



Licence Sciences et Techniques (LST)

**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET
CONTROLE DE QUALITE
(TACCQ)**

PROJET DE FIN D'ETUDES

L'optimisation des adjuvants dans le
traitement de l'eau potable.

Présenté par :

- ◆ LAKEHAL-SENHAJI Mohammed.

Encadré par :

- ◆ M r. BOUHLAL ABDELAZIZ (ONEE Meknès)
- ◆ Pr. EL ASRI Mohammed (FST)

Soutenu Le 11 Juin 2014 devant le jury composé de:

- Pr. Fouad OUZANI chahdi
- Pr. Abdeslam BENTAMA
- Pr. Mohammed EL ASRI

Stage effectué à L'ONNEE Meknès

Année Universitaire 2014 / 2015

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14



SOMMAIRE

Remerciements

Introduction General.....1

I—PRESENTATION GENERALE DE L'ONEE2

I-1.Principales activités de L'ONEE.....2

I-2.Axes stratégiques de L'ONEE.....2

Chapitre 1 : Procédés de traitement de L'eau Brute.

I – Prétraitement de l'eau.

I-1. Dégrillage.4

I-2.Dessablage.....4

I-3. Débourbage5

II– Traitement de l'eau.

II-1.Pré-chloration.5

II-2.Coagulation -floculation.....5

II-3.Décantation7

II-4.Filtration.....7

II-5.Désinfection.....7

Chapitre 2: Différentes méthodes d'analyses d'eau effectuées au sein du laboratoire.

I-Les analyses physico-chimiques :

I-1.température9

I-2. Le potentiel d'hydrogène(pH).....9

I-3.Conductivité10

I-4.Turbidité11

I-5.Oxydabilité au permanganate de potassium.....11

I-6.Dureté de l'eau

I-6 -1.Alcalinité de l'eau (TA,TAC).....14

I-6 -2.détermination de la dureté totale (titre hydrotimétrique)16

I-6-3.dureté calcique.....17



I-7. Dosage de l'oxygène dissous	19
I-8. Dosage des sulfates	20

II -jar-test

II-1.Principe	21
II-2.Matériel.....	22
II-3.Réactifs.....	22
II-4.Mode opératoire.....	22

III -Déstabilisation Des Colloides .

III-1coagulation.....	23
III-2.Floculation.....	23
III-3.Nature de coagulant.....	23

IV-Paramètres influençant la coagulation :

IV-1 L'influence de l'agitation	24
IV-2 L'influence de la température :.....	24
IV-3 L'influence de la turbidité	24
IV-4. L'influence de la dose de coagulant	25

Chapitre 3 : Etude de l'Action du Sulfate d'Alumine et poly-électrolyte sur l'Eau brute .

I-Etude de l'effet du coagulant et du flocculant:

I-1.Introduction:.....	27
I-2.Plan d'expérience	
I -2. a. définition.....	27
I-1- b. Plans factoriels complets.....	27
I-2-c. objectif	28
I-2-d .Résultats.....	29
conclusion générale.....	31



Remerciements

Je commence la rédaction de ce rapport par mes vifs remerciements à tout le personnel de l'ONEE Notamment mon encadrant Mr bouhlal Abdelaziz , ainsi Mr ALAOUI Yousef et MR lamsiyah rachid.

Je remercie également mon encadrant Mr EL ASRI Mohammed et tous les enseignants de Fst pour leur aide, leur compréhension et leur sympathie. et a toutes les autres personnes qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à l'élaboration de ce modeste travail.



INTRODUCTION GENERAL

Lors du traitement des eaux la phase de floculation et sédimentation est une étape clé pour rendre une eau brute, potable.

Le traitement s'effectue en ajoutant le sel d'alumine et poly-électrolyte. le contrôle de la qualité de cette étape se fait par la mesure de la turbidité.

Les responsables de l'industrie travail sur la quantité de ces deux réactifs pour améliorer la qualité de floculation.

Nous allons dans ce travail trouver les conditions optimales de la quantité de ces deux réactif afin de mieux contrôler la turbidité de l'eau .



I-PRESENTATION GENERALE DE L'ONEE.

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

La création de l'ONEE 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 sous le nom ONEP en 1972, et en fin ONEE en 2012.

I-1.Principales activités de l'ONEE (branche eau) :

- Planification de l'approvisionnement en eau potable du Royaume.
- Etudier l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de productions et de distribution.
- Assistance technique en matière, de surveillance de la qualité de l'eau,
- Gérer la production d'eau potable et assurer sa distribution.
- Contrôle de la qualité des eaux et protection des ressources en eau susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- Participer aux études des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

I-2.Axes stratégiques de L'ONEE (branche eau):

l'ONEE est fixé une nouvelle stratégie bâtie autour de trois axes stratégiques principales:

- Le maintien et le renforcement de l'alimentation en eau potable en milieu urbain ;
- La généralisation de l'accès à l'eau potable en milieu rural selon notre devise « le Droit à l'Eau pour Tous » ;
- L'intervention active dans l'assainissement liquide pour une gestion globale et intégrée du cycle de l'eau.



chapitre 1

Procédés de traitements d'eau brutes

I. Prétraitement de l'eau

Le prétraitement sert à retirer les matières pouvant être facilement collectées des eaux usées brutes, et à les éliminer. Les matières typiques qui sont retirées au cours du traitement primaire comprennent les matières grasses, les huiles et les graisses, le sable, les graviers et les pierres, les substances solides et les matériaux flottants de plus grande dimension pouvant décanter (comme des chiffons, des bâtons et des bidons) .

Ce prétraitement comporte 3 opérations majeures :

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

I-1. Dégrillage :

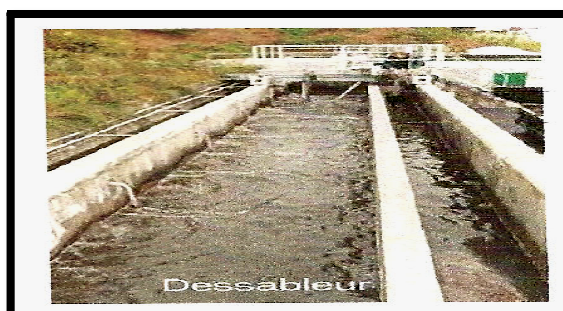
C'est une étape préliminaire qui s'effectue à l'entrée de la prise d'eau brute pour retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, les serviettes hygiéniques , En effet ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement, donc l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles de plus en plus fines où les matières volumineuses sont retenues.

Les grilles sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage.

I-2. Dessablage:

Le dessablage est un prétraitement physique qui permet par décantation, de retirer les sables de granulométrie supérieure à 200 μm mélangés dans les eaux.

Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et mécaniques comme les pompes.





I-3. Débourbage:

C'est une opération qui précède la clarification des eaux brutes, c'est-à-dire c'est une opération de pré-décantation qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspension (MES) (limons et sables fins). Cette technique est utilisée quand la teneur en MES est supérieure à 2 g/l.

II. Traitement de l'eau

Après les trois étapes du prétraitement des eaux, vient la phase de traitement de l'eau brute qui représente encore une matière première, qui va être transformée, élaborée, analysée, pour devenir conforme aux normes définies par la réglementation.

Les principales étapes du traitement sont :

II-1. PRE-CHLORATION :

La pré-chloration est un procédé utilisé en cas où l'eau brute est chargée en matières organiques. Elle s'effectue avant la décantation, pour permettre au chlore d'agir à temps et de décomposer les matières organiques afin de faciliter leur décomposition dans les décanteurs.

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.

En effet, l'oxydation de ces matières organiques, facilite la floculation et la décantation car leur décomposition permet la formation de gros floccs qui descendent sous l'effet de leur poids au fond du décanteur.

II-2. COAGULATION – FLOCCULATION :

La coagulation-floculation est une technique de prétraitement physico-chimique, qui consiste à injecter des produits chimiques appelés « coagulant » ou « flocculant » à des eaux brutes pour agglomérer les particules en suspension entre elles et favoriser leur décantation.exp: Les colloïdes.

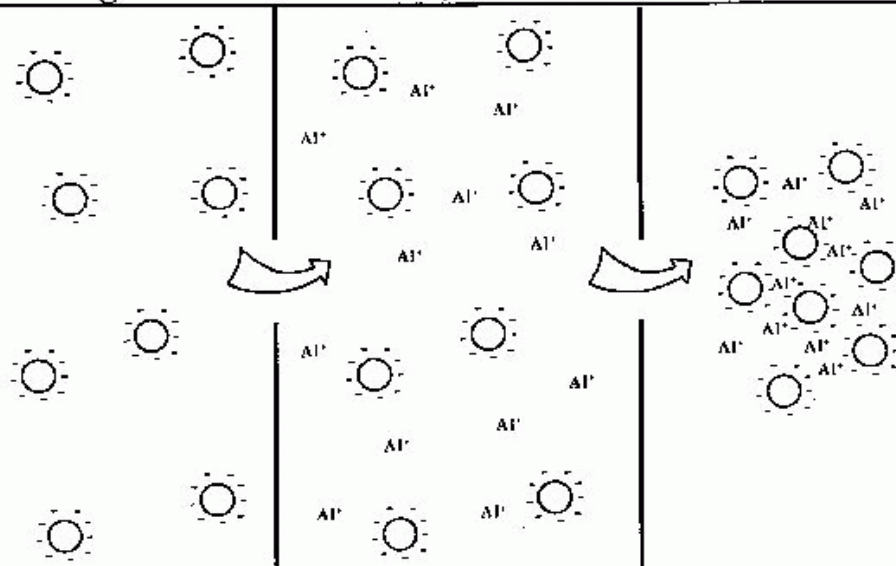
. Les colloïdes sont caractérisés par leur très faible diamètre, leur charge de surface négative qui entraînent des répulsions électrostatiques empêchant toute décantation et sont notamment responsables de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface, elles sont également la cause des nuisances organoleptiques

- La coagulation : consiste à déstabiliser ces colloïdes en éliminant leur charge électrostatique (négative) afin de favoriser leur agglomération par addition de sulfate d'alumine(positif) de formule $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$
- La floculation : a pour objectif de favoriser les contacts entre les particules déstabilisées(les colloïdes). Ces particules s'agglutinent pour former des floccs qui peuvent être éliminés par décantation, flottation ou filtration.

Le floculant le plus utilisé est :

- Les polymères (le poly-électrolyte).

Charge Neutralization/Colloid Destabilization



II-3. DECANTATION :

Elle s'effectue suite à la floculation, c'est un procédé de traitement qui consiste à décanter les floccs formés lors de la phase de floculation au fond de décanteur sous l'effet pesanteur(gravitation),pour former la boue qui devra être régulièrement extraite.

L'eau sera ensuite acheminée vers les filtres à sables qui enlèveront les plus petites particules qui n'auront pas sédimenté ou décanté

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



Photo 5 : Décanteurs.

II-4. FILTRATION :

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide à travers d'un milieu poreux 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 constitué d'un matériau granulaire, 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 néphélogométrique), et le type de filtration le plus répandu est la filtration sur 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 qui constitue une garantie supplémentaire pour la potabilité d'eau. Il existe plusieurs désinfectants tels que le chlore, l'ozone, le rayonnement UV, mais L'agent de désinfection le plus utilisé dans la station de traitement d'ONEE est le chlore.



chapitre 2

LES METHODES D'ANALYSES



I–Les analyses physico-chimiques :

parmi les analyses physico-chimiques effectués au sein du laboratoire on trouve :

I–1.Température :

La température de l'eau doit être connue avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels surtout des gaz, dans la détermination du pH et la conductivité électrique, elle influe aussi sur la densité, la viscosité, les réactions chimiques et l'effet des enzymes.

En général, la mesure de la température doit être faite sur place au moment de prélèvement à l'aide d'un thermomètre (en °C).

I–2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

D'après la norme marocaine (NM 03.7.001) le pH doit être compris: $6.5 < \text{pH} < 8.5$

I-2-a. Définition :

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est en fonction de la concentration des ions H^+ contenus dans l'eau.

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

Dans les eaux naturelles, l'activité des ions H^+ est due à des causes diverses, en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et des sels.

I-2-b. 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.

I-2-c. Mode opératoire:

On commence par étalonner le pH mètre à l'aide de solutions tampons de référence de pH connu (pH=4, pH=7, pH=10)..

- On plonge l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- On attend que la valeur soit stable avant la lecture ;
- On rince à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée.

- 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<pH<8-----> Majorité des eaux souterraines.



pH- mètres

I-3. Conductivité :

D'après la norme marocaine (NM 03.7.001) la conductivité doit être inférieure $2700\mu\text{s}/\text{cm}$.

I-3-a. Définition :

La conductivité de l'eau est directement liée à la concentration des impuretés présentes dans l'eau sous forme ionique. 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.

I-3-b.Principe

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone qui mesure la résistance R d'une colonne d'eau de section S , de longueur L et de résistivité ρ entre deux électrodes en platine disposées parallèlement.

$$\boxed{R = \rho * S/L} \quad \rightleftharpoons \quad \boxed{\rho = R*S/L} \quad \rightleftharpoons \quad \boxed{\sigma = 1/ \rho}$$

σ : conductivité (en $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ou $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$).

ρ : résistivité (en $\Omega \cdot \text{m}$).

R : résistance (en Ω).

L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en m^2).

I-3-c . Mode opératoire :

- On rince la cellule de mesure plusieurs fois avec de l'eau distillée.
- On rince deux fois au moins avec l'échantillon d'eau à examiner.
- On place la cellule de mesure dans un récipient contenant l'échantillon d'eau à examiner de façon à ce que les électrodes de platine soient complètement immergées et veiller à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air sur les électrodes.
- On attend que la valeur soit stable avant la lecture
- On rince à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée.

I-4. Turbidité :

D'après la norme marocaine (NM 03.7.001) la turbidité doit être inférieure < 5NTU

I-4-a. Définition :

La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser de la lumière. Elle est due à la présence des matières en suspension.

I-4-b. Principe :

La méthode néphélométrique est basée sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée (effet Tyndall) par l'échantillon à celle de l'étalon de référence dans les mêmes conditions (longueur d'onde entre le rayon incident et diffracté). L'unité utilisée est le NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique) avec une norme inférieure de 5 NTU.

I-4-c. Mode opératoire :

- Remplir le cuve de mesure propre avec l'échantillon.
- S'assurer de l'absence de bulles d'air avant la mesure.
- Eviter de toucher les cuves aux points où elles sont traversées par la lumière (incidente et diffractée).
- On attend que la valeur soit stable avant la lecture.



Turbidimètre

- NTU < 5 -----> Eau claire.
- 5 < NTU <30-----> Eau légèrement trouble.
- NTU > 50 -----> Eau trouble.

I-5. Oxydabilité au permanganate de potassium :

D'après la norme marocaine (NM 03.7.001) le oxydabilité doit être inférieure : < 5 mg O₂ /l

I-5-a. Définition:

L'indice permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimé en milligrammes par litre cédée par l'ion permanganate (MnO₄⁻) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau dans les conditions définies par la présente norme, alors Cette mesure renseigne sur la concentration en matières organiques présentes dans une eau.



I-5-b. principe:

Chauffage d'un échantillon dans un bain marie bouillant en présence d'une quantité connue d'acide sulfurique pendant une période de 10 min, puis l'oxydation par un excès de permanganate de potassium à l'ébullition (10 min) des matières oxydables contenues dans l'échantillon.

La réduction du permanganate de potassium par acide oxalique et titrage en retour de l'excès d'oxalate de sodium par le permanganate de potassium.

I-5-c. Mode opératoire:

- On met 100 ml d'eau à analyser dans un ballon rodé.
- On ajoute 2 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) (N/10).
- On porte le mélange à l'ébullition douce pendant 10 min ±2min.
- On ajoute 10 ml de KMnO₄ (N/100) puis On porte le mélange à l'ébullition pendant 10 min exactement.
- Après on ajoute 10ml d'acide oxalique (N/100) jusqu'à décoloration du mélange.
- Après la décoloration pendant que la solution est encore chaude, on titre avec KMnO₄ (N/100) jusqu'à l'apparition d'une faible teinte rose.

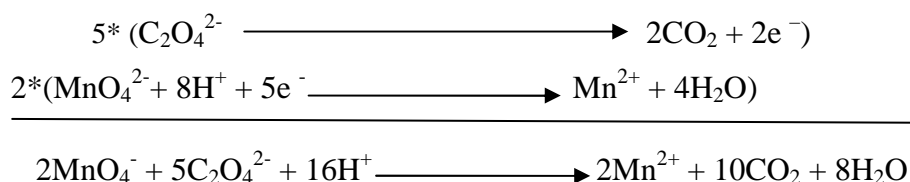
I-5-d. Expression des résultats :

La quantité d'oxygène exprimée en mg/l par KMnO₄ consommée par les matières oxydables dans 1L d'eau .

$$I_p = V_t * 0.8 \text{ mg}$$

Avec : I_p : indice de permanganate .
V_t : volume de titrage de l'échantillon.

I-5-e. démonstration des résultats obtenu :



D'après les réaction on a:

$$n(\text{MnO}_4^{2-})/2 = n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})/5$$

$$n(\text{MnO}_4^{2-}) = 2 * n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})/5 \quad \text{et} \quad n(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 2 * n(\text{O}_2)$$



Donc:

$$n(\text{O}_2) = 5 * n(\text{MnO}_4^{2-})/4$$

1

on a : $n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2)$

et $n(\text{MnO}_4^{2-}) = C * \text{Tb}$ avec C: Concentration de KMnO_4

Tb: Volume versé de KMnO_4

on a : N_k : Normalité de KMnO_4 ($N_k = 0,01 \text{ eq/l}$)

et $C = N/Z$ avec Z: nombre d'électrons=5.

donc :

$$C = 1/100 * 5$$

en remplace dans 1 :

$$m(\text{O}_2) / M(\text{O}) = (5/4) * (1/100 * 5) * \text{Tb}$$

$$m(\text{O}_2) = (32/4) * (1/100) * \text{Tb}$$

*on a volume d'échantillon ($V_{ec} = 100 \text{ mL}$)

donc la concentration massique d'oxygène (*indice de permanganate*)

$$C_m(\text{O}_2) = (m(\text{O}_2) / V_{ec}) = ((32/4) * (0.01) * \text{Tb}) / V_{ec}$$

donc:

$$C_m(\text{O}_2) = I_p = ((32/4) * (0.01) * \text{Tb}) / V_{ec}$$

Application numérique:

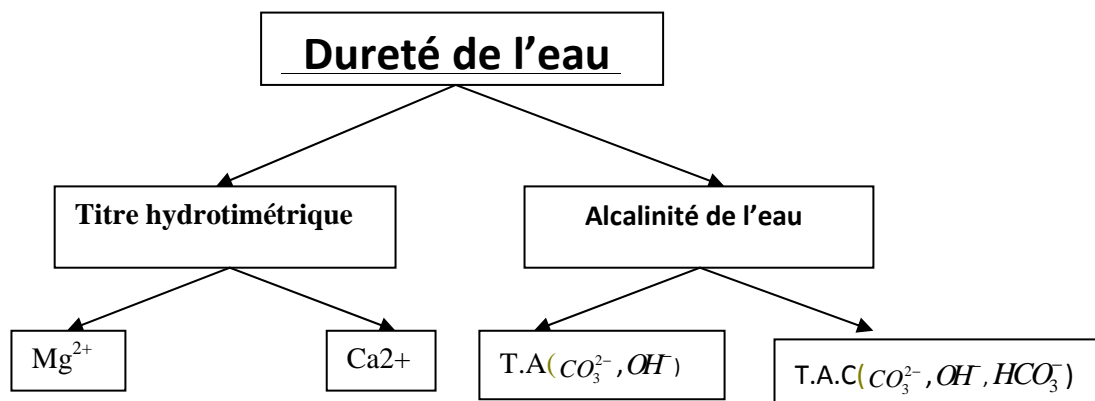
$$I_p = (32/4 * 100 * \text{Tb}) / 100 \text{ mL}$$

$$I_p = (8 \text{ g} / 100 * \text{T}_p(\text{mL})) / 100 \text{ mL}$$

$$I_p = (8 * 10^{-4}) * \text{Tb} \text{ g/L}$$

$$\left\{ I_p = 0.8 * \text{Tb} \text{ mg/L} \right\}$$

I-6. Dureté de l'eau :



I-6-1. Alcalinité de l'eau :

I-6-1-a. Définition:

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des anions ou des espèces basiques principalement les ions hydroxyde (OH^-), les ions carbonate (CO_3^{2-}) et les ions bicarbonate (HCO_3^-).

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

$$\text{T.A (meq/l)} = \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-].$$

- ❖ **Le titre alcalimétrique complet (T.A.C) :** consiste à la neutralisation des ions hydroxydes, bicarbonates et carbonates par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

$$\text{T.A.C (meq/l)} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

I-6-1-b.Principe:

L'alcalinité se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide.

Le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés de pH:

- Le phénophtaléine pour le pH de 8,3 : passage de rose au incolore.(TA).
- L'hélianthine pour le pH de 4,3 : passage du jaune à l'orange(TAC).

I-6-1-c .Mode opératoire:

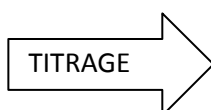
Le titre alcalimétrique (T.A): on introduit 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer puis on ajoute deux goûtes de phénophtaléine.

- ⇒ Si la coloration est rose (TA ≠ 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.

Le titre alcalimétrique complet (T.A.C): on ajoute au contenu de l'erlenmeyer servie auparavant à la détermination de TA ,3 goûtes d'hélianthine (coloration jaune) puis on dose avec (HCl :N/10) jusqu'au virage jaune orange .



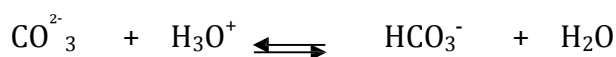
Coloration jaune après ajout
d'hélianthine



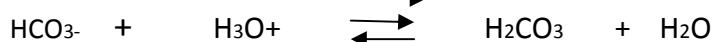
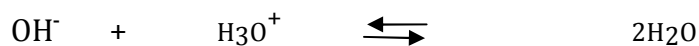
coloration orange après
dosage par HCL(0.1N).

I-6-1-d. Expression des résultats:

- En présence de phénophtaléine (TA) les réactions produits:



- En présence de l'hélianthine(TAC), les réactions produits:





$$N(\text{eau}) \cdot V(\text{eau}) = N(\text{HCL}) \cdot V(\text{HCL})$$

$$\text{T.A.C} \cdot V(\text{eau}) = N(\text{HCL}) \cdot V(\text{HCL})$$

$$\text{T.A.C} = N(\text{HCL}) \cdot V(\text{HCL}) / V(\text{eau})$$

$$\text{T.A.C} = 0,1 \cdot V_{\text{HCL}} / 100.$$

$$\text{T.A.C} = 10^{-3} V_{\text{HCL}}(\text{eq/l}).$$

$$\text{T.A.C} = V_{\text{HCL}}(\text{meq/l})$$

V : volume de titrage (HCl).
N : normalité de HCl (0,1N).
v : volume de la prise d'essai(100ml).

$$\text{T.A} = \text{T.A.C} = T_b(\text{meq/l}) = V_{(\text{HCL})}(\text{meq/l}).$$

$$1 \text{m} \text{éq/l} = 5^{\circ}\text{F}$$

I-6-2- Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique T.H):

I-6-2-a .Définition :

Le titre hydrotimétrique ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

I-6-2-b. Principe:

Les ions Ca^{2+} et les ions Mg^{2+} présents dans l'eau sont complexés par l'EDTA en présence du noir ériochrome T qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} est utilisé comme indicateur de fin de réaction.

I-6-2-c. Mode opératoire :

*100 ml de l'échantillon à analyser + 5 ml d'une solution tampon + une pincé de l'indicateur coloré noir d'ériochrome.

*Dosage par la solution éthylène diamine tétraacétique (EDTA) jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

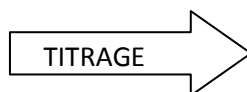
*Les réactions mises en jeu sont :

Projet de fin d'études

- $\text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-} \longrightarrow \text{YCa}^{2-}$
- $\text{Mg}^{2+} + \text{Y}^{4-} \longrightarrow \text{YMg}^{2-}$



coloration rose après l'ajout de d'ériochrome.



coloration bleu après le titrage avec EDTA.

I-6-2-d. Expression des Résultats:

La dureté totale où titre hydrotimétrique (TH), est exprimée en mmole/l, est donnée par la formule suivante:

$$\text{TH} = 1000 \times C \times V_1 / V_2$$

avec:

C = concentration exprimée en mole/l de la solution EDTA = 0.02 moles.

V₁ = volume en ml de la solution EDTA utilisée par le titrage.

V₂ = volume en ml d'échantillon dosé et qui est égale à 100ml.

I-6-3. Détermination de la dureté calcique:

I-6-3-a. Définition:

La dureté calcique d'une eau est la concentration en ions calcium Ca^{2+} dans cette eau.

I-6-3-b. Principe:

Les ions Ca^{2+} présents dans l'eau sont complexés par éthylène diamine tétraacétique (l'EDTA). L'acide Calcane carboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage des ions Ca^{2+} . Les ions Mg^{2+} sont précipités lors du dosage sous forme d'hydroxyde de magnésium et ils ne perturbent pas le dosage.



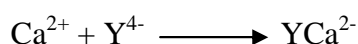
I-6-3-c. Mode opératoire:

A 100 ml d'eau à analyser.

- On ajoute 5 ml de la solution tampon de soude (NaOH), et quelque d'indicateur calcane carboxylique.
- Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

I-6-3-d. Expression des résultats:

La réaction mise en jeu :



La dureté calcique : la concentration en ions calcium (Ca^{2+}), exprimée en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{T_{Ca} \text{ (mg/l)} = T_b \times 8}$$

$$N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b$$

$$N_b = N_a \cdot V_a / V_b$$

$$N_b = 0,02 \times 1000 \times 2 \times T_b / 100$$

$$N_b = 4 \cdot 10^{-1} \cdot T_b \text{ (meq/l)}$$

avec:

$$C_b = N_b / 2$$

$$C_b = 2 \cdot 10^{-1} \cdot T_b \text{ (mmol/l)}$$

$$\text{On a : } T_{Ca} = M_{Ca} \times C_b \quad (\text{avec } M_{Ca} = 40 \text{ g/mol})$$

$$T_{Ca} = 40 \times 2 \cdot 10^{-1} \cdot T_b$$

$$\text{Donc : } T_{Ca} = T_b \times 8 \text{ (mg/l)}$$

Egalement elle peut être exprimée en mmole/l par la formule ci-dessous :

N_a : Normalité d'EDTA.

V_a : Tombée de burette T_b .

N_b : Normalité des ions Ca^{2+} .

V_b : Volume de l'échantillon ($V_b = 100$ ml).

C_b : concentration des ions Ca^{2+} .



$$C (\text{Ca}^{2+}) = 1000 \times V_1 \times C/V_2$$

- Avec : C = concentration exprimée en mole/l de la solution EDTA = 0.02moles
- V₁ = volume en ml de la solution EDTA utilisée par le titrage.
- V₂ = volume en ml d'échantillon dosé et qui est égale à 100ml.

I-7. Dosage de l'oxygène dissous :

D'après la norme marocaine(NM 03.7.001) l'oxygène dissous doit être compris : 5<O₂<8 mgO₂/l

I-7-a. Définition:

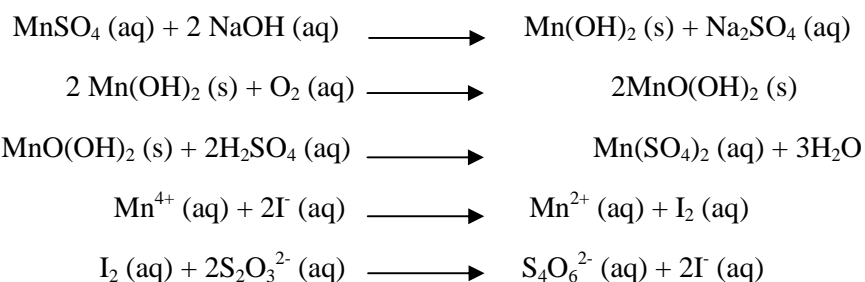
L'oxygène dissous est en fait la quantité d'oxygène présent en solution dans l'eau à une température et pression donné.

La concentration d'oxygène dissous dans eau varie en fonction de la température de l'eau, de l'altitude , de la concentration de la matière organique, la quantité de plantes aquatiques, d'algues et de bactéries présentes dans eau.

I-7-b. Principe:

L'oxygène dissous réagit avec l'hydroxyde de manganèse (II) formé par l'addition de sulfate de manganèse et de l'iodure alcalin. L'hydroxyde de manganèse (MnO(OH)₂) formé, permet après acidification d'oxyder l'iodure de potassium préalablement introduit avec libération d'une quantité équivalente d'iode. L'iode ainsi libéré est dosé à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃).

Les réactions mises en jeu sont :



I-7-c.Mode opératoire:

- On remplit un flacon de 250 ml de l'échantillon sans bulles d'air et on ajoute 2 ml de sulfate de manganèse et 2 ml de l'iodure alcalin (KI + NaOH).
- On agite un peu, on laisse décanter, puis on ajoute 2 ml de l'acide sulfurique concentré, on obtient une solution de couleur brune.



➤ 100 ml de la solution obtenue seront dosés par le thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration.

I-7-d. Expression des résultats:

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

$$N_b = N_a V_a / V_b$$

$$N_b = 1/50 \times T_b / 100$$

$$N_b = 2 \cdot 10^{-4} \cdot T_b \text{ (eq/l)}$$

$$\text{Donc : } N_b = 0,2 \cdot T_b \text{ (meq/l)}$$

$$\text{On a : } [O_2] = N_b / 2$$

$$[O_2] = 0,2 \cdot T_b / 2$$

$$[O_2] = 0,1 \cdot T_b \text{ (mmol/l)}$$

$$\text{Donc : } [O_2] \text{ mg/l} = 0,1 \cdot T_b \times M_o \text{ (avec } M_o = 16 \text{ g/mol)}$$

$$[O_2] = T_b \times 1,6 \text{ (mg/l)}$$

N_a : Normalité de $Na_2S_2O_3$.

V_a : Tombée de burette T_b .

N_b : Normalité d' O_2 .

V_b : Volume de l'échantillon ($V_b = 100 \text{ ml}$).

$$[O_2] = T_b \times 1,6 \text{ (mg/l)}$$

I-8. Dosage des sulfates

D'après la norme marocaine (NM 03.7.001) la concentration doit être inférieure <400 mg/l

I-8-a. Définition:

Les sulfates (SO_4^{2-}) peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels.

il peut être combiné avec le calcium et le magnésium qui forment les composés majeurs de la dureté de l'eau.

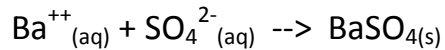
I-8-b. Principe:

les ions sulfates sont précipités dans l'acide chlorhydrique contenant $BaCl_2$ d'une manière qu'il se forme des cristaux du sulfate de baryum ($BaSO_4$) de taille uniforme.



Projet de fin d'études

L'absorbance de la suspension de sulfates de baryum est mesurée par néphélométrie.



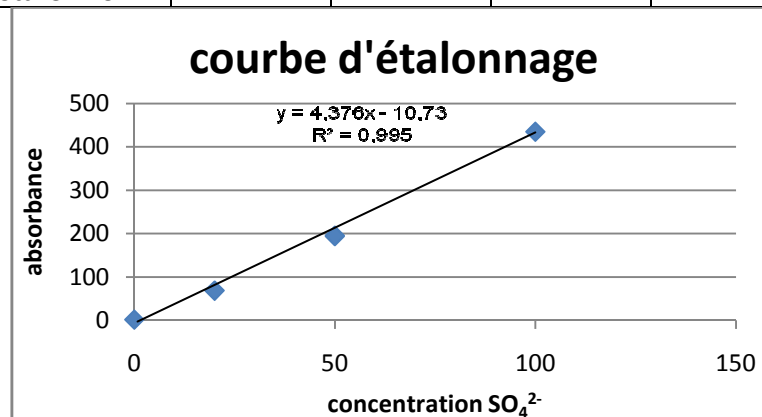
I-8-c. Mode opératoire:

- Mettre 100ml d'eau à analyser dans une erlenmeyer de 250ml ;
- On lui ajoute 5ml d'acide chlorhydrique ;
- On met sous agitation ;
- On ajoute une spatule de cristaux de chlorures de baryum et on agite pendant 1 min;
- Remplir la cellule du turbidimètre est notée les résultats après 30 secondes .

I-8-d. Expression des résultats:

On trace une courbe d'étalonnage à partir des solution étalonnées de SO_4^{2-} , puis en détermine la concentration d' échantillon par une projection sur la courbe d'étalonnage qui donne la concentration en fonction de la Absorbance .

Absorbance	2,11	68,9	195	435
Solution étalonne	0	20	50	100



Courbe d'étalonnage pour le paramètre Sulfates.

II- Jar-test :

II-1. Principe :

La détermination du taux de coagulant-floculant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar-test » qui consiste à mettre des doses différentes de coagulant-floculant dans un rangée des béciers contenant la même eau brute alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse, Après quelques instants, on procède sur

Projet de fin d'études

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.



II-2. Matériels :

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

II-3. Réactifs :

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

II-4. Mode opératoire :

- 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.
- On injecte le coagulant (sulfate d'alumine) à chaque béchere.

Après deux minutes :

- On ajoute aux différents béchers une dose de floculant (poly-électrolyte)
- On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 20 minutes.
 - ⇒ Au début de cette agitation on note l'apparition des floccs, leurs aspects.
- On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanter pendant 30 minutes.
 - ⇒ On note l'estimation de la vitesse de décantation dès la fin de l'agitation lente.
- Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, pour chaque bécher.

- Puis, on filtre le surnageant sur papier filtre et on détermine l'alcalinité(T.A.C).

III- Déstabilisation des colloïdes :

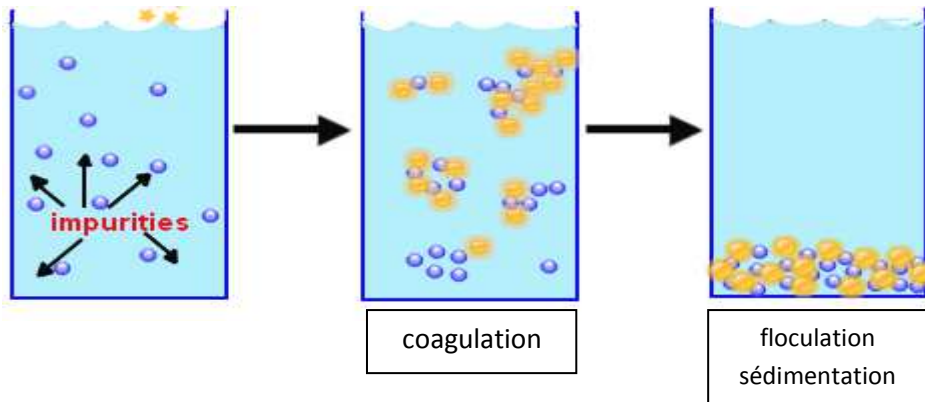
III-1.Coagulation :

Les colloïdes sont des particules de très faible diamètre entre 1 μm à 1 nm avec des charges électroniques négative se qui entrainent des mouvements de répulsion donc une très faible vitesse de sédimentation, 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 qui assure leurs agglomération.

III-2.Floculation:

c'est un processus qui assure le contact entre les colloïdes déstabiliser pour objectif de formation floc qui peuvent êtres éliminer par décantation .



III-3. Nature de coagulant :

- ✓ le Sulfate d'alumine - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

On le trouve sous forme de poudre ou liquide, c'est un sel d'acide, se dissout bien dans l'eau et il est d'utilisation facile en solution ou à l'état sec.

On l'utilise 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 d'un coagulant dépend de plusieurs critères:

- 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.

pour l'ONEE on utilise le sulfate d'alumine comme coagulant car il présente plusieurs avantages tels que:

- 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 grosse particules facile à éliminer par décantation.
- L'élimination de la matière organique naturellement présente dans l'eau.
- Son coût qui est relativement plus bas que les autres coagulants .

IV-Paramètres influençant la coagulation :

IV-1 L'influence de l'agitation

l'expérience montre que le mélange demande une forte agitation pendant un court laps de temps, à la fois pour mélanger le coagulant à l'eau et pour faciliter les réactions chimiques qui constituent la phase initiale de la coagulation .Dans la suite , au contraire, il convient pour faciliter la floculation, d'assurer une agitation contrôlée et plus faible .

IV-2 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.

IV-3 L'influence de la turbidité :

Dans un certain domaine 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 pour favoriser une meilleure décantation.



IV-4. 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 ».



CHAPITRE 3

Etude de l'action du sulfate d'alumine et poly-électrolyte sur l'eau brute



I-Etude de l'effet du coagulant et du floculant.

I-1.Introduction:

Le traitement de l'eau brute par L'ONEE Meknès se fait sur plusieurs étapes. l'étape auquel nous nous sommes intéressés c'est l'amélioration de la turbidité de l'eau. à ce sujet ,ils utilisant deux réactif le sel d'alumine et le poly-électrolyte, à L'ONEE Meknès ils fixent la dose de poly-électrolyte et ajustant par celle d'alumine. cependant il n'arrivent pas à faire l'inverse (faire varié le poly-électrolyte),il ya risque des interactions.

Afin d'évaluer les effets de ces deux réactifs et celle de leur interaction nous avons apte dans ce travail d'utilisé un plan d'expérience .en particulier le plan factoriel complet.

I-2. plan d'expérience :

I-2. a. définition

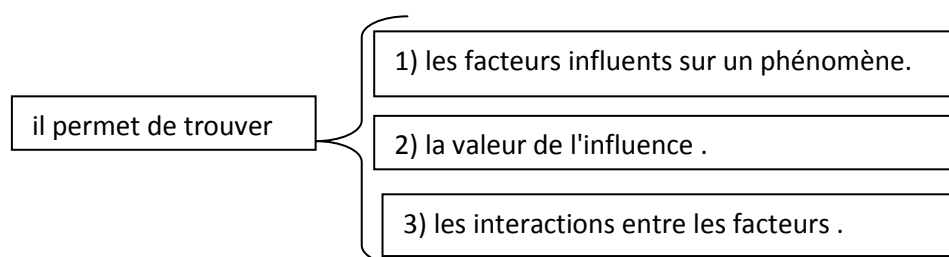
le plan d'expérience une suite ordonnée d'essais d'une expérimentation, chacune permettant d'acquérir de nouvelles connaissances en contrôlant un ou plusieurs paramètres d'entrée pour obtenir des résultats validant.

la construction d'un plan d'expérience se fait comme suit:

il faut juste définir deux niveaux par paramètres. pour un paramètre X quelconque il ya deux niveaux (bas, haut) on note (-,+) ou (-1,+1).

I-1- b. Plans factoriels complets:

ce sont des plans noté 2^k , avec K le nombre de paramètres d'étude, et 2 cprrespond au deux niveaux(- ,+) .le nombre d'expérience qu'il faut faire est égale à 2^k . il faut ajouter quelque essais au centres pour valider statistiquement le modèle mathématique. ce plan permet de traiter plusieurs paramètres en un minium d'essais en détectant les interactions entre les facteurs.



I-2-c. objectif :

l'objectif de notre travail est de déduire la quantité optimale de la consommation de sel d'alumine et poly-électrolyte pour avoir une turbidité conformes aux exigences Normatives (NM 03.7.001) .

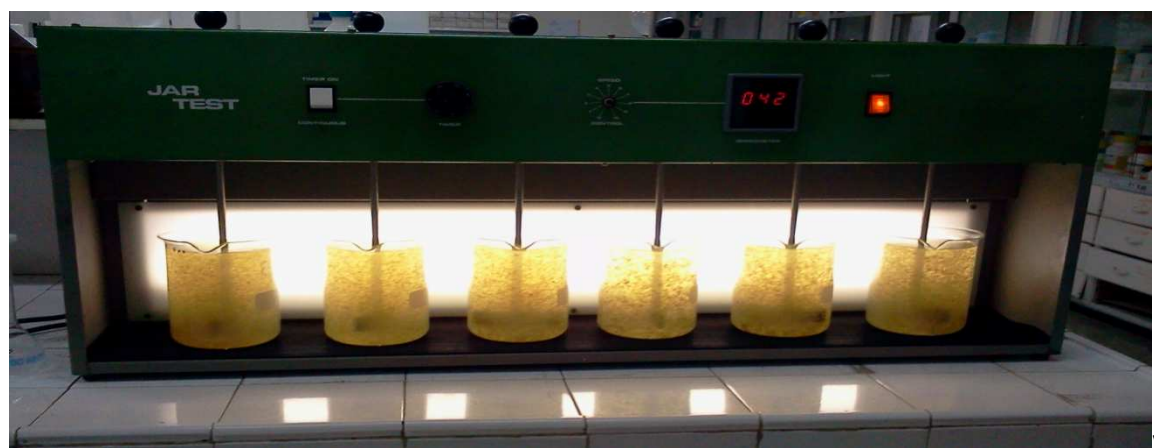
les deux paramètres sont à deux niveaux :

niveau	-	+
Sel d'alumine	20.0 mg/l	30.0 mg/l
Poly-électrolyte	0.50 mg/l	1.00 mg/l

le plan d'expérience est regroupés dans le tableau ci-dessus.

N° EXP	Sel d'alumine.	Polymères
1	20.00 mg/l	0.50 mg/l
2	20.00 mg/l	0.50 mg/l
3	30.00 mg/l	0.50 mg/l
4	30.00 mg/l	0.50 mg/l
5	20.00 mg/l	1.00 mg/l
6	20.00 mg/l	1.00 mg/l
7	30.00 mg/l	1.00 mg/l
8	30.00 mg/l	1.00 mg/l
9	25.00 mg/l	0.75 mg/l
10	25.00 mg/l	0.75 mg/l
11	25.00 mg/l	0.75 mg/l
12	25.00 mg/l	0.75 mg/l

Nous avons utilisé le jar-test pour faire les essais:





I-2-d .Résultats

Dans le tableau ci-dessus on représente les caractéristiques de l'eau brute.

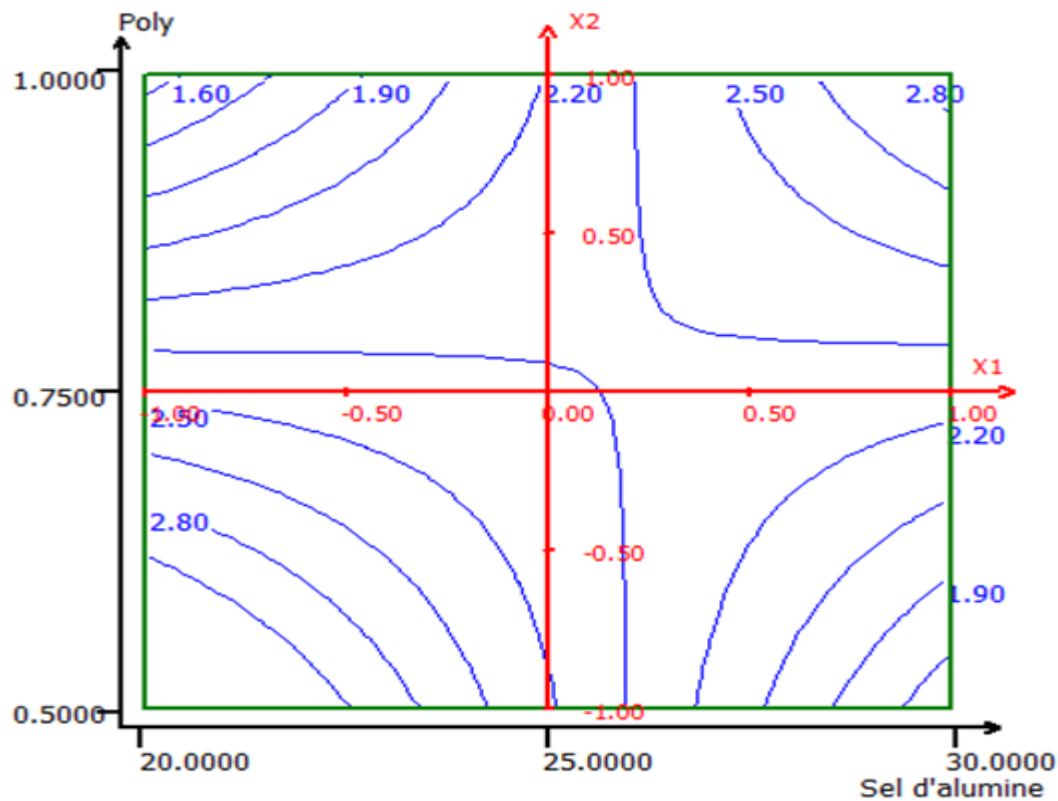
T° eau	T° air	pH	Turbidité NTU	Turbidité filtrer	TA	TAC	conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$
19.5°C	20.5°C	7.2	22.90	3.68	0.00	6.00	980

Nous avons pour chaque essai mesuré la turbidité de l'eau. les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessus

N° EXP	Plan d'expérience		Réponse d'eau décanter après 30 min
	Sel d'alumine.	Polymères	turbidité
1	20.00	0.50	3.16
2	20.00	0.50	3.63
3	30.00	0.50	1.71
4	30.00	0.50	1.56
5	20.00	1.00	1.27
6	20.00	1.00	1.80
7	30.00	1.00	3.11
8	30.00	1.00	2.64
9	25.00	0.75	2.39
10	25.00	0.75	2.64
11	25.00	0.75	1.77
12	25.00	0.75	2.68

Après traitement des résultats de ce plan, nous avons obtenu la surface de réponse ci-dessous .

courbe d'iso-reponse:



courbe d'iso-reponse de la turbidité on fonction de la quantité de sel d'alumine et poly-électrolyte.

Interprétation du courbe.

pour la turbidité, on remarque clairement que:

- plus on augmente la quantité de poly-électrolyte la turbidité diminue.
- de même plus on augmente la quantité du sel d'alumine la turbidité diminue.
- quand on augmente ou bien on diminue les 2 (poly-sel) la turbidité augmente ce qui montre l'effet de l'interactions.

sur les courbes d'iso-reponse on peut obtenir la turbidité pour plusieurs dosage en poly-électrolyte et sel d'alumine.



Conclusion générale

ce stage constitue certainement une étape importante dans le parcours de notre formation professionnelle, il permet d'élargir le champ de nos connaissances théorique est les mettre en application.

Au cours de se traitement nous sommes intéressés de la quantité de sel d'alumine et poly-électrolyte utilisé dans le traitement des eaux pour avoir une turbidité conformes à la normes Marocaine(NM 03.7.001).

A ce sujet nous avons utiliser le plan d'expérience pour organiser les essais .les résultats obtenus nous ont permis d'évaluer l'effet de ces deux réactifs aussi que leurs interactions.

Nous nous avons aussi grâce au courbes d'iso-reponse livrée à L'ONEE Meknès plusieurs solution pour améliorer la turbidité de l'eau.