

Sommaire

Introduction	1
Présentation de l'onep	3
1. Office national de l'eau potable (ONEP)	3
2. Office national de l'eau potable de Fès	3
3. Complexe de production d'oued de Sebou	4
4. Laboratoire régional de Fès	4
5. Moyens et matériels	4
Partie I : description du procédé du traitement	5
I. Procédés de traitement de l'eau à l'onep	6
1. Procédés de traitement	6
a) Procédés physiques	6
b) Procédés chimiques	6
c) Procédés physico-chimiques	7
1. Etude et choix d'une filière de traitement	7
2. Filière de traitement proposée	8
3. Chaîne de traitement	9
a) Station de prétraitement et de pompage d'Oued Sebou	9
b) Station de traitement Ain Noukbi	10
Partie II : contrôle de la qualité de l'eau	13
I. Méthodes d'analyses	14
1. Analyses physico-chimiques	14
a) Température	14
b) pH	14
c) Conductivité	14
d) Turbidité	15
2. Analyses chimiques	15
a) Détermination de l'alcalinité : dosage de TA et TAC	15

b) Dureté de l'eau	16
c) Oxydabilité (méthode en milieu acide à chaud).....	17
3. Analyses bactériologiques.....	18
Partie III : Essai de floculation (Jar-test)	19
I. Chlore	20
1. Introduction	20
2. Demande en chlore.....	22
a) Principe	22
b) Mode opératoire	22
c) Expression des résultats	22
d) Interprétation	22
e) Détermination de Break point.....	23
II. Procédure des essais de floculation.....	25
1. Définition	25
2. Objectif.....	25
3. Description de la procédure.....	25
a) Matériel utilisé en expérience	25
b) Réactifs	26
c) Mode opératoire	26
d) Critères de choix du meilleur bécher	29
4. Résultats des essais de floculation	29
a) Essai 1	30
b) Essai 2	31
c) Essai 3	32
a) Essai 4	33
b) Essai 5	34
c) Comparaison entre l'essai 3 et l'essai 5	35
d) Conclusion des résultats.....	35
Conclusion	37
Annexe :.....	38

INTRODUCTION

L'Eau est une substance indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes, tous ont besoin de leur ration quotidienne d'eau.

Mais l'eau est également une ressource essentielle au développement des sociétés humaines .Celles-ci se sont d'ailleurs fixées de tout temps au bord des cours d'eau comme l'atteste l'implantation de la très grande majorité des centres urbaines. Grâce à ses propriétés exceptionnelles, l'eau est en effet nécessaire à toutes les activités humaines, ou quasiment.

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire, même une eau d'apparence limpide peut transporter en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies.

Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Des normes ont été établies fixant 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.

L'expérience permet à la fois d'améliorer les connaissances pratiques d'un individu, et tester ses informations théoriques. Certes, mon stage qui s'est déroulé pendant un mois et

demi dans la station de traitement de l'eau de Oued de Sebou m'a permis d'acquérir cette expérience.

Le présent rapport est organisé de la façon suivante :

- Dans la première partie on donne un bref aperçu sur la station de prétraitement et de traitement de l'eau potable d'Oued Sebou ;
- La deuxième partie est consacrée à décrire les analyses effectuées au sein du laboratoire pour assurer la surveillance du réseau d'approvisionnement en eau potable : analyses des paramètres organoleptiques, mesure des paramètres physico-chimiques ou bactériologiques ;
- Dans la dernière partie on s'intéresse à étudier la coagulation suivie de la floculation réalisées dans une installation appelée **Jar-Test** où on procède à optimiser certains de ses paramètres à savoir : la quantité du coagulant, la quantité du flocculant, la vitesse d'agitation...

PRESENTATION DE L'ONEP

1. OFFICE NATIONAL DE L'EAU POTABLE (ONEP)

L'ONEP (Office nationale de l'eau potable) crée en 1972, est un établissement à caractère commercial et industriel, doté de la personnalité et de l'autonomie financière depuis 1995, placé sur la tutelle du ministère des travaux publics et soumis au contrôle du ministère des finances.

L'Office national de l'eau potable est chargé de :

- **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 production et de distribution ;
- **Gérer** la production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent ;
- **Contrôler** la qualité des eaux produites et distribuées ainsi que 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, projets de textes législatifs et réglementation nécessaires à l'accomplissement de ses missions avec les ministères intéressés.

Pour les contrôles, L'ONEP dispose d'un laboratoire central à rabat et de 43 laboratoires répartis sur l'ensemble du royaume.

2. OFFICE NATIONAL DE L'EAU POTABLE DE FES

L'alimentation en eau potable de la ville de Fès est assurée par L'ONEP et la RADEEF, alors que la distribution est assurée totalement par la RADEEF.

La production en eau potable que recouvre L'ONEP est de 40 % de la production actuelle de la ville de Fès et les ressources qu'elle utilise sont :

- Ressources souterraines et qui sont principalement les forages situés dans la plaine de SAIS.
- Ressources superficielles est qui sont les eaux d'Oued SEBOU.

3. COMPLEXE DE PRODUCTION D'OUED DE SEBOU

Ce complexe comporte deux stations :

- **Station de prétraitement** : située à Sebou, sa mise en œuvre remonte à 1989, elle a pour rôle l'extraction de l'eau brute et diminuer son taux de matière en suspension jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l et de la refouler jusqu'à la station de traitement.
- **Station de traitement** : située à Ain Noukbi, est édifiée le 19 Mars 1987. La station assure :
 - Le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement selon une série d'étapes ;
 - Le contrôle de la qualité des eaux traitées (dans le laboratoire régional);
 - Refoulement des eaux vers le réservoir BAB HAMERA.

4. LABORATOIRE REGIONAL DE FES

Le laboratoire régional de Fès procède dans le cadre du contrôle des eaux potables à certains types d'analyses définis par la norme marocaine, selon la nature du point d'eau à contrôler. Ces analyses comprennent les paramètres organoleptiques, bactériologiques ainsi que physico-chimiques. En plus de ces analyses normalisées, le laboratoire assure la surveillance du réseau d'approvisionnement en eau potable, de la prise d'eau brute jusqu'aux points de livraison aux consommateurs en passant par les ouvrages et les produits de traitement.

5. MOYENS ET MATERIELS

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres, ces analyses sont réalisées sur des échantillons d'eaux traitées, brutes, produits de traitement, etc....

Le laboratoire dispose de 5 salles :

- Deux salles pour les analyses chimiques (absorption moléculaire et atomique) ;
- Une salle pour les analyses physico-chimiques ;
- Une salle pour les analyses bactériologiques ;
- Une laverie pour le nettoyage et la stérilisation du matériel.

PARTIE I : DESCRIPTION DU PROCEDE DU TRAITEMENT

I. PROCEDES DE TRAITEMENT DE L'EAU A L'ONEP



Figure 1 : Vue générale de la station Ain Noukbi

1. PROCEDES DE TRAITEMENT

Les techniques de traitement des eaux diffèrent selon l'origine de l'eau à traiter :

- Eau de surface ;
- Eau souterraine ;
- Eau de mer.

Mais d'une manière générale, ces différents types d'eau se regroupent sous trois grands types de traitement :

a) PROCEDES PHYSIQUES

Pour éliminer les éléments solides en suspension dans l'eau brute ou formés au cours de traitement :

- Aération ;
- Décantation ;
- Filtration.

b) PROCEDES CHIMIQUES

Pour transformer les éléments en solution dans l'eau en des corps solubles inoffensifs ou des corps insolubles qui précipitent :

- Oxydation (chlore ou dérivés, KMnO_4 ,...);
- Modification du PH (soude, acide sulfurique, acide chlorhydrique,...).

c) PROCÉDES PHYSICO-CHIMIQUES

- Coagulation (sulfate d'alumine, chlorure ferrique,...);
- Floculation (Algate, poly-électrolytes anionique,...);
- Déferrisation-démanganisation.

1. ETUDE ET CHOIX D'UNE FILIERE DE TRAITEMENT

La filière de traitement dépend de la qualité de l'eau. Cependant, on peut citer quelques points particuliers qui peuvent tracer une ligne de traitement et qui sont comme suit :

- ❖ **Matières organiques** : une teneur élevée en matière organique prévoit une pré-chloration ;
- ❖ **Matière en suspension** : le choix des bons ouvrages dans la station de traitement dépend de la teneur de l'eau en MES ;
- ❖ **Sable** : élément endommageant les roues et les pompes donc un dessablage est nécessaire ;
- ❖ **Pollution bactérienne** : une désinfection est prévue en fin de traitement pour pallier le risque d'une pollution bactérienne ;
- ❖ **Élément de traces métalliques** : principalement éliminés par la pré-chloration ou la clarification. Au cas où la nécessité se présente, un oxydant fort est à prévoir pour oxyder ces éléments.
- ❖ **Mauvais goûts** : pour l'éliminer il faut un traitement au charbon actif.

L'eau produite doit répondre aux exigences de la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine (03.7.001).

(Voir annexe)

2. FILIERE DE TRAITEMENT PROPOSEE

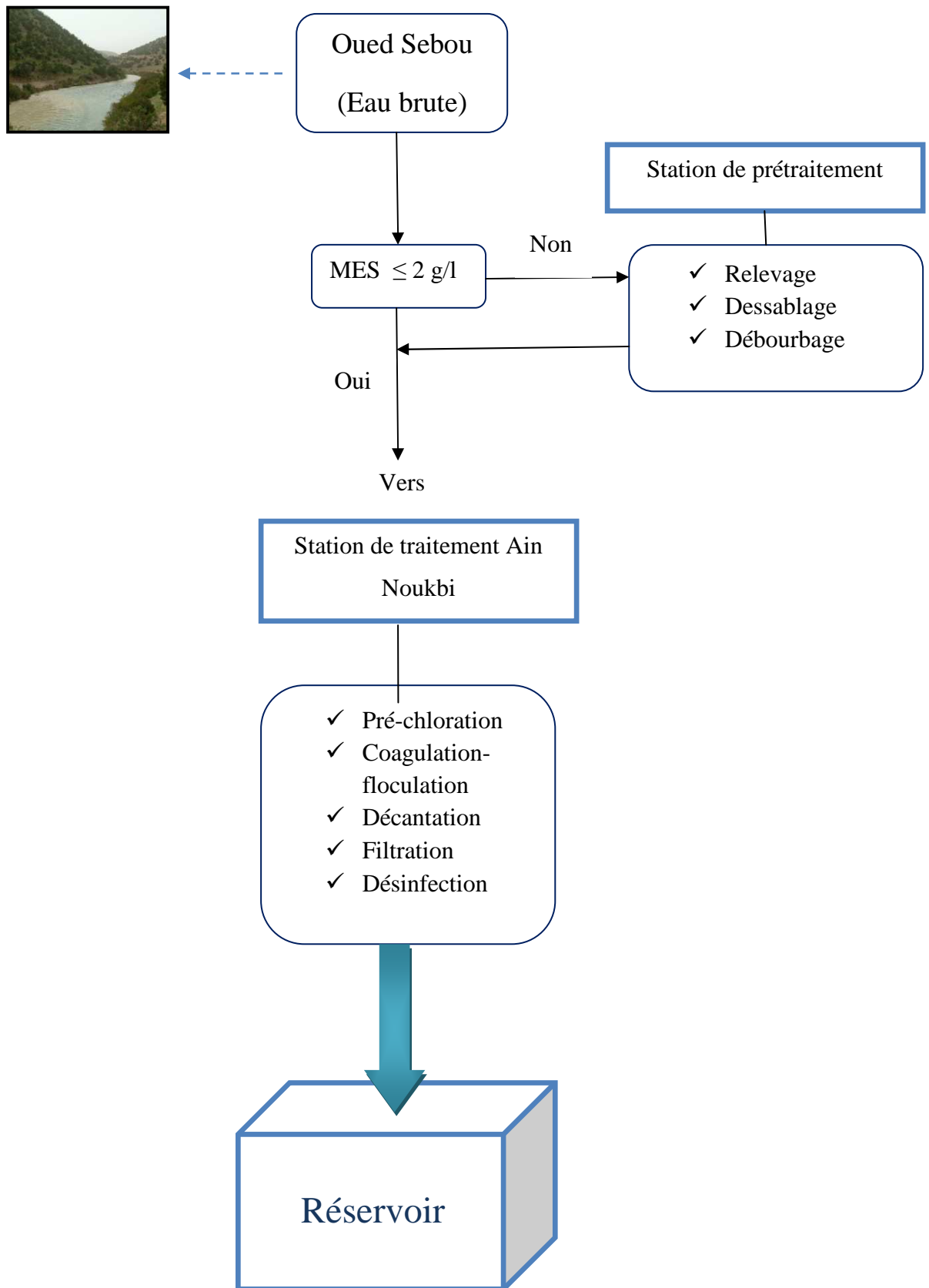


Figure 2 : Filière de traitement des eaux de surface

3. CHAÎNE DE TRAITEMENT

a) STATION DE PRÉTRAITEMENT ET DE POMPAGE D'OUED SEBOU

Le rôle de la station de prétraitement est de diminuer la charge d'eau brute en matière en suspension à une valeur inférieure à 2 g/l, selon un certain nombre d'opérations :

i. Dégrillage

Situé généralement en amont de la filière de traitement. Le dégrillage est destiné à retenir les matières volumineuses et déchets de toutes sortes contenus dans l'eau, il permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement.



Figure 3 : Dégrilleur

ii. Relevage

Cette opération s'effectue grâce à des vis d'Archimède, un moyen de relevage particulièrement efficace, fiable et robuste qui permet le pompage de l'eau vers les dessableurs.

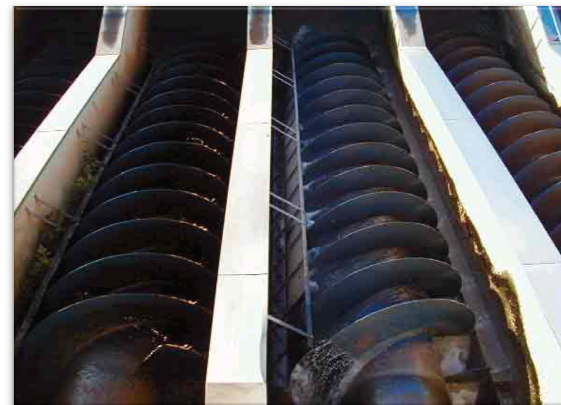


Figure 4 : Vis d'Archimède

iii. Dessablage

Un prétraitement purement physique débarrasse les eaux brutes des sables et des graviers pour éviter les dépôts dans les canalisations et protéger les pompes. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé dessableur entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage.



Figure 5 : Dessableur

iv. Mélangeurs

Le surnagent des dessableurs passe dans le mélangeur, composé de 2 bacs, ce dernier assure d'une part le mélange réactif (polyélectrolyte)-eau brute, et d'autre part la répartition de l'eau dans le débourbeur.

v. Débourbage

Dernier prétraitement consiste à éliminer la boue par une décantation préliminaire dans les débourbeurs.



Figure 6 : Débourseur

b) STATION DE TRAITEMENT AIN NOUKBI

Afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine, la station de traitement assure l'élimination de la turbidité, la pollution chimique et microbiologique par une série d'étapes :

i. Pré-chloration

La première étape de clarification, cette étape a pour but d'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute, en effet, ils pourraient poser des problèmes de coloration de l'eau. La pré-chloration a aussi pour rôle d'améliorer la décantation ainsi que d'inhiber la croissance algale. Le chlore est injecté par une pompe à la rentrée de la station.

ii. Coagulation – Flocculation

Introduction

C'est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau utilisé pour le traitement des eaux. La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Le processus de coagulation – flocculation facilite l'élimination des solides en suspension et des parties colloïdales.

Définition de l'état colloïdale

De telles particules, ayant un diamètre très faible compris entre 1 μm et 1 nm, et étant chargées électronégativement (ce qui engendre une répulsion inter-colloïdale) ont une vitesse de sédimentation extrêmement faible. La coagulation consiste à les déstabiliser en éliminant la charge électrostatique de manière à ensuite favoriser leur rencontre. Leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'absorption des ions présents dans l'eau, ce phénomène

permet d'expliquer la présence de charge électrique à leur surface, ces dernières engendrent des forces de répulsion inter-colloïdales. C'est pourquoi les colloïdes sont si stables lors de leur mise en solution.

Types de colloïdes

Les colloïdes hydrophiles : ces colloïdes sont responsables de la coloration des eaux et sont en générale de nature organique. Ils présentent des groupements de type $R-NH_2$, $R-OH$ entre autre. Ces groupements électronégatifs vont créer des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. Cette couche s'oppose au rapprochement et va être un facteur stabilisant.

Les colloïdes hydrophobes : ils sont en général de nature minérale, leurs surfaces sont constituées de charge négative qui engendre une répulsion mutuelle rendant impossible toute agglomération.

Elimination des colloïdes

Pour éliminer les colloïdes présents dans une eau, il faut réaliser une **coagulation** des particules en introduisant un **coagulant** qui éliminera les charges électrostatiques de manière à permettre la rencontre et l'accumulation des colloïdes.

La coagulation-floculation permet donc de pallier à ce problème :

- L'adjonction de coagulant ainsi qu'une agitation rapide du volume à traiter, supprime les répulsions inter-colloïdales et permet aux colloïdes de se rencontrer : c'est la coagulation.
- L'adjonction de floculant ainsi qu'une agitation lente provoque l'agglomération des colloïdes se transformant dès lors en une masse suffisante permettant la sédimentation des particules déstabilisées appelées **Flocs** : c'est la floculation

Amélioration de l'opération

Les facteurs qui peuvent améliorer la coagulation-floculation sont le gradient de vitesse, le temps et le pH. Le temps et le gradient de vitesse sont importants pour augmenter la probabilité de chocs entre les particules.

Produits chimiques utilisés

La station de traitement Ain Noukbi utilise :

- Sulfate d'alumine : $(Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O)$ comme coagulant ;
- Polyélectrolyte : polymère ionique comme floculant.

iii. Décantation

Après la formation des floccs et après l'étape de floculation, l'eau passe à l'étape de décantation dans un décanteur. Lors de cette opération, les particules dont la densité est supérieure à l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur, ce sont ces particules qui seront éliminées au fond du bassin périodiquement.



Figure 7 : Décanteur

iv. Filtration

Elle a pour but d'éliminer les dernières matières en suspension, pour cela on utilise un système de filtre à sable d'une hauteur de 0.95 m et d'une porosité de 0.85 mm. L'eau passe à travers le lit de sable et se débarrasse des floccs non éliminés par la décantation.

Pour que le filtre nous donne de bons résultats, il faut extraire tous les floccs qu'il a arrêté par un lavage complet, effectué toutes les 48 h.

L'efficacité de la filtration est contrôlée par la mesure de la turbidité par l'intermédiaire d'un turbidimètre.



Figure 8 : Bassin de filtration



Figure 9 : Bassin de récupération de l'eau filtré

v. Désinfection

La désinfection permet de diminuer le nombre de maladies prévenantes de l'eau en désactivant ou éliminant les microorganismes pathogènes par l'utilisation d'un **désinfectant** (chlore, ozone, les UV,...). Tous les désinfectants ont des avantages et des inconvénients et peuvent être utilisés suivant certaines conditions.

PARTIE II : CONTROLE DE LA QUALITE DE L'EAU

I. METHODES D'ANALYSES

1. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

a) TEMPERATURE

La mesure de la température doit être faite sur place au moment de prélèvement à l'aide soit d'un thermomètre soit d'une sonde. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement une sonde de température intégrée.

La température agit sur la conductivité et le pH, elle influe sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz, les réactions chimiques,...

b) pH

Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène libre (H^+) contenus dans la substance. L'acidité est un des paramètres les plus importants des propriétés de l'eau. L'eau est un solvant pour presque tous les ions et le pH permet de comparer les ions les plus solubles dans l'eau.

$$pH = - \log [H^+]$$

La mesure du pH d'une eau se fait par mesure potentiométrique à l'aide d'un pH – mètre.

Le classement des eaux selon leur pH est résumé dans le tableau suivant :

pH < 5	Acidité forte \Longrightarrow Présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée \Longrightarrow majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau 1 : Classification des eaux d'après leur pH

c) CONDUCTIVITE

Elle traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, elle est directement proportionnelles à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau, ainsi elle permet d'avoir une idée sur la salinité d'une eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux soit une salinité élevée.

- L'unité de la conductivité est le Siemens par centimètre ;
- L'appareil de mesure est le conductimètre.

d) TURBIDITE

La turbidité désigne l'état d'un fluide trouble, opaque à la lumière et / ou la teneur des matières en suspension qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Son principe est basé sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée par l'échantillon à celle de référence dans les mêmes conditions (longueur d'onde, angle entre le rayon incident et le rayon diffracté).

La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre, elle est exprimée en NTU (nephelometric turbidity unit).

- La turbidité de l'eau traitée est en général inférieure à 1 NTU (valeur maximale recommandée par les normes marocaines). La station de traitement Ain Noukbi vise à produire une eau traitée qui a une turbidité < 0.5 NTU ;
- Les valeurs de turbidité d'eau filtrée doivent être < 0.5 NTU sinon le filtre nécessite un lavage ;
- La turbidité d'eau décantée doit être < 5 NTU sinon les décanteurs nécessitent une purge de boue qui se trouve au fond.

2. ANALYSES CHIMIQUES

a) DETERMINATION DE L'ALCALINITE : DOSAGE DE TA ET TAC

L'alcalinité mesure les concentrations d'ions de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde. L'alcalinité est la mesure du pouvoir tampon d'une eau, c'est-à-dire de sa capacité à un accroissement ou à un abaissement du pH.

i. TA : titre alcalimétrique :

Mesure la teneur de l'eau en hydroxydes et la moitié de la teneur en carbonate.

$$\text{TA (méq/l)} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

ii. TAC : titre alcalimétrique complet :

Correspond à la teneur de l'eau en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates.

$$\text{TAC (méq/l)} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

iii. Mode opératoire :

On introduit 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, puis on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine :

- S'il ya apparition d'une coloration rose, c'est-à-dire que le $\text{pH} > 8.3$, on passe au dosage avec HCl jusqu'à la décoloration, on note le volume versé. Cette décoloration de la solution correspond à la neutralisation des ions OH^- et la transformation de la moitié des ions CO_3^{2-} en HCO_3^- .
- Au cas où la coloration n'apparaît pas, le $\text{pH} < 8.3$, donc TA est nul.

Dans les mêmes conditions ayant servi pour la détermination de TA, on détermine la TAC. On ajoute alors l'hélianthine, et on titre par HCl (N/10) jusqu'au virage du jaune au jaune-orange de la solution.

iv. Expressions des résultats

Détermination du TA : $\text{TA (még/l)} = V \text{ (ml) versé ;}$

Détermination du TAC : $\text{TAC (még/l)} = V' \text{ (ml) versé.}$

Avec :

V : volume de HCl versé pour la détermination de TA ;

V' : volume de HCl versé pour la détermination de TAC.

b) DURETE DE L'EAU

On mesure le titre hydrotimétrique **TH**, il est du aux ions bivalents surtout Ca^{2+} , Mg^{2+} , libres ou associés.

On désigne par :

- TH : totalité des sels de calcium et magnésium ;
- TH calcique : totalité des sels de calcium ;
- TH magnésien : totalité des sels de magnésium.

i. Mode opératoire

Le titre hydrotimétrique total est déterminé par un dosage complexométrique par l'**EDTA** (acide éthylène diamine tétra acétique) en présence du noir d'eriochrome et une solution tampon ammoniacale ($\text{pH} = 10$). L'équivalence de ce dosage est marquée par le virage violet- bleu foncé.

On utilise le calcon comme indicateur pour le dosage du calcium et une solution tampon de soude (pH = 12).

ii. Expressions des résultats

TH total (méq/l) = V (ml) versé \times 0.4

TH calcique (mg/l) = V' (ml) versé \times 8

TH magnésien (mg/l) = (V-V') \times 12.16

Puisque **TH total = TH Ca²⁺ + TH Mg²⁺**

Avec :

V : volume d'EDTA versé pour déterminer la dureté totale ;

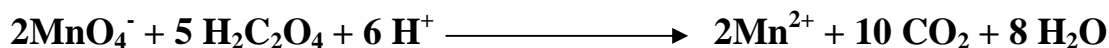
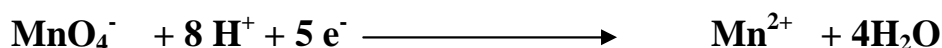
V' : volume d'EDTA versé pour déterminer la dureté calcique.

c) OXYDABILITE (METHODE EN MILIEU ACIDE A CHAUD)

L'oxydation chimique des matières organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud, ce test conventionnel permet de déterminer la teneur en matière organique en même temps que d'autres substances oxydables.

i. Principe

Les matières oxydables contenues dans l'eau à analyser sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide à chaud pendant 13 min, ensuite le KMnO₄ est réduit par l'acide oxalique en excès, et on effectue un dosage en retour de cet excès par le KMnO₄ selon les réactions suivantes :



ii. Mode opératoire

On porte à ébullition 100 ml d'eau additionnée de 2 ml d'acide sulfurique de 95 à 97 % et on ajoute 10 ml de permanganate de potassium N/100 ensuite l'ébullition est maintenue pendant 13 min.

On refroidit rapidement et on fait la réduction des ions MnO_4^- en Mn^{2+} par une solution de l'acide oxalique N/100, on procède ensuite à un titrage de l'excès de l'acide par le permanganate de potassium N/100.

iii. Expression de résultats

La quantité d'oxygène nécessaire est donnée par l'expression :

$$T_B \times 0.8 \text{ en mg/l}$$

Avec : T_B est la tombée de burette exprimée en ml (volume de permanganate de potassium versé).

- La quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'eau traitée est inférieure à celle de l'eau brute ce qui explique que la matière oxydable s'oxyde pendant l'étape de pré-chloration ;
- L'oxydabilité doit être inférieure à 2 mg/l pour une eau destinée à l'alimentation humaine ce qui est le cas pour l'eau produite au niveau de la station de traitement Ain Noukbi.

3. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

L'eau doit être exempte de bactéries et de virus pathogènes. Elle ne doit pas non plus contenir des germes de contamination car ceux-ci, bien qu'inoffensifs, signalent la présence de germes pathogènes. Les traitements de clarification et de désinfection permettent de les éliminer efficacement. La contamination de l'eau provient des déjections animales, ou bien elle peut être provoquée par les milieux naturels.

La présence dans l'eau de germes pathogènes est très difficile à détecter. On se contente de rechercher des germes non-toxiques, tels que la bactérie *Escherichia coli*, bien plus facile à détecter, et qui accompagnent toujours des germes pathogènes d'origine fécale.

L'eau ne doit pas contenir de salmonelles, de staphylocoques, de bactériophages fécaux, coliformes et streptocoques fécaux.

PARTIE III : ESSAI DE FLOCCULATION (JAR-TEST)

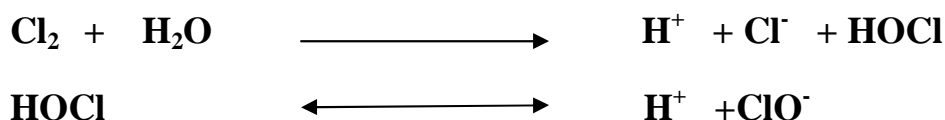
I. CHLORE

Avant d'étudier l'essai de floculation il faut déterminer la quantité de chlore à utiliser au cours de l'opération.

1. INTRODUCTION

Le chlore est un désinfectant puissant utilisé pour le traitement de l'eau potable, à la station Ain Noukbi, il est employé essentiellement sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau de javel). Doté d'un pouvoir oxydant très important, il est de plus rémanent.

Dans l'eau, le chlore libre se trouve sous trois formes d'états en équilibre : l'acide hypochloreux (HOCl), l'ion hypochlorite (ClO⁻) et l'ion chlorure (Cl⁻)



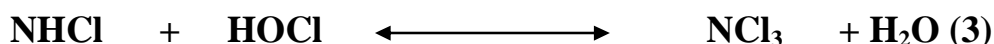
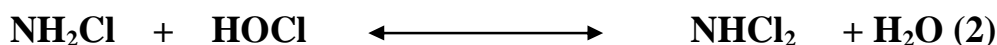
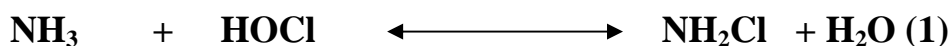
Les concentrations respectives de ces trois formes dépendent du pH et de la température.

C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actif dans le mécanisme de la désinfection (l'ion hypochlorite est peu oxydant et peu bactéricide), c'est pourquoi il est aussi appelé **chlore actif**, il est majoritaire en milieu acide.

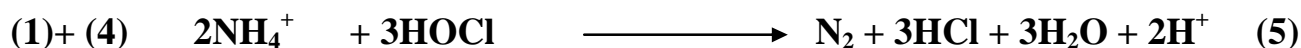
Le chlore permet d'éliminer l'ammoniaque et les matières organiques en excès dans l'eau destinée à la production d'eau potable.

Au cours de ces réactions, on a formation de chlore combiné comprenant les trihalométhane et les chloramines.

Suivant la quantité du chlore et le pH on aura la production du : NH₂Cl : monochloramines / NHCl₂ : dichloramines / NCl₃ : trichloramines.



A pH supérieur à 7 (cas de la plus part des eaux naturelles), il se forme presque uniquement de la chloramine. Lorsque la réaction (1) est terminée, un excès de chlore la détruit :

$$2 \text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \longrightarrow \text{N}_2 + 3\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \quad (4)$$


Lorsque la réaction (5) est terminée, le chlore ajouté en excès se trouve sous forme de chlore libre ($\text{HOCl} + \text{ClO}^-$) ; pour un temps de contact de 30 min, le tracé de la courbe de chlore résiduel (chloramines + chlore libre), en fonction de la dose de chlore introduite, donne une courbe caractéristique représentée sur la figure ci-dessous, sur laquelle on reconnaît :

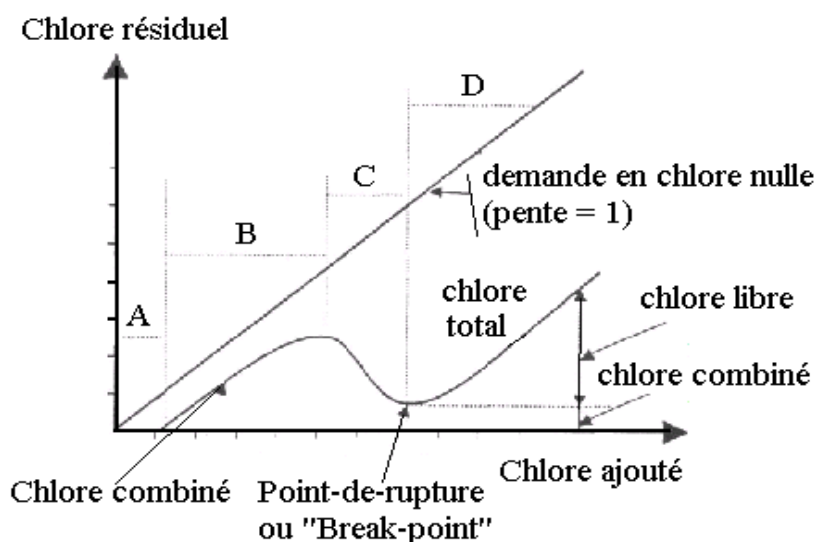


Figure 10 : courbe de la demande en chlore (break-point)

A : destruction du chlore par les composés minéraux ;

B : formation de composés chlorés organiques et de chloramines, réduction des monochloramines et des dichloramines, formation puis réduction des trichloramines ; Break-point, les monochloramines, dichloramines et trichloramines sont quasi disparues ;

C : destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire ;

D : production de chlore actif. Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux mais il reste un résiduel de trichloramines.

Eau sans ammoniacque

Lorsque l'on ajoute du chlore en quantités croissantes à l'eau et que l'on mesure après un temps de contact le chlore résiduel total et le chlore libre, on constate que la

teneur en chlore est nulle jusqu'à un certain taux de chlore injecté, à partir duquel le chlore résiduel total est décelé. Cette consommation de chlore représente la demande en chlore de l'eau. Ensuite, la teneur en chlore résiduel total augmente proportionnellement avec le taux de chloration.

2. DEMANDE EN CHLORE



Détermination du degré chlorométrique d'eau de javel (Na Cl, NaOCl)

a) PRINCIPE

En milieu acide, l'hypochlorite ClO^- se décompose en dégageant du chlore qui oxyde les ions d'iodure de potassium. L'iode libéré est dosé par une solution titrée de thiosulfate de sodium. Le dosage de la solution d'eau de javel mère se fait par iodométrie.

b) MODE OPERATOIRE

On introduit successivement dans un erlenmeyer 1 ml d'eau de javel à titrer, 10 ml de solution d'iodure de potassium à 10% et 10 ml de solution d'acide acétique à 9N : coloration brune de I_2 . On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium N/10 jusqu'à décoloration.

c) EXPRESSION DES RESULTATS

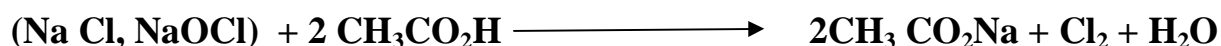
La tombée de la burette (T_b) représente le volume (en ml) de thiosulfate de sodium N/10 versé au point d'équivalence. Le titre de l'eau de javel est donné par la relation suivante :

$$T_b \times 3.55 \text{ (g / l)}$$

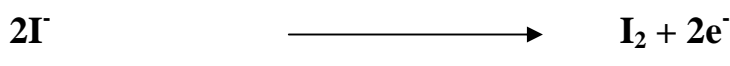
$$T_b \times 1.12 \text{ (°F)}$$

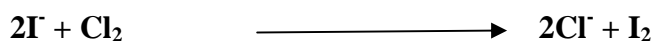
d) INTERPRETATION

L'eau de javel formée essentiellement de chlore réagit avec l'acide acétique selon la réaction suivante :

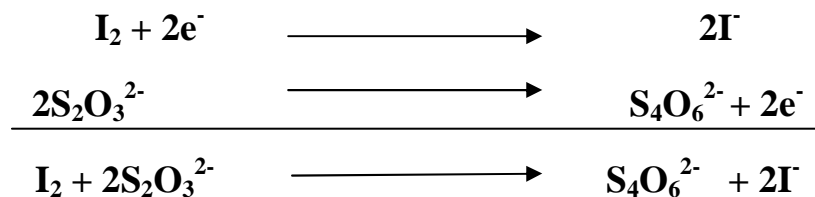


Les équations d'oxydo-réduction sont les suivantes :





L'équation du dosage est la suivante :



e) DETERMINATION DE BREAK POINT

i. Définition

Le point optimal (break point) est la dose du chlore pour laquelle il ne subsiste plus de composés d'addition chlorés dans l'eau. Le plus souvent ces composés sont responsables de dégagement de mauvaise odeur. Break point est la dose du chlore pour laquelle les odeurs sont minimums et chloramines disparaissent.

ii. Mode opératoire

- ❖ On diluera la solution d'hypochlorite ou l'eau de javel, pour laquelle on a mesuré le degré chlorométrique, avec de l'eau distillée de façon à avoir une solution à 0.1 g/l ;
- ❖ On prépare 12 flacons en verre opaque de volume 250 ml, on introduit dans chacun 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute des quantités connues de la solution chlorée, croissante de flacon en flacon, de façon à avoir des concentrations précis en chlore actif (voir tableau 2).
- ❖ On laisse les flacons à l'obscurité.
- ❖ Au bout de 30 min exactement on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction de réactif DPD : comprimé de mesure du chlore libre.

iii. Résultats

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl ₂ injecté en mg/l	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
Cl ₂ résiduel en mg/l (Echantillon 1)	0.1	0.5	1	1.4	1.8	2	1.8	2	2.2	2.5	3	4
Cl ₂ résiduel en mg/l (Echantillon 2)	0.1	0.5	0.8	1.3	2	1.25	0.8	1	1.25	1.5	1.75	1.75
Cl ₂ résiduel en mg/l (Echantillon 3/4/5)	0	0.1	0.1	0.2	0.3	1.2	1.8	1.4	2.5	3	3.5	4

Tableau 2 : les résultats des demandes de chlore effectuées sur différents échantillons

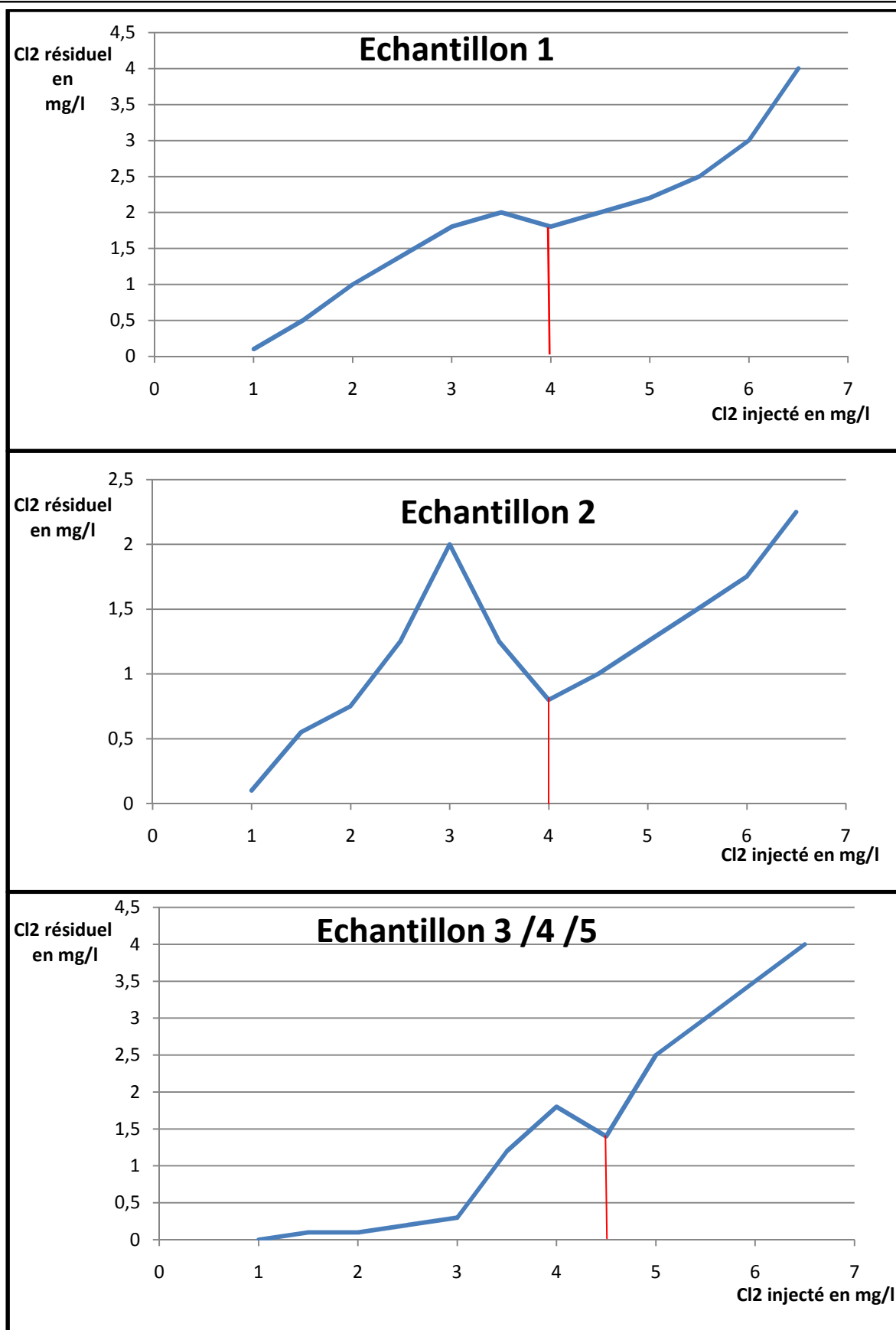


Figure 11 : Les courbes des demandes de chlore effectuées

iv. Interprétation

Les quantités de chlore qu'on va ajouter à l'étape de préchloration correspond au break-point :

Echantillon 1 : 4 mg/l

Echantillon 2 : 4 mg/l

Echantillon 3 / 4 / 5 : 4.5 mg/l (les 3 échantillons appartiennent au même prélèvement)

II. PROCEDURE DES ESSAIS DE FLOCCULATION

1. DEFINITION

L'essai consiste à rechercher au laboratoire les conditions optimales de floculation et de décantation par la détermination des doses de réactifs (coagulant, floculant, réactifs de correction de pH...) en préparant une série de 6 béchers de 1 L d'eau à floculer selon le protocole bien connu de **Jar Test** et qui sont agités de façon identique.

2. OBJECTIF

L'essai a pour but de déterminer la nature et les doses probables du ou (des) réactif(s) permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement. L'opération doit être réalisée le plutôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possédera effectivement l'eau au cours de son traitement dans la station.

3. DESCRIPTION DE LA PROCEDURE

Le procédé consiste à suivre les étapes suivantes :

- ✓ Préchloration par le chlore au Break-point/la demande en chlore ;
- ✓ Essai au sulfate d'alumine ;
- ✓ Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de floculation : le polyélectrolyte ;
- ✓ Utilisation d'autres réactifs d'amélioration et de correction tels que l'acide sulfurique (correction de pH).

a) *MATERIEL UTILISE EN EXPERIENCE*

Le matériel utilisé pour réaliser ce procédé :

- Un flocculateur de laboratoire avec 6 agitateurs à hélice entraînés par un moteur électrique à vitesse variable en continu ;
- 6 béchers pouvant contenir chacun 1 L d'eau à analyser ;

- Verrerie de laboratoire
- Papier-filtre bande blanche.

b) REACTIFS

- Solution d'eau de javel 1g/l (préparée à partir de la solution mère d'eau de javel de concentration connue), qu'on ajoute dans les béchers ;
- Solution de sulfate d'alumine : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ comme coagulant de concentration 10 g/l ;
- Solution de polyélectrolyte comme flocculant de concentration 0.1 g/l ;
- Solution d'acide sulfurique en cas d'acidification.

c) MODE OPERATOIRE

On doit d'abord chercher des paramètres pour l'eau brute à analyser :

- ✓ pH ;
- ✓ L'alcalinité TA et TAC ;
- ✓ L'oxydabilité ;
- ✓ La température de l'eau au moment de l'opération ;
- ✓ La turbidité de l'eau et la turbidité colloïdale (eau brute filtrée directement sur papier-filtre) ;
- ✓ La demande en chlore de l'eau à traiter.

Ces analyses donnent une idée sur les réactifs à employer, et leur efficacité par comparaison avec les résultats obtenues après traitement.

- ↳ Dans chaque bécher on verse 1 L d'eau brute et on les place sur le banc de floculation ;
- ↳ On ajoute aux béchers la dose de l'eau de javel déjà déterminée d'après la courbe de demande de chlore ;
- ↳ En mettant en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min, on ajoute rapidement des quantités croissantes du coagulant et on laisse agiter pendant 2 min ;
- ↳ Ensuite on ajoute le polyélectrolyte en diminuant la vitesse d'agitation à 40tr/min pendant 20 min ;



Figure 12 : Dispositif expérimental de l'essai de floculation (Jar-test)

Après l'agitation lente on note l'aspect des flocons formés pour chaque bécher :

- 0 - pas de floc
- 2 – légère opalescence
- 4 – petits point
- 6 – flocons de dimensions moyenne
- 8 – bon floc
- 9 – excellent

- Après on relève les hélices et on laisse décanter tous les flocons formés dans les béchers pendant 30 min ;
- Après, on mesure le pH, l'oxydabilité, la turbidité et le chlore résiduel du **surnageant** ;
- Ensuite on passe le surnageant de chacun des béchers sur des papiers-filtres bande blanche disposé dans les entonnoirs. Les résultats obtenus après cette filtration sont comparable à ceux obtenus par filtration à sable dans la station de traitement ;
- Puis on détermine la turbidité, l'alcalinité et l'aluminium résiduel (par kit).

L'aluminium provient du sulfate d'alumine utilisé au cours de traitement, sa concentration ne doit pas dépasser 0.2 mg/l.

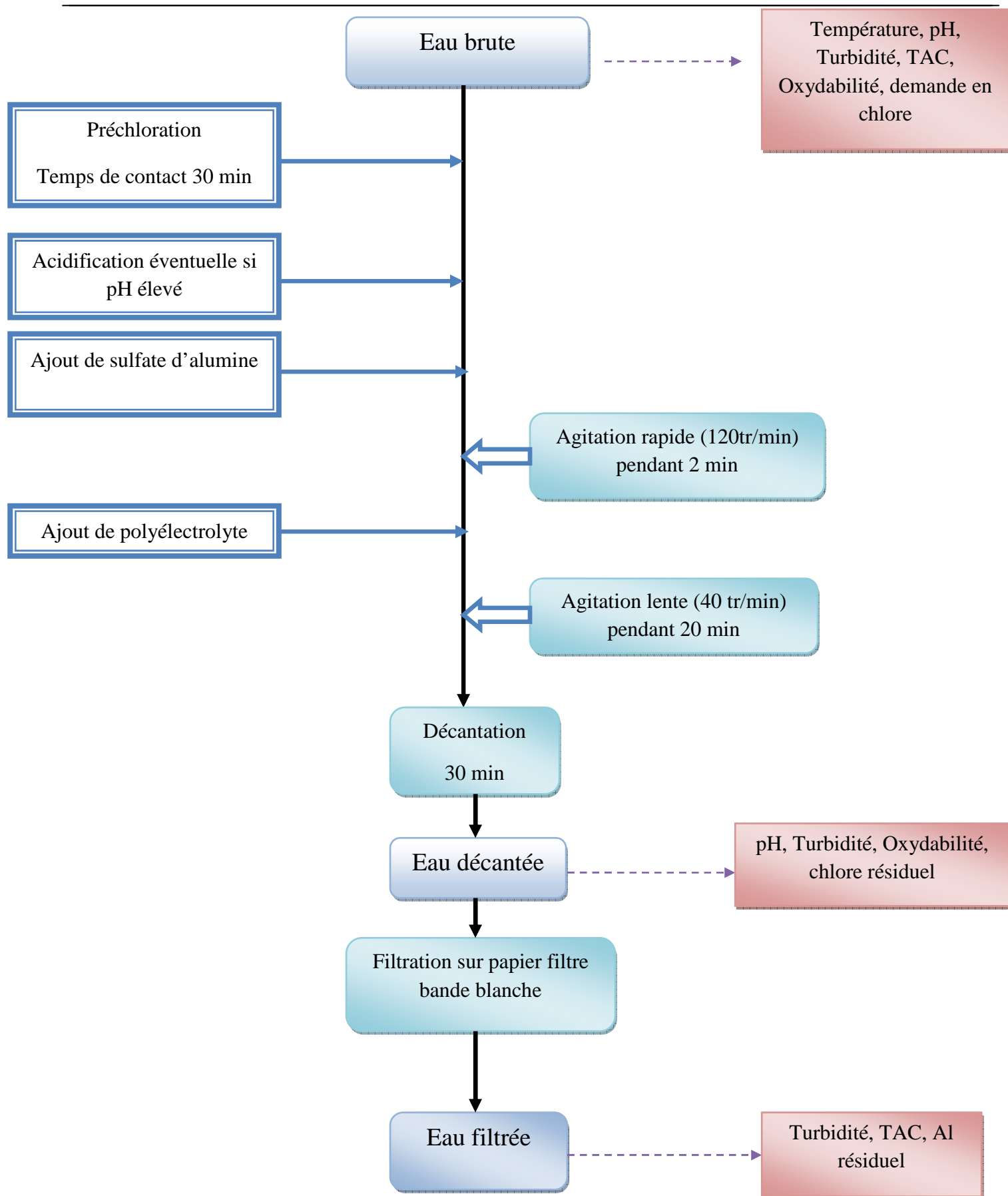


Figure 13 : schéma du procédé de l'essai de floculation

d) CRITERES DE CHOIX DU MEILLEUR BECHER

- Taille des floes > 6
- Turbidité de l'eau décantée < 5 NTU
- Turbidité de l'eau filtrée < 0.5 NTU
- pH de floculation entre 7,00 et 7,40
- oxydabilité < 2mg/l
- [Al résiduel] < 0.2 mg/l

4. RESULTATS DES ESSAIS DE FLOCULATION

Les valeurs des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau brute analysée :

Eau brute	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3,4 et 5
pH	8.14	7.87	8.12
TA en méq/l	0	0	0
TAC en méq/l	5	5.2	6.3
L'oxydabilité en mg/l	2.4	2.3	2.56
Turbidité de l'eau brute en NTU	15.1	12.6	32.2
Turbidité colloïdale	3.9	2.59	7.22
Température en °C	20.2	20.9	22
Demande en chlore en mg/l	4	4	4.5
Chlore résiduel en mg/l (break point)	1.8	0.8	1.4

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute

a) ESSAI 1

i. Résultat

On vise à déterminer la dose de coagulant optimale en ajoutant des valeurs croissantes dans les 6 béchers en absence de floculant. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

N° de bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant mg/l	20	30	40	50	60	70
Aspect de floc	02	04	04	06	06	06
pH	7.82	7.67	7.56	7.4	7.31	7.29
Oxydabilité mg/l	1.28	2.32	0.96	1.12	1.12	0.64
Turbidité décantée NTU	5.19	3.82	3.71	2.71	3.36	3.56
Chlore résiduel mg/l	1	1.2	1	1	1.2	1.2
Turbidité filtrée NTU	0.24	0.2	0.24	0.31	0.29	0.23
TAC	4.78	4.76	4.70	4.5	4.3	4.3
Al résiduel mg/l	0.4	0.35	0.2	0.2	0.12	0.12

Tableau 4 : résultats de l'essai 1

ii. Interprétation

D'après les critères de choix du meilleur bécher :

- L'aspect des 3 premiers béchers < 6 donc à éliminer ;
- Le bécher n° IV : Al résiduel = 0.2 mg/l donc à éliminer ;
- Les deux derniers béchers répondent aux critères : On va choisir le bécher n° V puisqu'il contient moins de coagulant.

Donc la dose optimale du coagulant est 60 mg/l

b) ESSAI 2

i. Résultat

Pour déterminer la valeur optimale de floculant on fixe la dose du coagulant à 60 mg/l et on ajoute des valeurs croissantes de polyélectrolyte aux 6 béchers :

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Aspect du floc	04	08	08	08	08	08
pH	7.44	7.4	7.38	7.35	7.32	7.3
Oxydabilité mg/l	0.48	0.96	0.56	0.8	0.64	1.44
Turbidité décantée NTU	1.09	0.7	0.62	0.61	0.53	0.68
Chlore résiduel mg/l	0.8	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8
Turbidité filtrée NTU	0.17	0.16	0.12	0.18	0.17	0.21
TAC	4.6	4.5	4.45	4.6	4.6	4.6
AL résiduel mg/l	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 5 : Résultat de l'essai 2

ii. Interprétation

Les 5 derniers béchers vérifient les conditions de sélection, on va choisir le bécher n° II : la dose minimum de floculant (pour une raison économique).

Donc la dose optimale de floculant est 0.1 mg/l

c) ESSAI 3

i. Résultat

On veut chercher la dose optimale de coagulant en présence de floculant, on fixe la valeur de floculant trouvée dans le précédent essai :

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des flocs	04	06	08	08	08	08
pH	7.91	7.79	7.66	7.54	7.51	7.39
Oxydabilité mg/l	0.96	0.56	0.56	1.36	0.4	0.96
Turbidité décantée NTU	1.26	0.94	0.93	0.87	0.57	0.82
Chlore résiduel mg/l	1	0.8	1	1	1	1
Turbidité filtrée NTU	1.15	0.36	0.14	0.37	0.47	0.26
TAC	5.5	5.4	5.3	5.2	4.9	4.82
AL résiduel mg/l	0.35	0.2	0.2	0.2	0.12	0.12

Tableau 6 : Résultat de l'essai 3

ii. Interprétation

Le bécher n° VI respecte tous les critères de choix, par conséquent il est choisi.

Dose optimale de coagulant : 60 mg/l

Dose optimale de floculant : 0.1 mg/l

a) ESSAI 4

i. Résultat

Pour optimiser le pH on a ajouté de l'acide sulfurique aux 6 béchers pour diminuer leur pH. Les nouvelles valeurs de pH sont respectivement 7.8 / 7.5 / 7.2 / 7 / 6.8 / 6.5 et on a fixé le coagulant à 60 mg/l et le floculant à 0.1 mg/l.

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
pH après acidification	7.8	7.5	7.2	7	6.8	6.5
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floes	06	06	06	06	06	06
pH	7.56	7.36	7.12	6.90	6.77	6.64
Oxydabilité mg/l	0.96	0.4	0.4	0.4	0.96	0.96
Turbidité décantée NTU	1.27	1.23	0.8	0.81	0.67	0.51
Chlore résiduel mg/l	0.9	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7
Turbidité filtré NTU	0.26	0.21	0.13	0.25	0.24	0.17
TAC	5.1	4.9	4.4	4.2	3.78	2.76
AL résiduel mg/l	0.2	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 7 : Résultats de l'essai 4

ii. Interprétation

- Le premier et les 3 derniers béchers n'appartiennent pas au domaine du pH cherchée donc à éliminer ;
- Le deuxième bécher a une dose d'Al résiduel = 0.2 mg/l
- Donc on va choisir le bécher n° III parce qu'il satisfait tous les conditions recherchées.

Donc pour améliorer le traitement on peut acidifier l'eau jusqu'à un pH = 7.2

b) ESSAI 5

Dans cet essai on va changer la vitesse de floculation pour voir son effet sur le procédé. On augmente alors la vitesse à 60 mg/l.

i. Résultat

N° du bécher	I	II	III	IV	V	VI
Préchloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	10	20	30	40	50	60
Floculant mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floes	04	04	04	06	06	06
pH	7.94	7.81	7.71	7.68	7.45	7.38
Oxydabilité mg/l	1.60	1.76	0.40	0.80	1.60	1.20
Turbidité décantée NTU	2.34	1.35	0.69	1	1.2	0.9
Chlore résiduel mg/l	2.5	2	2	2	1	1
Turbidité filtrée NTU	0.36	0.16	0.14	0.27	0.36	0.28
TAC	4.70	4.50	4.40	4.40	4.30	4.20
Al résiduel mg/l	0.5	0.5	0.35	0.2	0.12	0.12

Tableau 8 : Résultat de l'essai 5

Interprétation

- Les 3 premiers béchers à éliminer : Aspect des floes < 06 ;
- Le bécher N° IV a un pH > 7.4 et Al résiduel = 0.2 mg/l donc à éliminer ;
- Le bécher N° V ne respecte pas le critère du pH donc à éliminer
- Le bécher N° VI est le meilleur.

c) COMPARAISON ENTRE L'ESSAI 3 ET L'ESSAI 5

Les paramètres des 2 essais sont semblables sauf la vitesse de floculation :

L'essai 3 : 40 tr/min ; L'essai 5 : 60 tr/min.

Le fait d'augmenter la vitesse de floculation a conduit à produire des floes fragiles qui se cassent facilement dans l'essai 5, ainsi les résultats de l'essai 3 sont meilleurs que ceux de l'essai 5.

Donc il est préalable de travailler avec une vitesse de floculation de 40 tr/min.

d) CONCLUSION DES RESULTATS

Dans ce tableau on rassemble les résultats des meilleurs béchers pour les 5 essais :

Essai	1	2	3	4	5
Préchloration mg/l	4	4	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	-	0.1	0.1	0.1	0.1
Aspect des floes	06	08	08	06	06
pH	7.31	7.4	7.39	7.12	7.38
Oxydabilité mg/l	1.12	0.96	0.96	0.4	0.12
Turbidité décantée NTU	3.36	0.7	0.82	0.8	0.9
Chlore résiduel mg/l	1.2	0.8	1	0.7	1
Turbidité filtrée NTU	0.29	0.16	0.26	0.13	0.28
TAC	4.3	4.5	4.82	4.4	4.20
Al résiduel mg/l	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 9 : comparaison des meilleurs béchers

➤ On peut remarquer que le meilleur bécher de l'essai n  4 (acidification) est préparé dans les conditions optimales :

- ✓ 60 mg/l pour le coagulant
- ✓ 0.1 mg/l pour le flocculant
- ✓ Acidification jusqu'à pH = **7.2**
- ✓ Vitesse de floculation 40 tr / min

➤ D'après la comparaison entre ces résultats on remarque qu'il a les meilleures valeurs pour la plupart des paramètres ce qui justifie les conditions optimales qu'on a établies.

Au cours de cette expérience qui comporte 5 essais on a démontré que la clarification de l'eau brute est améliorée :

- lorsqu'on utilise le coagulant et le flocculant ensemble ;
- lorsqu'on acidifie l'eau brute ;
- lorsqu'on travaille à une vitesse de floculation lente pour ne pas risquer de briser les floccs ce qui posent un problème de filtration (turbidité de l'eau filtrée anormale) dans la station de traitement, puisque ces petites particules arrivent jusqu'au filtre ce qui nécessite des lavages fréquents pour ces derniers.

CONCLUSION

Durant notre étude on a essayé d'optimiser certaines conditions de l'essai de coagulation-floculation vu son intérêt au cours du traitement. Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes et aussi avec ceux de la station de traitement.

Ainsi, j'ai effectué mon stage de fin d'étude « la Licence Génie chimique » au sein de l'office national de l'eau potable. Lors de ce stage, j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises durant ma formation, de plus, je me suis confronté aux difficultés réelles du monde du travail et du management d'équipe.

J'espère avoir traité dans ce rapport les points essentiels concernant le fonctionnement du travail dans l'office, surtout le service laborantin qui a une fonction très importante au sein de cette entreprise dans le but de produire une eau potable de bonne qualité.

ANNEXE :

❖ La norme marocaine de la qualité des eaux de l'alimentation humaine

Paramètre	Expression des résultats	VMA (valeur maximale admissible)	Commentaires
Odeur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Saveur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Couleur réelle	Unité Pt mg/l	20	
Turbidité	Unité de la turbidité néphélométrie	5	Turbidité médiane ≤ 1NTU et Turbidité de l'échantillon ≤ 5 NTU
Température	°C	Acceptable	
Potentiel Hydrogène	Unité pH	6.5 < pH < 8.5	Pour que la désinfection soit efficace le pH doit être de préférence < 8
Conductivité	μS/cm à 20°C	2700	
Chlorures	Cl : mg/l	750	
Sulfates	SO ₄ : mg/l	200	
Oxygène dissous	O ₂ : mg/l	5 < O ₂ < 8	
Aluminium	Al : mg/l	0.2	
Ammonium	NH ₄ : mg/l	0.5	
Oxydabilité au KMnO ₄	O ₂ : mg/l	5	La valeur de 2 mg/l doit être respectée au départ de l'installation de traitement
Hydrogène sulfuré	mg/l	Non détectable organoléptiquement	
Fer	Fe : mg/l	0.3	
Manganèse	Mn : mg/l	0.5	
Zinc	Zn mg/l	3	

Bibliographie

- * http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_potable
- * <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/coag.htm>
- * <http://pravarini.free.fr/Coagulation.htm>
- * document de l'essai de jar test de l'ONEP
- * <http://www.onep.ma/>

Abréviations

ONEP : Office national de l'eau potable

MES : Matière en suspension

NTU : Unité de turbidité au Néphélométrie

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrotimétrique

EDTA : acide éthylène diamine tétra acétique

T_B : Tombée de burette

VMA : Valeur maximale admissible

Al : Aluminium

DPD : diéthyl paraphénylène diamine