimination de la matière organique naturellement présente dans l'eau.
- La destruction des microorganismes nocifs.
- En plus de son rôle de coagulant il agit aussi en tant que floculant car il contribue à l'agglomération des petites particules en plus grosses particules facile à éliminer par décantation.
- Ne provoque pas la coloration de l'eau par oxydation.
- Son coût qui est relativement plus bas que les autres coagulants.

Ce coagulant est aussi utilisé car l'eau d'Oued Sebou n'est pas d'une très mauvaise qualité et ne contient pas beaucoup de matière organique, les coagulants ferriques en plus de leurs coûts élevés peuvent provoquer une coloration de l'eau par oxydation.

4 .Action du sulfate d'alumine sur l'eau brute :

La mise en solution dans le cas de l'alun s'effectue en deux étapes. Les réactifs sont représentés comme suit :



•**L'étape 1** : c'est une phase d'hydrolyse, des intermédiaires polychargés positifs se forment, ces derniers sont très efficaces pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes. Il s'agit donc de la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.

☞ Cette étape dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires polychargés. Le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,5s.

•**L'étape 2** : elle permet la formation du précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$. Elle dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.

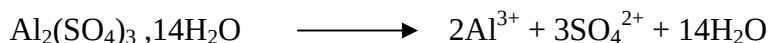
✂ Tout coagulant présente successivement les deux formes actives, coagulante et floculante. Le maintien de cette dernière dépend du pH du milieu. Cette notion de pH permet de définir les zones optimales de coagulation-floculation.

5. Paramètres influençant la coagulation :

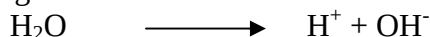
a. L'influence du paramètre pH :

Le pH a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. La plage du pH optimal, c'est la plage à l'intérieur de laquelle la coagulation se fait suffisamment rapidement. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. En général, le temps de coagulation est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques.

Dans l'eau, le sulfate d'alumine de formule $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ s'ionise pour donner deux cations aluminium (Al^{3+}) et trois anions sulfates (SO_4^{2-}) :



L'eau s'ionise également :



Les ions aluminium réagissent avec les ions hydroxydes pour former les composés $\text{Al}(\text{OH})_n^{(3+n)+}$ suivant le pH.



b. L'influence de la dose de coagulant :

La dose du réactif n'est pas prise à la légère pour deux raisons :

- Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau. Donc pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base.
- Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante.

✚ Notre but sera donc de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute à l'aide de la méthode du « Jar-test ».

c. L'influence de la température :

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue.

d. L'influence de la turbidité :

Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des matières en suspension favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation.

II. Le Jar-test :

1. Principe :

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar-test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

2. Mode opératoire :

Matériels :

- ◆ Un flocculateur avec 6 agitateurs à hélices entraînés par un moteur électrique à vitesse variable.
- ◆ 6 béchers de 1L

Réactifs :

- ◆ Solution de sulfate d'alumine (coagulant) : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18 \text{ H}_2\text{O}$
- ◆ Solution d'alginate de sodium ou poly-électrolyte de 1g/l (floculant)



- Dans chacun des 6 béchers, on verse un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le flocculateur.
- On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min.

- o On ajoute le chlore avec une dose correspondant au break point (voir page 24).
- o On injecte le coagulant (sulfate d'alumine) en quantités croissantes.

Après deux minutes :

- o On ajoute aux différents béchers une dose constante de flocculant (polyélectrolyte) correspondant à 0,1 mg/l.
- o On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 40 minutes.
→ Au début de cette agitation on note l'apparition des floccs, leurs aspects
- o On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanté pendant 30 minutes.
→ On note l'estimation de la vitesse de décantation dès la fin de l'agitation lente.
- o Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnageant pour chaque bécher.
- o Puis, on filtre le surnageant sur filtre bande blanche (comparable au filtre à sable) et on détermine la turbidité et l'alcalinité.
- o On évalue après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats.

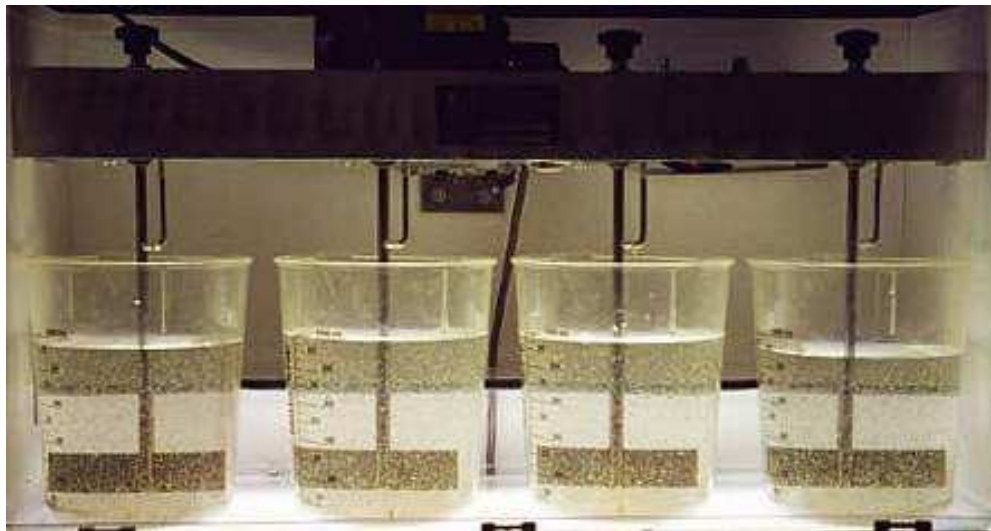


Photo 13 : Essai de coagulation floculation « jar test »

3. Caractéristique du choix de la dose optimale :

Les doses optimales sont celles utilisées dans le bécher présentant la meilleure floculation et réduction de turbidité :

- ✓ Turbidité eau décanté < 5 NTU
- ✓ Turbidité eau filtré < 0,5 NTU
- ✓ Oxydabilité < 2 mg/l
- ✓ Taille des floccs supérieure ou égale à 06 (dimension moyenne ou meilleure)
- ✓ $7 < \text{pH} < 7.4$

4. Demande en chlore par la méthode du « break point » :

*Principe :

La méthode du break point a pour but la détermination de la quantité de chlore qu'il faut injecter à l'eau brute lors de la pré-chloration.

Remarque :

L'eau du robinet contient une légère dose en chlore pour transiter sans risque dans les canalisations. Le consommateur est plus au moins sensible à l'odeur et au goût du chlore. Le seuil de sensibilité est de 0,2 mg/l.

*Mode opératoire :

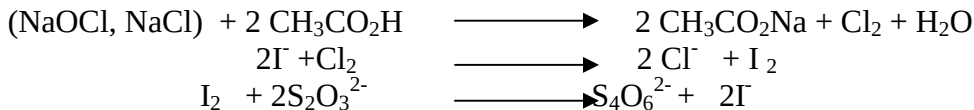
D'abord on détermine le titre d'eau de javel pour déterminer la demande en chlore :

Dans un Erlenmeyer on introduit successivement :

- × 1 ml d'eau de javel (NaOCl, Na Cl)
- × 10 ml de solution d'iodure de potassium à 10%
- × 10 ml d'acide acétique CH₃COOH à 9N.

On titre l'iode libéré par le thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃ (1/10 N), en ajoutant quelques gouttes d'empois d'amidon juste avant la fin du titrage.

Les réactions mises en jeu sont :



*Expression des résultats : $[\text{EJ}] = \text{Tb} \times 3,55 \text{ g/l}$

Soient : N_a : Normalité de Cl₂.
 V_a : Volume de l'échantillon ($V_a=1\text{ml}$)
 N_b : Normalité de Na₂S₂O₃
 V_b : Tombée de burette Tb

Au point d'équivalence : $N_a V_a = N_b V_b$
 $N_a = N_b V_b / V_a$

On a : $[\text{Cl}_2] = \frac{10^{-1} \times \text{Tb}}{2}$

Donc : $[\text{Cl}_2]' = [\text{Cl}_2] \times M_{\text{Cl}_2}$ (avec $M_{\text{Cl}} = 35.5 \text{ g/mol}$)

$$[\text{Cl}_2]' = 5.10^{-2} \times \text{Tb} \times 71$$

Donc la teneur en chlore s'exprime par la formule suivante :

$$\boxed{[\text{EJ}] = 3.55 \cdot \text{Tb} \text{ (g/l)}}$$

Ensuite, on prépare 2 concentrations différentes de l'eau de javel (1g/l et 0,1g/l).

- o On prépare une série de flacons dont lesquels on introduit 100 ml d'eau brute et des concentrations croissantes bien déterminées de l'eau de javel (0,1g/l)
- o On laisse ses flacons à l'obscurité pendant 30 min
- o On fait ensuite la lecture de chlore résiduel en utilisant la DPD (Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) qui réagit avec le chlore libre tout en produisant une couleur rosâtre. L'intensité de cette couleur est proportionnelle à la concentration en chlore libre recherchée, cette intensité est mesurée par comparaison à une échelle de couleur étalons, à l'aide d'un comparateur Palintest et du Disque approprié.
- o On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté.

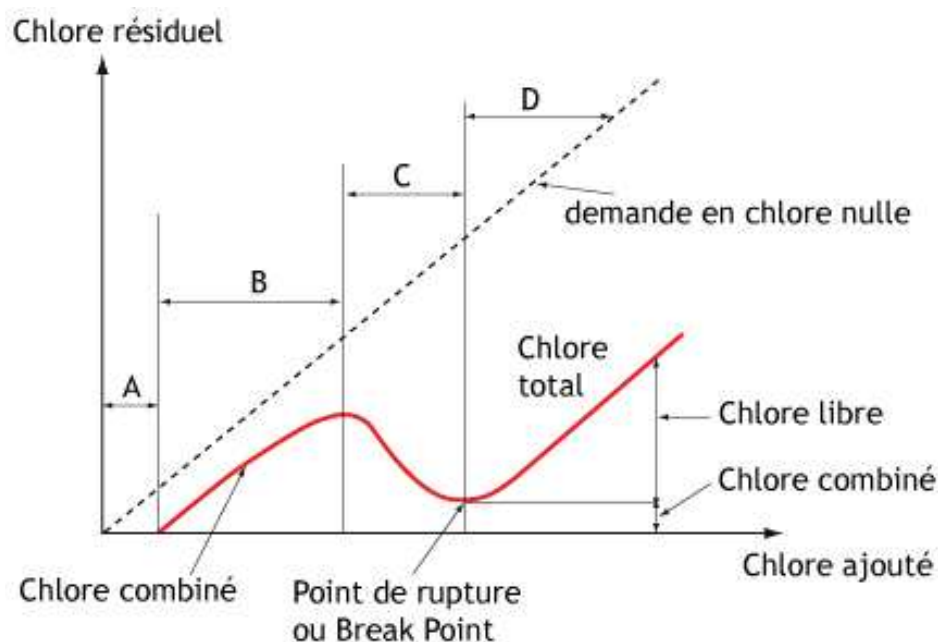


Figure 2. Chloration au break point

Avec :

A : destruction du chlore par les composés minéraux (fer, manganèse...);

B : formation de composés chlorés organiques et de chloramines, réduction des Monochloramines et des dichloramines, formation des trichloramines;

C : destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire; Point de rupture (break point) : les mono-, di et trichloramines ont pratiquement disparu;

D : production de chlore actif. Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux (HClO), mais il reste du chlore combiné (trichloramines et autres sous-produits de désinfection). Les trichloramines ont un très léger effet désinfectant, mais ils donnent un goût de chlore à l'eau.

Partie expérimentale

On effectue 4 essais de coagulation floculation « Jar-test », sur des échantillons prélevés à des jours différents et ayant des pH différents dans le but de déterminer les doses optimales du coagulant à injecter, ainsi que l'influence du pH sur la variation des doses et sur le procédé Coagulation floculation on générale.

On procède comme suit :

✱ Dans 3 essais : on effectue le jar test sur trois prélèvements différents d'eau brute, et on compare les résultats obtenus tout en déterminant la dose du coagulant qui donne le meilleur résultat, en tenant compte des caractéristiques de l'eau brute utilisée.

✱ Dans le 4ème essai : on va utiliser la même eau brute pour effectuer trois « jar test » A, B et C à trois pH différents et cela on procédant à des acidifications par ajout de l'acide sulfurique H_2SO_4 (0,5 mol/l), puis on va comparer les résultats obtenus.

Essai de Jar test

L'essai de jar test a pour but de connaître les doses optimales à injecter des réactifs à l'échelle industrielle, cette étape s'effectue dans le procédé du traitement au niveau de l'ouvrage d'arrivée, pour cette raison durant ces analyses on va essayer de se placer dans les mêmes conditions et suivre le même protocole utilisé dans la station.

Avant de commencer les injections au niveau du floculateur, on est amené tout d'abord à déterminer la dose du chlore à injecter pour chaque eau brute utilisée ;

I. Détermination de la quantité du chlore à injecter : (méthode du break point) :

✱ Résultats du titrage de l'eau de javel.

N° d'essai	1	2	3	4
titrage E_j (g/l)	40,82	38,69	33,72	32,30

Tableau 1. Titrage de l'eau de javel

Après avoir connu le titre de l'eau de javel on va préparer une solution de concentration 1g/l puis une solution fille de 0,1g /l, et cela par la relation de dilution : $C_1V_1=C_2V_2$.

On procède ensuite aux injections croissantes dans les flacons de l'eau brute et on effectue la lecture du chlore résiduel après 30 minutes.

Les résultats obtenus pour chaque eau brute sont présentés dans des tableaux.

	Cl ₂ injecté	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
	N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Essai 1	0	0	0,1	0,4	0,7	1	1,6	2	3	2,5	4	4
Essai 2	0	0	0	0,1	0,6	1	1,6	1,8	2,5	3	4	4
Essai 3	0	0	0,1	0,2	0,5	0,7	1	1,8	1,6	2,5	3	4
Essai 4	0	0	1	1,5	1,5	1,8	2,5	3	2,5	3	4	4

Tableau présentant les résultats obtenues du chlore résiduel en fonction du chlore injecté

Tableau 2. Résultats du chlore résiduel

A partir de ces valeurs une courbe sera tracée représentant le chlore résiduel en fonction du chlore injecté afin de déterminer le point de rupture.

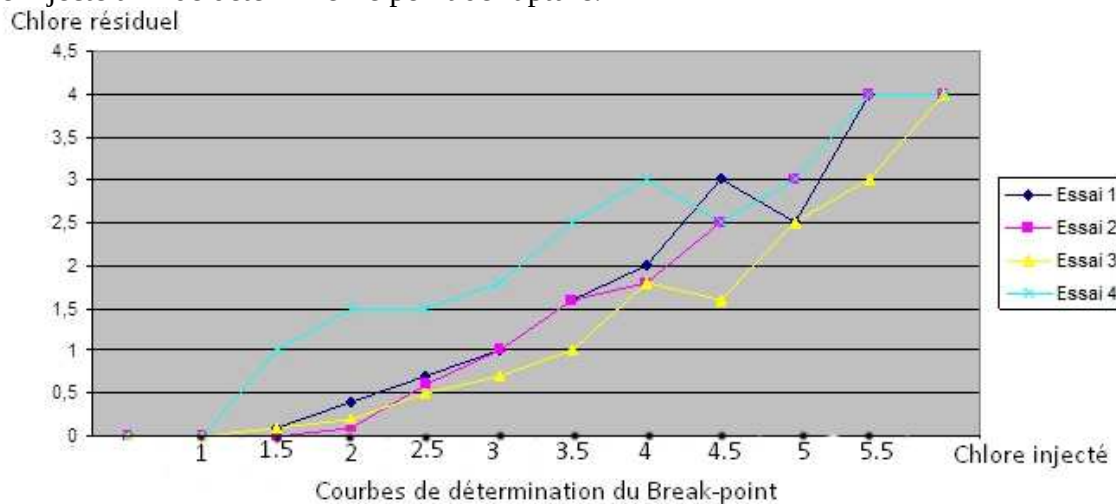


Figure 3 : Courbe de détermination du point critique

La quantité du chlore à injecter et qui correspond au break point :

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4 :A,B,C
Préchloration	5	4	4,5	4,5

Tableau 3: La dose du chlore à injecter

II. Analyse de l'eau brute :

Une analyse de l'eau brute utilisée dans chaque essai est nécessaire, afin de déterminer le pH de cette dernière, ainsi que ses caractéristiques physico-chimique.

N° d'essai	pH	TA (meq/l)	TAC (meq/l)	Turbidité (NTU)	Temp. (°C)
Prélèvement 1	8,21	0,3	5,47	70,5	23
Prélèvement 2	8,15	0	6,7	53,7	23,7
Prélèvement 3	8,02	0	5,6	70,7	24,2
Prélèvement 4 :A	7,5	1	5,6	68	24,4
Prélèvement 4 :B	7	0,2	5,3	56,2	24,4
Prélèvement 4 :C	6,5	0	1,3	48,1	24

Tableau 4: Analyse de l'eau brute

☉Pour les prélèvements 1, 2 et 3 le pH correspond à celui de l'eau brute sans aucune modification, le pH des trois est presque identique.

☉Pour l'essai 4 (les prélèvements A, B et C) il s'agit du pH de l'eau après acidification par H_2SO_4 .

La variation du pH de l'eau brute utilisée dans les essais est montrée dans le graphe ci-dessous :

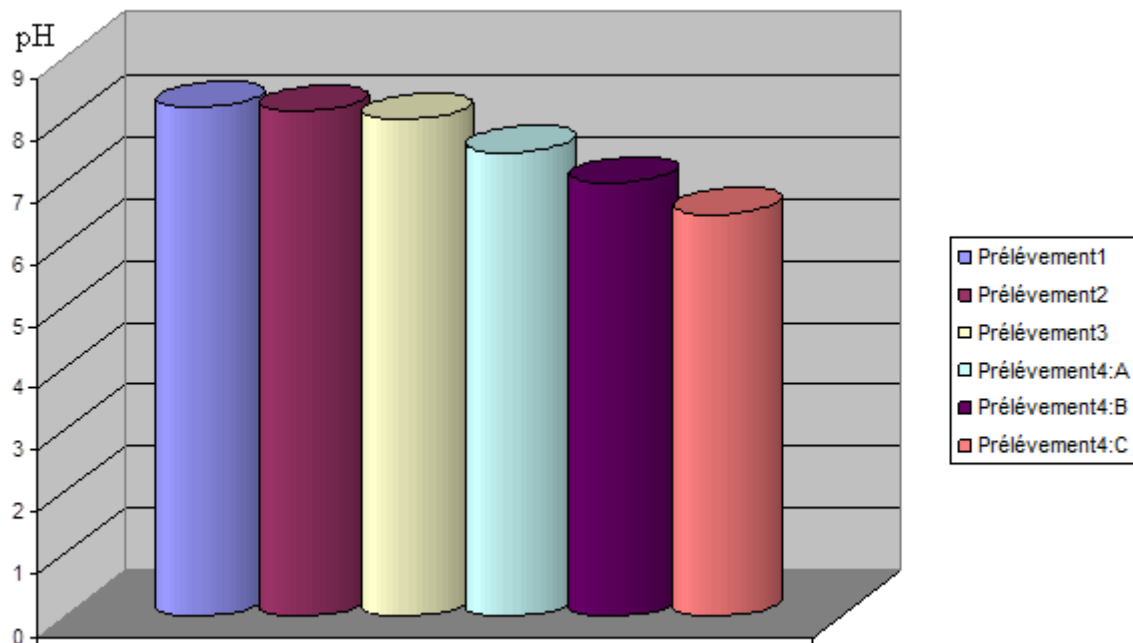


Figure 4: la variation du pH pour chaque prélèvement

⇒ Une fois le pH de l'eau brute déterminé et la dose du chlore à injecter est calculée on procède aux injections (essais Jar-test) :

Tous les essais jar-test ont été effectués pour différents prélèvements dans les mêmes conditions citées dans le tableau ci-dessous et suivant le protocole indiqué dans la page 8 :

béchers	1	2	3	4	5	6
Coagulant(mg/l)	10	20	30	40	50	60
Floculant (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tableau 5 : conditions appliquées aux essais du jar test

III. Résultats du « Jar-test » :

Après injections et un temps de repos (décantation) de 30 minutes, on effectue des analyses sur l'eau décantée ainsi que l'eau après filtration.

Les résultats obtenus sont classés dans des tableaux afin de faciliter la comparaison entre différents béchers et la détermination de celui qui aboutit à de meilleurs résultats.

1. Paramètres calculés après décantation :

✱ **Turbidité de l'eau** : la norme pour l'eau décantée : <5 NTU

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	1.3	0.76	0.56	1.04	1.24	1.9
Essai 2	1.1	0.5	0.5	0.63	0.5	0.54

Essai 3	4 .1	2 .47	2.06	1.56	1.62	2
Essai 4 :A	3 .4	2	1.34	1.2	1.78	1 .6
Essai 4 :B	4 .26	2 .23	1 .54	1.4	1 .83	1 .85
Essai 4 :C	9 .80	9 .4	7.51	6 .5	2.27	2

Tableau 6 : Résultat de turbidité après décantation.

Pour chaque essai le b cher ayant la plus petite valeur de turbidité est considérée comme le meilleur, et la dose du coagulant injectée dans ce dernier sera considérée comme la bonne.

Comme le montre le graphe suivant, la courbe de l'essai 4C présente des turbidités supérieures à la norme.

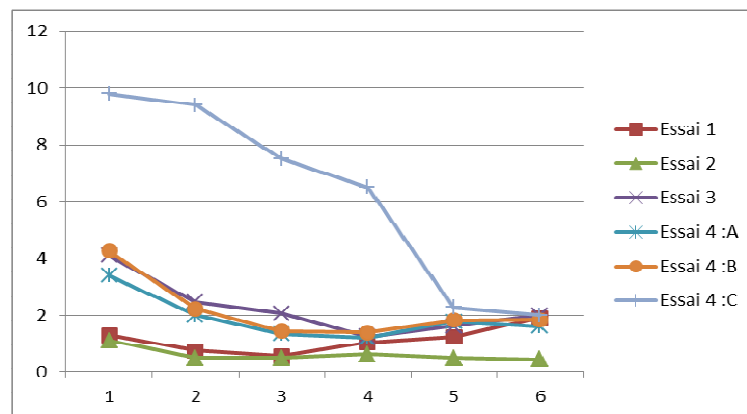


Figure 5 : Variation de la turbidité après décantation (NTU)

*** pH :** la norme entre 6.5 et 7.4 :

Le calcul du pH est effectué dans le but d'une présélection, les béchers ayant un pH dans les normes seront gardés alors que ceux avec un pH inférieur à 6.5 ou supérieur à 7.4 seront éliminés et leur dose sera jugée non valable.

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	7.62	7.44	7.4	7.15	7.13	7.05
Essai 2	7 .9	7.87	7.7	7.54	7.3	7.35
Essai 3	7.4	7.5	7.44	7.2	7.12	7.1
Essai 4 :A	7 .46	7.42	7.33	7.28	7.25	7.15
Essai 4 :B	7	6.98	6.8	6.74	6.88	6.84
Essai 4 :C	6.43	6 .41	6.38	6.4	6.2	6.28

Tableau 7.variation du pH

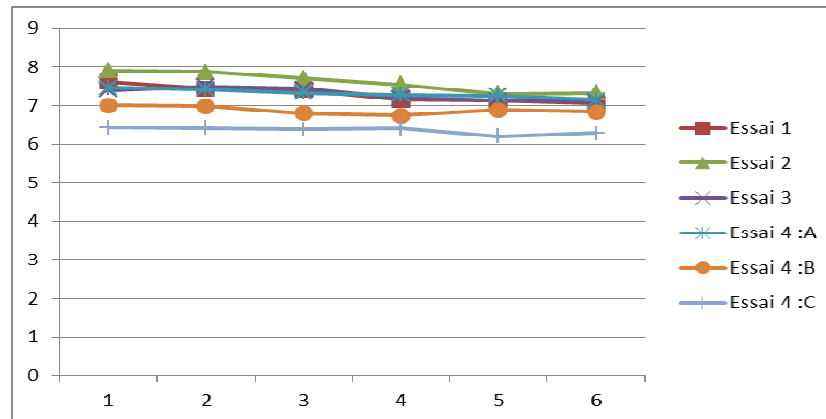


Figure 6 : variation du pH après décantation

On remarque que pour les essais 1,2 ,3 et 4 (A et B) les résultats du pH sont acceptables pour la majorité des béchers, alors que pour l'essai C les résultats ne répondent pas aux normes.

On conclut alors qu'une acidification jusqu'à pH=6.5 ne donne pas des résultats satisfaisants, et donc considérée non bénéfique.

On remarque aussi que l'essai avec le meilleur résultat en pH est l'essai 4B.

*Aspect du floc :

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	petit point	Petit point	moyen	moyen	Bon floc	Bon floc
Essai 2	petit point	moyen	moyen	moyen	Bon floc	Bon floc
Essai 3	Petit point	moyen	Bon floc	Bon floc	Bon floc	Bon floc
Essai 4 :A	moyen	Bon floc	Bon floc	Bon floc	moyen	moyen
Essai 4 :B	moyen	Bon floc	Bon floc	Bon floc	moyen	Bon floc
Essai 4 :C	Petit point	moyen	Bon floc	Bon floc	moyen	Bon floc

Tableau 8 : Aspect du floc après décantation

Plus le floc est grand et plus la décantation sera meilleure et rapide.

*Oxydabilité : la norme < 2 mg /l

L'oxydabilité nous renseigne sur le taux de matière organique présent dans l'eau.

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	2 .1	1.82	1.75	1.6	1.2	0.45
Essai 2	2.23	1.9	1.86	1.15	0.95	0.34
Essai 3	1.3	1.24	0.54	1.6	0.5	0.34
Essai 4 :A	1 .5	1	0.9	0.65	0.63	0.58
Essai 4 :B	1.7	1.53	1.5	1.6	1.3	1.5
Essai 4 :C	1	0.8	0.82	0.8	0.69	0.9

Tableau 9 : variation de l'oxydabilité

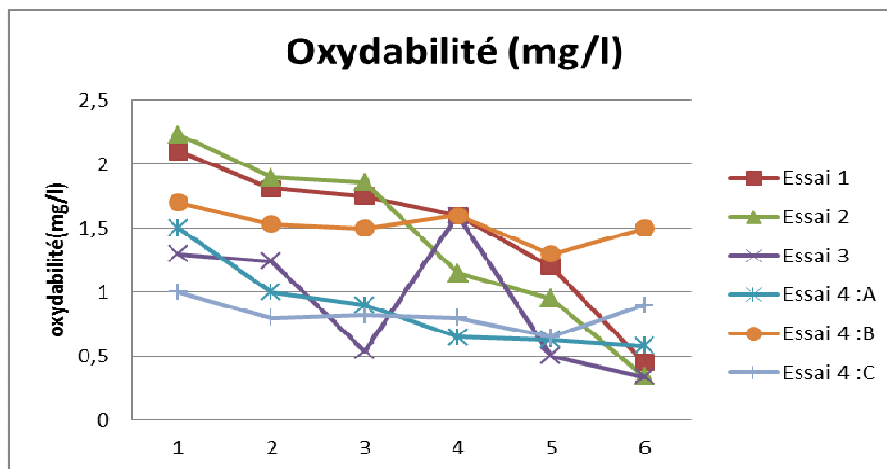


Figure 7 : variation de l' Oxydabilité en fonction des essais

Des résultats élevés (supérieurs à 2 mg/l) indiquent une contamination.

2. Paramètres calculés après filtration :

✱ **Turbidité de l'eau** : la norme <0,5 NTU

Les résultats de turbidité obtenus après filtration sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	0.8	0.96	0.24	0.2	0.35	0.91
Essai 2	0.53	0.45	0.4	0.22	0.2	0.17
Essai 3	1.01	0.75	0.15	0.68	0.55	0.6
Essai 4 :A	0.75	0.7	0.34	0.3	0.33	0.36
Essai 4 :B	0.76	0.45	0.37	0.34	0.3	0.31
Essai 4 :C	2.86	1.88	0.8	0.51	1	0.79

Tableau 10 : Turbidité de l'eau après filtration

La turbidité de l'eau après filtration est très importante dans la détermination du choix de la dose du coagulant, car avant tout, notre but principal est de déterminer la dose permettant une meilleure décantation afin de se débarrasser des matières en suspension et de baisser la turbidité au maximum.

Donc les béchers ayant une turbidité supérieure à 0.5 sont éliminés.

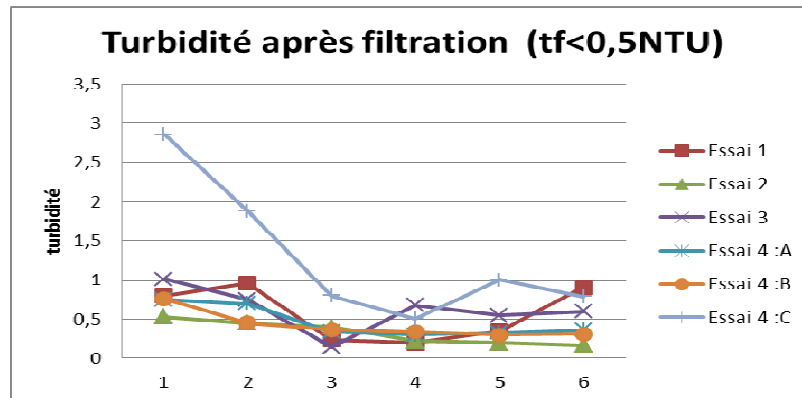


Figure 8 : Courbes :turbidité de l'eau filtré

L'essai 4C aboutit a des turbidité élevé, cela renforce les resultats de pH, donc une acidification jusqu'à 6.5 n'est pas judicieuse, alors que pour l'essai 4B, il présente de bon résultats de turbidité à partir d'une dose faible de coagulant (20 mg/l)

*TAC :

Béchers	1	2	3	4	5	6
Essai 1	6 .1	6.13	6.1	6	6.3	5.8
Essai 2	5.4	5.1	5.1	5	4.8	4.75
Essai 3	4.4	4.3	4.6	4.5	4.5	4.6
Essai 4 :A	5.2	5.2	5	4.9	4.8	4.8
Essai 4 :B	4.5	4.3	3.8	4	3.9	4.1
Essai 4 :C	1	0.8	0.6	0.5	0.6	0.6

Tableau 11 : Résultats de la variation du titre alcalimétrique complet

3. Interprétation des résultats :

✂ L'essai 1 :

En se basant sur les caractéristiques du choix de la dose optimal on peut conclure que le meilleur bécher est le N°5 car c'est lui qui a permis d'avoir de bons résultats tout en répondant aux normes.

=>donc la dose optimale du coagulant pour cet essai est 50 mg/l

✂ L'essai 2 :

D'après les normes fixées pour chaque paramètre et les caractéristiques de choix de la dose optimale on remarque que :

- × C'est les deux derniers béchers qui ont un pH dans la norme (entre 7et 7,4)
- × Concernant les autres paramètres, les 2 derniers respectent les normes
 - Donc pour cet essai, les doses des deux derniers sont convenables, mais on préfère choisir celle du bécher N°5 pour question d'économie du réactif.



✂ L'essai 3 :

En comparant les différents résultats pour cet essai, on remarque que c'est les béchers 4 et 5 qui ont un pH dans la norme, pour ce qui est des autres paramètres les deux sont acceptables, Les meilleurs béchers sont donc le N°4 et N°5.

↳ **La meilleure dose optimale de coagulant qu'on doit prendre et celle des essais 1, 2 et 3 qui est de l'ordre de 50 mg/l.**

✂ L'essai 4 :

D'après les résultats des trois essais A, B et C on déduit que :

- L'acidification de l'eau jusqu'à pH=6,5 (essai C) ne donne pas de bons résultats car les valeurs de turbidité après filtration est à rejeter ainsi que le pH ne correspond pas aux normes.
- L'essai B donne de bons résultats à partir de 20mg/l de coagulant
- L'essai A donne de bons résultats, mais pour une dose plus importante de coagulant, à partir de 30 mg /l.

↳ **A partir de ces résultats on conclut que l'acidification jusqu'à pH=7 nous permet d'avoir une bonne Coagulation et diminue la dose du coagulant à utiliser pour le traitement.**

Conclusion

Mon stage à l'ONEP m'a permis d'une part d'exploiter les notions scientifiques que j'ai acquis durant ma formation universitaire, et d'autre part de me familiariser avec le monde professionnel afin de développer le sens de la responsabilité et de la recherche.

En effet, j'ai traité dans mon rapport, le procédé de traitement au sein de la station Ain Noukbi. La Coagulation-floculation a été bien explicité vu l'intérêt qu'elle représente dans ce dernier.

Afin de déterminer la dose optimale du coagulant à injecter dans l'eau brute, et les bonnes conditions du milieu, nous avons effectué plusieurs essais avec le sulfate d'alumine dans l'eau et on a travaillé aussi sur plusieurs paramètres influençant l'efficacité de ce réactif.

Le suivi de cette étape a révélé que les doses du coagulant déduites à partir de la méthode du Jar-test donnent une fois utilisées de bons résultats étant donné que l'eau traité est dans les normes de potabilisation.

L'étude a aussi révélée qu'une légère acidification de l'eau peut nous faire gagner en quantité de coagulant utilisée, Cela n'est pas uniquement bénéfique au niveau financier mais aussi au niveau santé, vue que l'utilisation d'une dose supérieur aboutira à de grande quantité de résidus d'aluminium et cela peut constituer un risque potentiel pour la santé.