



Licence Sciences et Techniques (LST)

Techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Procédé de traitement des eaux et étude de l'étape coagulation floculation
par des essais «jar test »**

Présenté par :

♦ Sara Bouh

Encadré par :

- ♦ Mr Diouri Salem (ONEP)
- ♦ Pr Rodi Kandri Youssef (FST)

Soutenu Le 12 Juin 2012 devant le jury composé de:

- Pr EL Hadrami El Moustafa (FST)
- Pr Haoudi Amal (FST)
- Mr Diouri Salem (ONEP)
- Pr Kandri Rodi Youssef (FST)

Stage effectué à ONEP

Année Universitaire 2011 / 2012

Sommaire

Introduction	1
Présentation de l'Office National de l'Eau Potable	2
Chapitre I : Origine des eaux traitées par l'ONEP	3
I-Prétraitement et Traitement	4
1-Prétraitement	5
1-1.Station de prétraitement	5
1-2.Station de traitement	7
Chapitre II : Les analyses physico-chimique	10
I-Les analyses physiques	11
1-La turbidité	11
1-1.Définition	11
1-2 .Principe	11
1-3.Les résultats	11
2-La conductivité	12
2-1.Définition	12
3-La température	13
4-Potentiel d'hydrogène	13
4 -1.Définition	13
4-2.Principe	13
4-3.Expression des résultats	13
II-Les analyses chimiques	14
1-Détermination de l'alcalimétrie de l'eau	14
1-1.Définition	14
1-2.Titre alcalimétrique	14
1-3.Titre alcalimétrique complet	14
1-4.Mode opératoire	15
2-La dureté de l'eau	15
2-1.Titre hydrotimétrique	15
2-2.Principe	15
2-3.Mode opératoire	15
3-Dureté calcique	16
3-1.Définition	16
3-2.Mode opératoire	16
4-Oxydabilité au permanganate de potassium	17
4-1.Définition	17
4-2.Mode opératoire	17
5-Dosage de l'oxygène dissous par la méthode de winckler	18
5-1.Principe	18
5-2.Mode opératoire	19
III-Facteur organoleptiques	19
1-L'odeur	20
2-Le goût	20
3-La couleur réelle	20
Chapitre III-Jar-Test, Essais de Coagulation-Floculation	21
1-Définition	22
2-Demande en chlore	22
1-1.Mode opératoire	23
3-Détermination de la dose optimale du sulfate d'alumine	24
3-1.Nature des réactifs coagulants	24
3-2.Paramètre influençant la coagulation	25
3-3.Mode opératoire	26
3-4.Dose optimale du polymère	27
4-Acidification	28
Conclusion générale	32

INTRODUCTION

L'eau est un élément naturel, aux états liquide et solide elle recouvre plus les 2/3 de la surface terrestre.

Elle est la source principale de toute vie ; les eaux marines représentent 97.4% du volume de l'hydrosphère, les eaux souterraines 2.01%, les eaux des rivières et des lacs n'en représentent que 0.58%, le reste 0.01 sous forme de glace et de vapeur.

Le tiers restant provient des eaux qui s'écoulent à la surface du sol - appelées eaux superficielles ou eaux de surface - telles les rivières et les fleuves.

Ainsi, les captages sont réalisés en majorité, dans les nappes souterraines. Ces dernières, en effet, présentent des avantages indéniables, leur eau épurée par le sol est généralement de bonne qualité et moins vulnérable à la pollution. Par contre, les eaux superficielles sont exposées à tous les types de pollution et de disponibilité variable selon les saisons. Cependant l'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend "[potable](#)" c'est à dire consommable sans risque.

Avant consommation, l'eau captée doit subir une série d'opérations afin de répondre à toutes les exigences de qualité.

Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies pour fixer notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

C'est dans cette perspective l'ONEP a été créée pour s'assurer de l'approvisionnement en eau et de sa qualité.

Ce mémoire est structuré en 3 chapitres suivis d'une conclusion générale.

Le premier chapitre rappelle les caractéristiques générales de : l'office nationale de l'eau potable, tout en détaillant plus spécifiquement le procédé sur lequel a porté notre étude. Dans cette section, nous parlerons tout spécialement de la Chaîne de production d'eau potable d'oued Sebou (traitement des eaux de surface).

Le deuxième chapitre présente l'ensemble des paramètres et des procédés assurant la qualité de l'eau.

Le troisième chapitre consiste à étudier la partie expérimentale.

PRESENTATION DE L'OFFICE NATIONAL DE L'EAU POTABLE (ONEP)

L'Office National de l'Eau Potable est un établissement public créé en 1972. A caractère industriel et commerciale est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

❖ Missions principes:

- Planification de l'approvisionnement en eau potable du Royaume ;
- Etude de l'approvisionnement en eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent ;

- Contrôler la qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine ;
- Assister en matière de surveillance de la qualité de l'eau ;
- Participer aux études, en liaison avec les ministères intéressés, des projets législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

L'ONEP est le 1^{er} producteur avec 750 millions m³ en 2006 couvrant les besoins de 96% de la population totale urbaine du Royaume.

L'ONEP est le 1^{er} Distributeur avec plus d'un million de clients abonnés représentant : 456 villes et centres (5,6 millions d'habitants).

Le reste du Royaume est desservi par treize régies municipales et trois concessionnaires privés.

Outre les activités principales, on trouve d'autres activités particulières :

- Généralisation de l'eau potable ;
- Formation et coopération ;
- Sensibilisation ;
- Dessalement et déminéralisation ;
- Assainissement liquide ;
- Amélioration de la qualité de l'eau ;
- Gestion des bornes-fontaines.

❖ Laboratoires regional de Fès :

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres. Ces détermination sont réalisées sur des échantillons d'eaux (traitées, brutes).

Le laboratoire dispose de 4 salles :

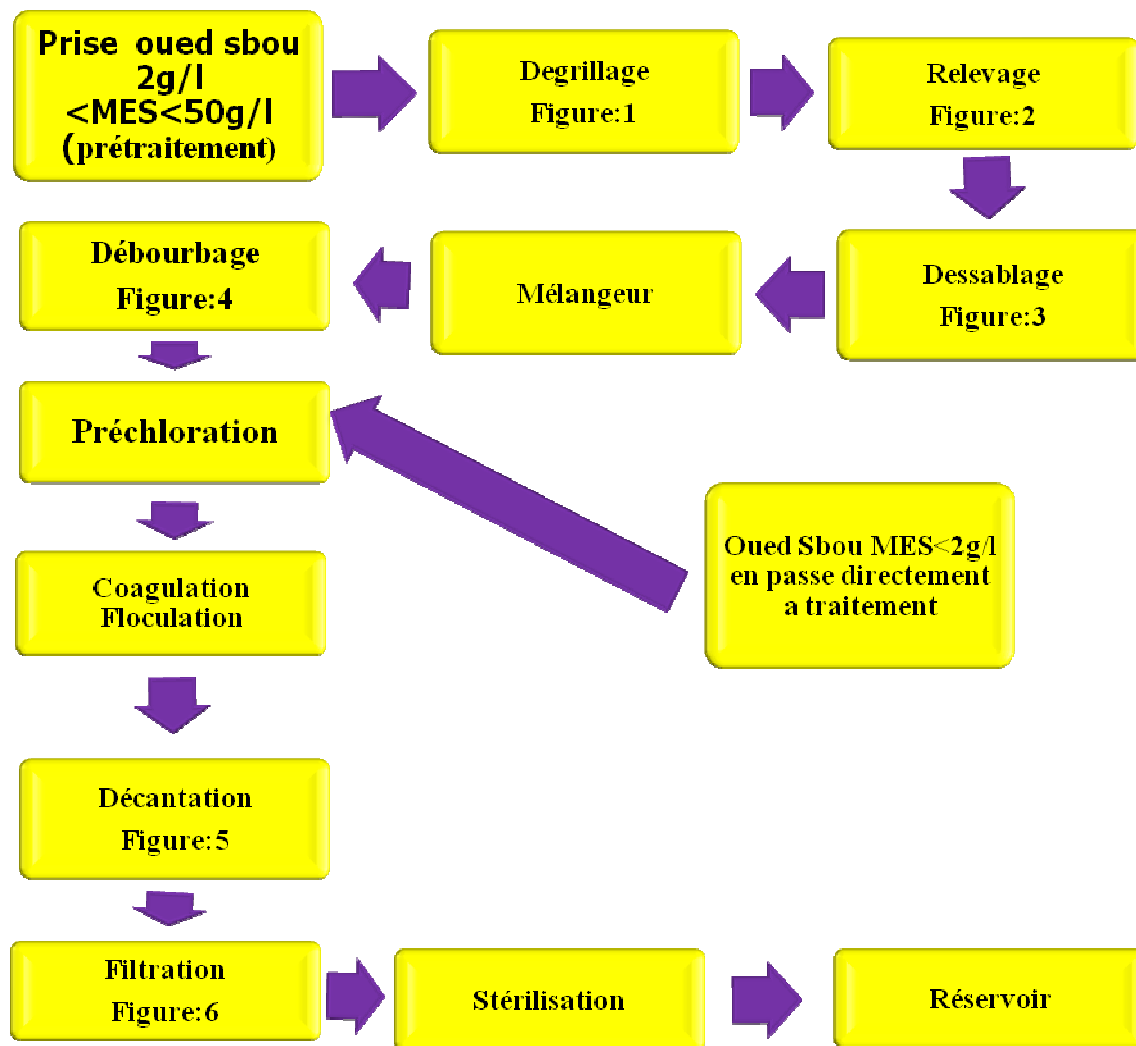
- Une salle pour les analyses physico-chimique
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption moléculaire
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption atomique
- Une salle pour les analyses bactériologique

CHAPITRE I :

ORIGINES DES EAUX TRAITEES PAR L'ONEP

I- PRETRAITEMENT ET TRAITEMENT

Chaine élémentaire du traitement de l'eau brute à partir d'Oued Sebou.



1. Prétraitement:

1-1.Station de prétraitement

Elle est située près d'OUED SEBOU à 2,5 Km de la station de traitement et elle est mise en service selon le taux des matières en suspension (M.E.S) Si ce taux est Inférieure à 2 g/l, l'eau brute est pompée directement vers la station de traitement s'il est compris entre 2 g/l et 50 g/l, l'eau passe d'abord par un prétraitement avant d'être Pompée vers la station de traitement. Enfin, si la qualité de matière en suspension est supérieure à 50 g/l on fait arrêter les 2 stations de traitement et on a recours à la nappe de sais pour alimenter la ville de Fès en eau potable.

La station de prétraitement est constituée :

- d'eau équipée de trois (3) grilles et un dégrilleur ; D'une prise
- de relevage équipée de trois (3) vis d'Archimède ; Une station
- dessableurs ; Deux
- répartiteur mélangeur ; Un
- débourbeurs ; Trois
- de protection de 1600 m³. Une bâche

œ

Dégrillage : Le dégrillage a

pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui retiennent les corps flottants et gros déchets. Il s'agit d'un système de protection de la station d'objets susceptibles de provoquer un déboucheur dans les différentes unités de l'installation. Il permet aussi de séparer les matières qui pourraient nuire à l'efficacité de l'eau ou de compliquer son exécution.



Figure 1 : Une grille

œ **Relevage :** Le relevage est assuré par trois vis d'Archimède qui permettent le pompage de l'eau du fleuve (Oued Sebou) vers les dessableurs. Chaque dessableur peut débiter jusqu'à 750l/s.



Figure2 : Le relevage

œ **Dessablage :** Le dessablage consiste à retenir les sables entraînés avec l'eau. Le dessableur enlève les matières que le tamis ne peut enlever. Le sable et les petits morceaux de gravier en sont un bon exemple, afin d'éviter les dépôts dans les canalisations et protéger les pompes et autres appareils contre une éventuelle abrasion.



Figure3 : Le dessablage

œ **Mélangeur** : Composé de quatre bacs, il permet le mélange réactif -eau brute qui fait descendre le sable, les petits déchets, les excréments, le papier et les feuilles d'arbre au fond de l'eau. Tous ces déchets sont emportés par les ponts suceurs.

œ **Débourbage** : Les débourbeurs, comme leurs noms l'indiquent, permettent d'éliminer les boues, en laissant dans les eaux traitées une charge en M.E.S de l'ordre de 100 à 1000 mg/l selon les cas. A noter que ce type de traitement est surtout utilisé lorsque les eaux brutes dépassent 1 g/l en M.E.S



Le

**Figure4 :
débourbage**

œ **Répartiteur** : C'est un ouvrage constitué de quatre bacs équipé d'un mélangeur et de quatre vannes de départ. Un bac pour mélanger les réactifs dans l'eau et les trois autres polyélectrolite.

1-2. Station de Traitement :

Surveillée et protégée, l'eau brute à l'état actuel ne représente encore qu'une matière première, qui va être transformée, élaborée, pour devenir conforme aux normes définies par la réglementation. Les caractéristiques des eaux brutes sont extrêmement variées. Il existe un certain nombre de procédés élémentaires destinés à les traiter.

Le traitement complet de l'eau brute comprend généralement 5 étapes :

a- Pré-chloration :

La première étape du traitement est constituée par une pré-chloration de l'eau brute. Cette opération a pour but :

- Oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute. (Responsable de la couleur) ;
- Détruire les matières organiques. (Améliorer le goût et l'odeur de l'eau) ;
- Détruire les micro-organismes et inhiber la croissance algale ;

Le produit généralement utilisé est le chlore Cl_2 .

Ouvrage d'arrivée : Cet ouvrage réceptionne l'eau brute de la prévenance de la station de prétraitement pour transformer l'énergie cinétique de l'eau brute en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement sous l'action de la gravitation. Il est équipé d'un débitmètre à ultrasons pour mesurer le débit entrant.

A la sortie de l'ouvrage d'arrivée se fait l'injection du sulfate d'alumine et le chlore.

b- Coagulation et floculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules dites « particules colloïdales », ces dernières peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longue période, vont pouvoir traverser un filtre très fin, puisque leur concentration est très stable. Ces particules, n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation qui sont au cœur du traitement de l'eau potable.

La coagulation : La coagulation est un traitement visant à neutraliser les charges électrostatiques en surface des particules colloïdales. En effet, ces matières en suspension portent des charges généralement négatives induisant des forces de répulsion entre les particules.

Dans l'eau, le sulfate d'aluminium injecté s'ionise en donnant des ions d'aluminium positifs et des ions de sulfate négatifs.



L'eau s'ionise également : $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Les ions aluminium réagissent avec les ions hydroxyde pour former le précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$.

En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide des produits chimiques.

La floculation : La formation du floc étant amorcée par l'introduction du coagulant, il est nécessaire d'accroître son volume, son poids et surtout sa cohésion. Cette opération est réalisée dans des bassins munis de système d'agitation lente pour ne pas briser les flocs.

Les floculants les plus utilisés sont :

- Les polymers (polyelectrolyte).
- L'alginate.

Remarque : Ces deux opérations (coagulation, floculation) se réalisent par l'action combinée des sels d'alumine et des polymères.

c. Décantation :

La décantation est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer tous ou une grande partie des floccs. Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisés à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de $900 \text{ m}^3 / \text{h}$.

La décantation permet aux floccs de s'accumuler pour former de la boue qui devra être régulièrement extraite. Plus de 95% des matières en suspension sont éliminées lors de cette étape.



Figure5: Un décanteur

d- Filtration :

C'est une opération qui permet d'éliminer les matières en suspension non décantées. Le type de filtration le plus répandu est la filtration sur sable. L'eau à filtrer passe donc à travers le lit de sable (de quartzes) et se débarrasse de floccs non éliminés par la décantation. Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à 0.5 NTU.



Figure6 : Les filtres

Remarque:

- Selon le filtre dont il est équipé, le système de filtration sera capable d'éliminer de nombreux éléments nocifs.
- Le choix de la dimension du filtre est très important, car plus il est fin, plus il pourra éliminer les éléments physico-chimiques et bactériologiques.
- L'entretien du filtre doit être assuré correctement afin d'éviter qu'il ne devienne un foyer de développement microbien

e. Stérilisation:

L'eau filtrée est stockée dans le réservoir principal de capacité de 30 m^3 .

A la fin du traitement, la désinfection permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes pathogènes, on utilise pour cela soit un désinfectant chimique tel que le chlore ou l'ozone, soit physique tel que les rayonnements ultraviolets.

Le chlore résiduel libre, doit être maintenu dans l'ordre de 1 g/l à la sortie du réservoir, donc la désinfection est une étape très importante pour la potabilisation d'une eau.

L'eau est devenue potable et prête à être acheminée vers le réservoir de Bab El Hamra de la RADEEF.

Remarque : La forme de chlore la plus utilisée et la moins coûteuse est le chlore gazeux, un produit chimique très toxique qui doit être transporté, manutentionné et répertorié avec beaucoup de soin.

CHAPITRE II :

LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX

I- LES ANALYSES PHYSIQUES :

1. La turbidité :

1-1. Définition:



C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques. (Dégradation des végétaux) mais aussi pollution qui trouble l'eau. On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. En laboratoire on mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (néphélométrie) par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

Si :

- NTU $\leq$ 5: Eau Claire.
- NTU $\leq$ 30: eau légèrement trouble.
- NTU $\geq$ 50: eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

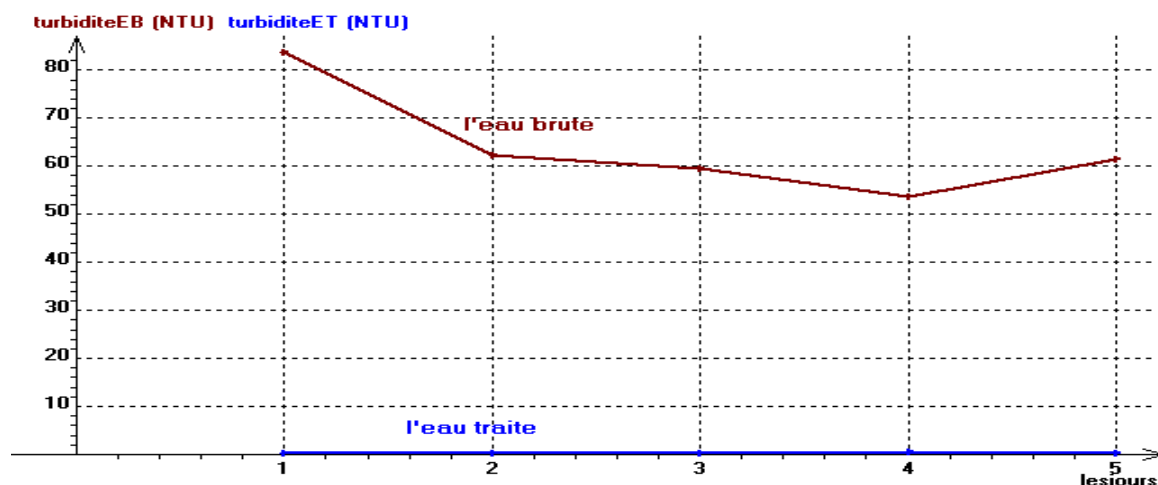
1 -2. Principe:

Son principe c'est que lorsqu'un rayon lumineux traverse une section d'eau pure, toute la lumière est transmise mais lorsqu'elle contient certaines impuretés, elle absorbe une partie de la lumière et diffuse une autre partie

1-3. Les résultats :

On a effectué un suivi de ce paramètre durant 5 jours sur l'eau brute (E.B) et l'eau traitée (E.T). Les résultats se présentent comme suit :

Les jours	1	2	3	4	5
La turbidité de l'E.B (N.T.U)	83.7	62.2	59.5	53.7	61.5
La turbidité de l'E.T (N.T.U)	0.35	0.35	0.31	0.48	0.27



Résultat de turbidité

Interprétation :

La turbidité est l'élément fondamental pour juger sur l'efficacité du traitement, même si la courbe (E.B) représente un maximum au premier et deuxième jour, ceci est dû à une période de crue, l'eau traitée garde une valeur moyenne qui oscille autour de la norme nationale. Cela démontre bien l'efficacité de la station de traitement.

2. La conductivité électrique:

2.1- Définition:

La conductivité électrique d'une eau est la conductance (inverse de la résistance) d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques, elle est fonction de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de leur valence, de leur concentration relative et de la température. L'unité de la conductivité est le siemens par mètre(s/m) ou ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

On peut déterminer la qualité de l'eau selon sa conductivité :

Si :

- 50 à 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$: qualité excellente.
- 400 à 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$: bonne qualité.
- 750 à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$: qualité médiocre mais eau utilisable
- Une valeur supérieure à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$: minéralisation excessive



3. La température

Rôle:

La température joue un rôle très important dans la détermination de type de rejets, de la solubilité des produits chimiques. En effet elle conditionne les équilibres chimiques de dissolution, elle agit sur la conductivité électrique et sur le pH.

Les analyses normalisées sont effectuées sur des échantillons d'eau à 20° C.

4. Potentiel d'hydrogène-pH

4.1- Définition

C'est l'expression de l'acidité ou l'alcalimétrie de l'eau, il est en fonction de l'activité des ions hydrogène H^+ présente dans cette eau.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Le pH est mesuré à l'aide d'un appareil appelé **le pH-mètre**, au quel est lié une électrode à l'intérieur de laquelle se trouve des fils d'argent et de Platine qui baigne dans une solution de chlorure de potassium.

4.2- Principe

Le principe de base de cette méthode est la détermination de l'activité des ions hydrogène par mesure potentiométrique.

NB : Le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5



Figure7 :pH-mètre

4-3.Expression des résultats :

Les mesures sont exprimées en unité de pH avec une précision de ± 0.02 unité de pH

II. LES ANALYSES CHIMIQUES :

1. Détermination de l'alcalimétrie de l'eau (T.A et T.A.C) :

1-1. Définition

L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des bicarbonates ou des carbonates et des hydroxydes.

1-2. le Titre alcalimétrique T.A

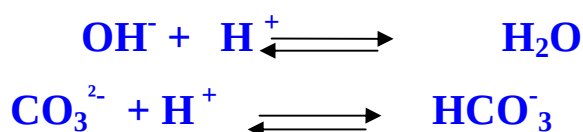
Il correspond à la neutralisation des ions hydroxyde (OH^-) et à la transformation des ions carbonates (CO_3^{2-}) en ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-).

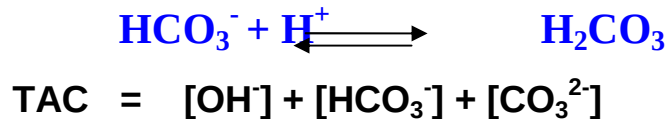
Les réactions mises en jeu :



1-3.Le titre alcalimétrique complet TAC

Il correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH^- ; CO_3^{2-} et HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (Hélianthine), les réactions mises en jeu sont :





1-4. Mode opératoire

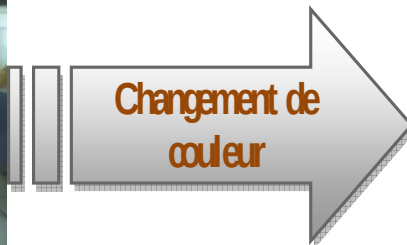
On introduit 100ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml, puis on ajoute deux gouttes de phénophtaléine.

S'il y a apparition d'une coloration rose ($\text{TA} \neq 0$), c'est-à-dire que le $\text{pH} > 8,3$ on passe alors au dosage avec l'acide chlorhydrique jusqu'à décoloration.

S'il n'y a aucune coloration, Le $\text{pH} < 8,3$ donc le titre alcalimétrique est nul ($\text{TA} = 0$), on passe directement à la mesure du TAC, avec quelque goutte de HCl, d'hélianthine au jaune orangé de la solution.



Avant le dosage



Après le dosage

2. La Dureté De L'eau

2-1. Titre Hydrotimétrique

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

2-2. Principe

Des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} présents dans l'eau sont complexés par l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Le noir d'érichrome qui donne une couleur violette en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

2-3. Mode Opératoire

Remarque: la solution tampon a pour rôle tamponner le milieu, c'est à dire éliminer les ions H^+ trouvés dans EDTA et qui caractérisent les dosages acide bases car on fait un titrage par formation de complexe.



100 ml de l'échantillon à analyser

+

+ 5ml de solution tampon TH



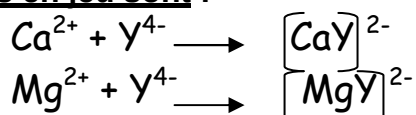
une pincée de l'indicateur coloré de noir d'érichrome.



Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l Jusqu'au virage au bleu royal

(Absence de Ca^{2+} et Mg^{2+})

Les réactions mises en jeu sont :



3. La Dureté calcique

3-1.Définition

C'est la teneur d'une eau en ions Ca^{2+} qui représente une part considérable du TH.

3-2.Mode Opératoire



100 ml de l'échantillon à analyser

+

+ 5 ml de solution tampon Ca^{2+}



une pincée de l'indicateur

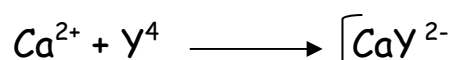


Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l, Jusqu'au virage au bleu royal

(Absence de Ca^{2+})

La réaction mise en jeu est :

]



4. L'oxydabilité au permanganate de potassium

4-1.Principe

L'oxydabilité consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans l'échantillon par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition pendant 13 min.

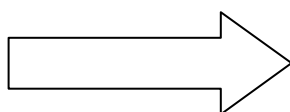
L'addition de l'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium.

On procède à un titrage en retour par le permanganate de potassium

4-2.Mode opératoire



100 ml de l'eau à analyser
+ 2 ml de H₂SO₄
+10 ml de KMnO₄ (N/100).



On porte le mélange à ébullition dans un bain marie pendant 13 min.

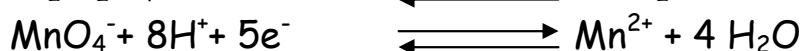
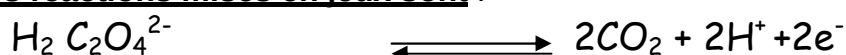


On ajoute 1 ml de l'acide oxalique



on effectue un dosage avec KMnO₄

Les réactions mises en jeu sont :



5. Dosage de l'oxygène dissous par la méthode de winckler

5-1.Principe

Il se base sur l'oxydation de l'hydroxyde manganoux dans une solution fortement alcaline par acidification en présence d'un iodeure ; l'hydroxyde manganique formé et alors dissous et il se dégage de l'iode libre en quantité équivalent à celle de l'oxygène initialement dissous dans l'échantillon, cet iode est titré au moyen de thiosulfate de sodium N /50 (Na₂S₂O₃).

Les réactions mises en jeu sont :

On observe un dépôt d'hydroxyde de manganèse.



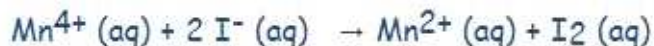
L'oxygène dissous réagit avec l'hydroxyde de manganèse (II) formé :



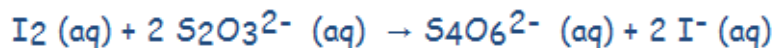
Le précipité est dissous par 2 ml de l'acide sulfurique concentré (H₂SO₄), on obtient alors un mélange clair :



Après il y a formation de l'iode selon la réaction:



Celui-ci est dosé par le thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration de la solution :



5.2-Mode Opératoire



250 ml de l'échantillon



2 ml de l'iodure alcalin



2ml de l'acide sulfurique



100 ml de la solution obtenue
Seront dosés par Na₂S₂O₃ (N/50)

Résultats :

La teneur en oxygène dissous exprimée en mg d'O₂/l est donnée par l'expression :

$$\underline{[\text{O}_2] \text{ dissous} = \text{Tb} \times 1,6 \text{ mg d'O}_2/\text{l.}}$$

Exemple (Le 17/05/2012)

L'eau traitée : [O₂] dissous = 5.9 x 1.6 = 9.44 mg d'O₂/l.

L'eau brute : [O₂] dissous = 7 x 1.6 = 11.2 mg d'O₂/l.

III- FACTEURS ORGANOLEPTIQUES

Ce sont des paramètres qui n'ont pas de signification sanitaire mais peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des stations de traitement ou de distribution.

Il s'agit de l'odeur, le goût, la couleur.

1. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme:

- L'ensemble de sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

2. Le goût :

Le goût peut être défini comme :

Comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue par les organes gustatifs lorsqu'ils sont en contact avec l'eau à tester.

3. La couleur réelle :

Le couleur peut être défini comme :

- Couleur réelle : c'est la couleur due aux substances en solution dans l'eau.
- Couleur apparente : c'est la couleur due aux substances en suspension dans l'eau.

Chapitre III

JAR-TEST ESSAIS DE : COAGULATION- FLOCCULATION

1.

Définition :

L'essai a pour objet de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement, en fonction de l'eau brute arrivant à la station.

Il faut réaliser l'essai le plutôt possible après prélèvement à une température voisine de celle que possédera l'eau au cours du traitement.

Le procédé adopté en laboratoire consiste à suivre les étapes suivantes :

- * Pré-chloration par le chlore au break-point ;
- * Essai au sulfate d'alumine ;
- * Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de floculation : l'alginate, poly électrolyte ;
- * Utilisation d'autres réactifs d'amélioration et de correction tels que le permanganate de potassium, le charbon actif, la chaux et l'acide sulfurique ;

- * Acidification par ajout d'acide sulfurique (variation de pH) .

2. Demande en chlore :

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

On commence d'abord par la détermination du Cl_2 (eau de javel).

Les avantages du chlore:

- * La décoloration de l'eau.
- * L'amélioration de la décantation
- * Empêchement de la prolifération des algues et micelles

Les inconvénients du chlore :

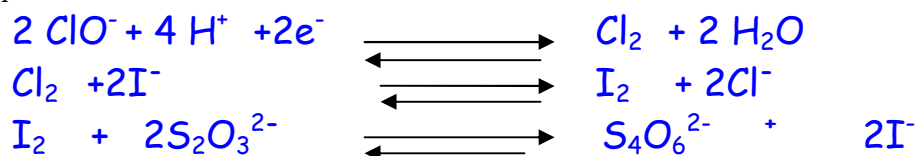
- * Les coûts élevés du traitement
- * La réaction du chlore avec certains produits présents dans l'eau (M.O) provoque la formation des composés complexes appelés trihalomethanes (THM). Ces composés ne sont pas éliminés par la suite du traitement sachant qu'ils sont cancérogènes alors pour éviter cette anomalie il faut que leur teneur dans l'eau traitée ne dépasse pas les $100 \mu\text{g/L}$.

1-1. Mode opératoire :

a-Titrage de l'eau javel :

En milieu acide, les hypochlorites (ClO^-) se décomposent avec un dégagement de chlore, ce dernier oxyde les iodures (I^-).

Introduire successivement, dans un erlenmeyer, 1ml d'eau de javel (NaCl , NaOCl), 10ml d'acide acétique CH_3COOH (9N), et 10ml de solution d'iodure de potassium KI 10 % (10g/100ml). Il se développe une coloration brune (I_2) le titrage est effectuée par thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N/10) jusqu'à décoloration.



Expression des résultats

Au point d'équivalence on a : $\text{Na} \times \text{Va} = \text{Nb} \times \text{Vb}$
 $\text{Na} = \text{Nb} \times \text{Vb} / \text{Va}$
 $\text{Na} = 0.1 \times \text{Tb} / 100 = 10^{-3} \text{Tb eq/l}$
 $\text{Na} = \text{Tb meq/l}$
 $\text{Na} = 35,5 \times \text{Tb mg/l de Cl}^-$

D'où : $[\text{Cl}^-] = 35,5 \times \text{Tb mg/l}$
Na : Normalité des Cl^-

Vb : Tb

Va : prise d'échantillon

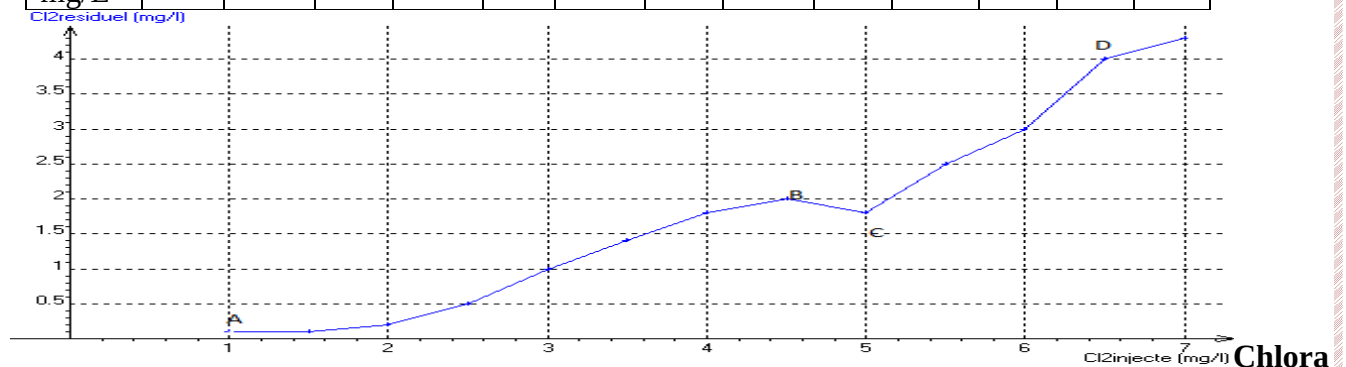
$$C_{Cl_2} = T_b \times 3,55 \text{ (g/l)}.$$

Puis on dilue la solution de l'eau de javel pour préparer une solution S_1 de 100ml de concentration 0,1g/l.

■ **Injection de la solution :** On prépare une série de flacons de 100ml d'eau brute et on introduit la solution S_1 de manière progressive ; On met ces flacons à l'obscurité pendant 30min. on dose le chlore résiduel par introduction de réactif colorimétrique habituel DPD.

Le, (9/05/2012)

N°de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cl ₂ injecte en mg /L	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
Cl ₂ résiduel en mg/L	0.1	0.1	0.2	0.5	1	1.4	1.8	2	1.8	2.5	3	4	4.3



Interprétation

- La partie AB : Formation des chloramines.
- La partie BC : Destruction des chloramines.
- La partie CD : Correspondant à l'apparition du chlore libre.

Le point C «point critique» ou de rupture («break-point») ; il est important de connaître sa valeur pour injecter au niveau de l'arrivée de l'eau brute.

A partir de la courbe on constate que le break point correspond à 5.5, donc la quantité de l'eau de javel qu'on va injecter à l'eau brute pendant l'essai Jar-Test est de 5.5ml pour assurer la destruction totale des chloramines.

3. Détermination de la dose optimale du sulfate d'alumine :

3.1- Nature des réactifs coagulants :

Théoriquement, n'importe quel type d'électrolyte peut être utilisé pour obtenir la coagulation/floculation d'un colloïde. 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 qualité de l'eau clarifiée ;
- * Le fonctionnement de la floculation et de la filtration ;
- * Le coût d'exploitation;

Il existe deux principaux types de coagulant:

- * Les sels de fer (chlorure ferrique) ;
- * Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium) ;

Les sels d'aluminium et de fer ferrique présentent outre leur valence élevée 3+, l'intérêt de s'hydrolyser dans la gamme de pH habituelle des eaux naturelles.

A l'ONEP on utilise surtout le sulfate d'alumine parce qu'on sait que l'eau de l'oued n'est pas d'une très mauvaise qualité (pas beaucoup de matière organique), le Fer ferrique, en plus de son coût élevé, peut provoquer une coloration de l'eau par son oxydation.

3. 2- Paramètres influençant la coagulation

1) Le 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.. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques

2) La dose de coagulant : 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.

3) La Température : La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraîne 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.

4) La Turbidité : La turbidité est aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant

3.3- Mode opératoire

Avant d'entreprendre le Jar-test, un certain nombre de détermination doivent être effectuées sur l'eau brute (voir analyse d'eau brute).

- La demande en chlore de l'eau brute a relevé une dose de chlore correspondant au Break- Point (5.5 ml).



Essais de coagulation floculation

- ✚ Dans chacun des béciers on verse 1 litre d'eau brute et on les place sur un banc de floculation.
- ✚ On agite de l'eau rapidement pendant 5 min.
- ✚ On ajoute dans les six béciers, une dose de chlore correspondant à la demande en chlore précédemment déterminée.
- ✚ On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tours/minutes.
- ✚ On ajoute aussi, rapidement que possible, aux six béciers en traitement des quantités croissantes du coagulant.
- ✚ 2 minutes après, on diminue l'agitation au degré choisi (à 40 tours/minute) pendant 20mn.

Les résultats :

Critères de choix de la dose de traitement (meilleur bécier) :

- ✚ taille des floes > 6 ;
- ✚ Turbidité de l'eau décantée < 5NTU ;
- ✚ Turbidité filtrée sur papier bande blanche < 0.5 NTU ;
- ✚ pH de floculation entre 7.00 et 7.40 ;
- ✚ Oxydabilité à chaud pendant 13 min < 2 mg/l.

Donc après la détermination de ce procédé on passe directement aux essais dont les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau N°1 : essais de coagulation – floculation

Les béciers	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pré-chloration mg/l	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5

Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60	70	80
Chlore résiduel en mg/l	2	0,6	0,3	1.8	2	2	3	3
T.A.C meq/l	5.8	5.7	5.2	5.8	5.3	5.32	5.1	4.02
PH	8.1	8	7.89	7.77	7.67	7.57	7.25	7.28
Oxydabilité mg/l	1.6	1.36	1.76	1.84	2	2	1.52	2.08
Turbidité décantée NTU	1.93	0.48	0.51	1.63	1.42	1.18	1.19	1.65
Turbidité filtrée NTU	0.72	0.37	0.33	0.32	0.31	0.19	0.39	0.25

Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus et les critères de choix, le meilleur béccher choisi sera le béccher N°7 car il respecte toutes les normes souhaitées.

On peut conclure que la dose optimale du sulfate d'alumine est 70 mg/l.

3.4- La dose optimale du polymère

On a suivi la même démarche de jar-test mais on a fixé le sulfate d'alumine à 70mg /l et on ajoute une dose variée de polymère à l'étape de l'agitation lente pour former les floccs.

Les résultats

Tableau N°2 : essais de coagulation – floculation

Les bécchers	I	II	III	IV	V	VI
Pré-chloration mg/l	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Coagulant mg/l	70	70	70	70	70	70
Floculant g/l	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Aspect du floc	06	08	06	04	04	04
Ph	7.44	7,36	7.31	7.4	7.41	7.46
Oxydabilité mg/l	1.28	0.96	1.44	1.58	2,4	2.2
Turbidité décantée NTU	0.73	0.63	0.74	1.99	0.47	0.73
Turbidité filtrée NTU	0.33	0.22	0.33	0.36	0.39	0.26
Chlore résiduel en mg/l	2	0.6	0.3	1.8	2	2

Interprétation des résultats:

Les résultats obtenus et les critères de choix, montrent que le meilleur béccher choisi sera le béccher N°2 car il respecte toutes les normes souhaitées.

On peut conclure que la dose optimale de polymère est à 0.1 mg/l.

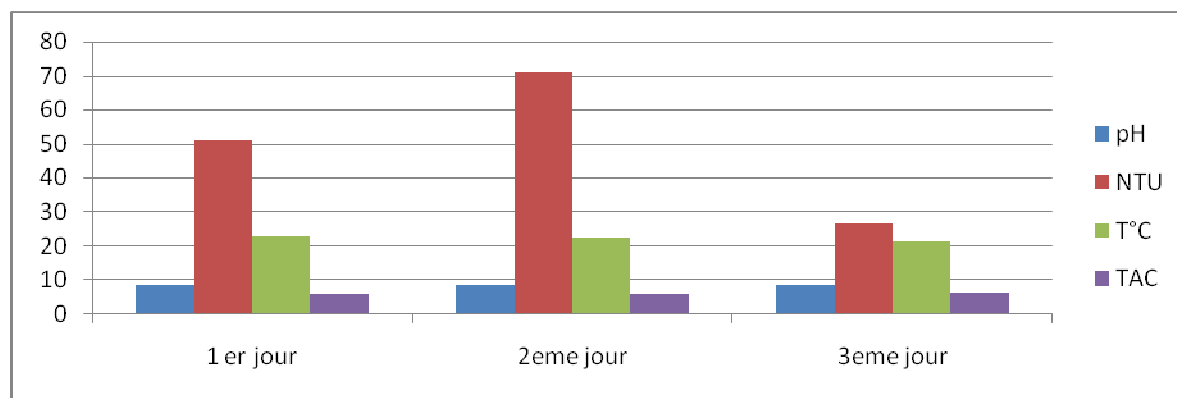
4-Acidification

Analyse de l'eau brute

Tableau n°3 : les résultats des analyses de l'eau brute

N°d'Essai	pH	TA (meq/l)	TAC (meq/l)	Turbidité(NTU)	Température (°C)
Prélevement1	8.16	0.0	5.80	50.9	22.6°

Prélevement2	8.15	0.0	5.72	70.8	22.2°
Prélevement3	8.22	0.0	5.9	26.34	21.0°



Remarque :

Essai n°1 : On a baissé le pH jusqu'à 7.5 par l'ajout de quelque goutte d'acide sulfurique (0.1N).

Essai n°2 : On va utiliser la même eau brute et on a baissé le pH jusqu'à 7 par l'ajout de quelque goutte d'acide sulfurique H_2SO_4 (0.1N).

Essai n°3 : On a baissé le pH jusqu'à 6.5 (acidification par l'ajout de l'acide sulfurique H_2SO_4 (0.1N), et après on va comparer.

Essai de jar-test

Essai : pH = 8.16 :

Résultat :

Tableau N°4 : essais de coagulation – floculation

Les béciers	I	II	III	IV	V	VI
Pré-chloration mg/l	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Coagulant mg/l	40	50	60	70	80	90
Floculant g/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Aspect du floc	06	06	08	08	08	06
pH	7.64	7,33	7.53	7 .43	7.39	7.26
Oxydabilité mg/l	1.28	0.23	1.2	1.36	1.04	0.64
Turbidité décantée NTU	0.97	0.93	0.74	0.53	0.65	0.61
Turbidité filtrée NTU	0.57	0.35	0.38	0.38	0.37	0.4
Chlore résiduel en mg/l	3	2.5	3	4	4	4

D
euxième
cas
pH=7.5

T
ableau
N°5 :

essais de coagulation – floculation

Les béchers	I	II	III	IV	V	VI
Pré-chloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant g/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Aspect du floc	10	08	08	06	06	06
pH	7.58	7,48	7.37	7 .29	7.24	7.20
Oxydabilité mg/l	1.6	1.36	1.44	1.28	1.2	1.52
Turbidité décantée NTU	2.48	0.74	3	1.02	0.99	0.8
Turbidité filtrée NTU	1.27	0.93	0.73	0.11	0.45	0.40
Chlore résiduel en mg/l	2	2.5	0	0.4	2	2.5

Troisième cas pH=7 :

Tableau N°6: essais de coagulation – floculation

Les béchers	I	II	III	IV	V	VI
Pré-chloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant g/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Aspect du floc	06	08	06	04	04	04
pH	6.97	6.96	6.94	6.90	6.91	6.82
Oxydabilité mg/l	1.36	1 .36	1.36	1.36	1.52	1.6
Turbidité décantée NTU	0.1	0.14	0.1	0.1	0.11	0.12
Turbidité filtrée NTU	0.30	0.29	0.12	0.15	0.2	0.25
Chlore résiduel en mg/l	1.4	1.8	1.8	1.8	1.4	2

Essai n°4 pH=6.5

Tableau N°7 : essais de coagulation – floculation

Les béchers	I	II	III	IV	V	VI
Pré-chloration mg/l	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant g/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Aspect du floc	10	10	06	06	04	04
pH	6.82	6.80	6.73	6.72	6.66	6.61
Oxydabilité mg/l	1.2	1.5	1.2	1.36	1.2	1.04
Turbidité décantée NTU	0.88	0.20	0.29	0.27	0.21	0.16
Turbidité filtrée NTU	0.15	0.1	0.1	0.1	0.22	0.1
Chlore résiduel en mg/l	3	2.5	3	3	2.5	2.5

Les meilleurs béchers :

Tableau N°8 : résultats des meilleurs béchers

	Essai n°1	Essai n°2	Essai n°3	Essai n°4
pH	7.43	7.29	6.94	6.80
Turbidité filtrée NTU	0.38	0.11	0.12	0.1
Oxydabilité mg/l	1.36	1.28	1.36	1.2
Sulfate d'alumine	70	40	30	20
Becher n°	4	4	3	2

*** Interprétation :**

D'après les résultats des essais 1, 2, 3 et 4 on constate que :

- L'acidification de l'eau jusqu'à 6,5 et 7 ne donne pas de bons résultats car d'après les valeurs des pH ces essais sont à rejeter.
- L'essai 1 donne de bons résultats mais pour des grandes doses du coagulant à partir de 70 mg/l .
- L'essai 2 donne de bons résultats à partir de 40 mg/l du coagulant .

En conclusion :

L'acidification jusqu'au pH=7,5 diminue la dose du coagulant consommé. Mais reste à comparer le coût de la consommation du coagulant et la consommation de l'acide utilisé pour l'acidification.

CONCLUSION

En conclusion, le traitement de l'eau est devenu une nécessité pour alimenter les populations en eau potable. Pour cela, il faut disposer d'effectif humain et matériel suffisant pour la réalisation de ce projet.

Le projet de fin d'étude qui vous a été présenté consiste au traitement d'une eau de surface (cas d'OUED SEBOU) en suivant des procédés physico-chimiques afin de la rendre potable. Cette eau traitée et destinée à la consommation, doit être soumise à des contrôles très sévères avant toute utilisation dans le but de lutter contre des risques sanitaires.

Durant mon stage, j'ai pu confronter mes connaissances scientifiques et techniques accumulées à la Faculté des Sciences et Techniques, qui m'ont permis une ouverture sur le monde professionnel de contrôle de qualité des eaux au laboratoire de l'ONEP à Fès ; ce travail a été d'un grand bénéfice dans la mesure où il nous a permis d'acquérir une expérience pratique à savoir le traitement d'eau de surface.

Or, cette pratique nous a apportée un surplus, notamment le sens de responsabilité et de critique pour que chaque résultat soit s'interpréter en fonction des normes de la qualité.

Au cours de ce travail j'ai essayé de décrire les différentes étapes de traitement. La Coagulation-Floculation a été bien explicité vu l'intérêt qu'elle représente dans le procédé de traitement.



Bibliographie

- ❖ Traitements Des Eaux ,2^{ème} édition recue de l'école Polytechnique Montréal, Raymond des jardins 1990 ;
- ❖ AGRI-FACTS, Water Analyse Interpretation, june 1993
- ❖ **Registre de l'ONEP : procédure de contrôle de la qualité.**

.

Webographie

- ❖ www.ONEP.ma
- ❖ <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/potableNor.html>
- ❖ <http://www.com.univ-mrs.fr/olipac/methodes/TO2.html>
- ❖ <http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html>
- ❖ <http://www.astrosurf.com/luxorion/eau-potable4.htm>