

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE: SCIENCES DE LA MATIERE

FILIERE : CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

T H E M E

**Etude des paramètres influençant la
désinfection par chloration d'eau potable
de la station de traitement SEAAL du
barrage Taksebt**

Présenté par : BEDRANE Randa

Soutenu le 13 / 07, devant le Jury composé de :

Mme	YAHIAOUI	Nouara	UMMTO	PROMOTRICE
Mr	CHEKNOUN	Salem	UMMTO	PRESIDENT
Mr	BAIT	Larbi	UMMTO	EXAMINATEUR
Mme	BACHI	Basma	SEAAL	CO-PROMOTRICE

REMERCIEMENTS

Je remercie **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné la volonté, la patience et surtout le courage pour continuer durant toutes ces années.

Mon profond remerciement s'adresse à ma promotrice Madame **YAHIAOUI Nouara** pour ses efforts fournis, ses conseils prodigués, sa gentillesse et sa compréhension; merci infiniment.

Je remercie vivement **Mr CHEKNOUN Salem** qui m'a fait l'honneur d'assurer la présidence du jury.

Je remercie aussi **Mr BAIT Larbi** de bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel de Laboratoire SEAAL (Taksebt) spécialement pour Madame **CHIKHI Akila**, responsable de laboratoire, madame **BACHI Basma** et **Mr HADDADI Nourdine**. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Merci

Dédicaces

Je voudrais dédier ce travail à:

Ma chère Maman qui était toujours là à mes côtés, je la remercie pour tous les sacrifices et l'amour qu'elle nous a offert pour moi et mes sœurs, MERCI MAMAN.

A ma sœur AMEL qui m'a soutenue et encouragé. Elle était toujours présente pour m'aider.

A toutes mes sœurs, je vous aime beaucoup.

A toutes mes copines.

A chaque personne que j'ai connue et qui m'a aidé de près ou de loin.

Liste des abréviations

E.B	:	eau brute
E.D	:	eau décantée
E.F	:	eau filtrée
Cl _{résid}	:	Chlore résiduel
Cl _{intro}	:	Chlore introduit
MO	:	matière organique
MES	:	matière en suspension
UFC	:	Unité Formant Colonie par 100ml
NTU	:	Unité Néphélométrique de turbidité
E. coli	:	Escherichia coli
DCl ₂	:	degré colorimétrique de l'eau javel
DPD 1	:	diéthyl -p - phénylène diamine
THM	:	trihalométhane
TOX	:	composés organohalogénés totaux
SEAAL	:	Société d'eau et d'assainissement d'Alger
OMS	:	organisation mondiale de la santé
UV	:	ultra-violet
CH ₃ Cl ₃	:	chloroforme
CHBrCl ₂	:	bromodichlorométhane
CHClBr ₂	:	chlorodibromométhane
CHBr ₃	:	bromoforme

Liste des Figures

Figure 01 : Etapes de traitement d'une eau potable	10
Figure 02 : Chloration de diverses façons selon la qualité de l'eau à traiter.....	14
Figure 03: Différentes formes du chlore dans l'eau.....	14
Figure 04 : Point critique (rupture) de la chloration (break point).....	18
Figure 05 : Images du barrage Taksebt	21
Figure 06 : Ouvrage d'arrivé.....	22
Figure 07 : Chambre de dissipation	22
Figure 08 : Les décanteurs	23
Figure 09 : Bassins de filtration à sable	24
Figure 10 : Turbidimètre	24
Figure 11 : Spectrophotomètre.....	26
Figure 12 Turbidité en fonction de la dose du coagulant	29
Figure 13 : Absorbance UV en fonction de la dose du coagulant.....	29
Figure 14 : Turbidité en fonction de la dose du coagulant avec et sans pré-chloration.....	30
Figure 15 Absorbance UV en fonction de la dose du coagulant avec et sans pré-chloration	30
Figure 16 : Turbidité en fonction de la dose du chlore injectée.....	31
Figure 17 : Absorbance UV en fonction de la dose injectée.....	32
Figure 18 : Turbidité en fonction de la dose du chlore injectée.....	33
Figure 19 : Absorbance UV en fonction de la dose injectée.....	33
Figure 20 : Courbe de la demande en chlore.....	34
Figure 21 : Dégradation de MO en fonction du temps de contact (fortes doses).....	35
Figure 22 : Dégradation de MO en fonction du temps de contact (moyennes doses).....	36
Figure 23: Dégradation de MO en fonction du temps de contact (faibles doses).....	37
Figure 24 : Variation du chlore résiduel on fonction du pH et le temps avec 5ppm du chlore.....	38
Figure 25 : Variation du chlore résiduel on fonction du pH et le temps avec 2.5ppm de chlore.....	39
Figure 26 : Effet de la combinaison pré-chloration -filtration sur la rémanence du chlore	40

Tableau 1. Résultats de la demande en chlore34

Tableau 2. Effet de la combinaison pré-chloration et filtration sur la rémanence du chlore ..40

Tableau 3. Résultats d'analyses bactériologiques41

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

L'EAU POTABLE : RESERVES, QUALITE, POLLUTION ET TRAITEMENT

Introduction	2
1. Réserves d'eau naturelles.....	2
1.1.Les eaux superficielles.....	2
1.2.Les eaux souterraines.....	3
2. Pollution de l'eau	3
2.1.Pollution physique	3
2.2.Pollution chimique.....	3
2.3.Pollution biologique.....	3
3. Les paramètres de qualité d'une eau potable	4
3.1.Qualité organoleptique.....	4
a. Couleur	4
b. Odeur.....	4
c. Goût et saveur.....	4
3.2. Les paramètres physico-chimiques	4
a. pH	4
b. température	4
c. conductivité	5
d. Turbidité	5
e. Alcalinité	5
f. Dureté	5
3.3.Les paramètres indésirables	6
a. Aluminium (Al).....	6
b. Fer.....	6
c. Manganèse.....	6
d. Sulfates	6

Sommaire

3.4. Les paramètres de toxicité	7
a. Zinc.....	7
b. cuivre	7
c. Arsenic.....	7
d. Mercure	7
3.5. Les paramètres de pollution organique	7
a. Demande biochimique en O ₂ (DBO ₅)	7
b. Demande chimique en oxygène (DCO)	8
c. Azote ammoniacal	8
d. Nitrite NO ₂ ⁻	8
e. Nitrates NO ₃ ⁻	9
f. Matière organique (MO)	9
3.6. Paramètres bactériologiques	9
a. Recherche des coliformes totaux.....	9
b. Recherche des coliformes fécaux	9
c. Recherche des streptocoques.....	9
d. Recherche des clostridium	10
4. Procédés de traitement d'eaux potables.....	10
A. Prétraitement physique	10
B. Pré-oxydation	11
C. Clarification.....	11
D. Désinfection.....	12
5. Etape de désinfection.....	12
5.1. Choix du désinfectant	12
5.2. Aspect chimique de la chloration	14
5.3. Réactions du chlore avec les substances minérales et organiques	15
5.4. Effet biocide du chlore et son influence sur les microorganismes.....	18
5.5. La demande en chlore.....	18

ETUDE EXPERIMENTALE

1. Description du barrage de Taksebt	20
2. Station de potabilisation SEAAL.....	20
2.1. Procédés de traitement au niveau de la station	21

Sommaire

a.	L'ouvrage d'arrivée et chambre de dissipation.....	21
b.	Injection de chlore (Pré-chloration).....	22
c.	Décantation.....	22
d.	Filtration.....	23
e.	Désinfection.....	23
2.2.	Etude et suivi de la désinfection par chloration.....	23
a.	L'échantillonnage (prélèvement).....	24
b.	Analyses physico-chimiques.....	24
c.	Analyse bactériologique.....	27
3.	Résultats et interprétations.....	28
3.1.	Effet de la dose du coagulant.....	28
3.2.	Effet de la pré-chloration.....	29
3.3.	Effet de la dose du chlore.....	31
3.4.	Courbe de demande on chlore.....	34
3.5.	Effet du temps de contact sur la dégradation de la matière organique.....	35
	Fortes doses.....	35
	Moyennes doses.....	36
	Faibles doses.....	37
3.6.	Effet du pH sur la rémanence du chlore on fonction des doses injectée.....	37
	Avec 5 ppm du chlore.....	38
	Avec 2.5 ppm du chlore.....	39
3.7.	Effet de la combinaison pré chloration - filtration sur la rémanence du chlore..	39
3.8.	Analyse bactérienne.....	40
	Conclusion.....	42

Références bibliographiques

Annexes



Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

La ressource en eau potable, recueillie à partir de différents captages, ne représente qu'une matière première qui doit être transformée pour devenir conforme aux normes définies par la réglementation. C'est ainsi le rôle des chaînes de traitement (STEP) mises en œuvre par les entreprises de service de l'eau. Les traitements de l'eau doivent être évolutifs pour suivre les éventuels changements des caractéristiques de la ressource ou le renforcement de l'exigence des normes encadrant la qualité de l'eau potable avant sa distribution.

Le traitement des eaux de surface est basé sur deux étapes essentielles: la clarification et la désinfection. La désinfection est une étape primordiale en production d'eau potable. Elle est toujours utilisée quels que soient les types de filière de traitement et de ressource. C'est la première priorité du traitement des eaux dont l'objectif est de produire et distribuer une eau exempte de germes pathogènes donc répond aux exigences sanitaires et ménagères. Parmi les agents désinfectant les plus utilisés, nous citons le chlore sous ses différentes formes (le chlore gazeux et le bioxyde du chlore)

Le chlore est l'oxydant le plus ancien et le plus abondamment utilisé, vis-à-vis sa réactivité avec les matières inorganiques et organiques dissoutes ou non dissoutes (en suspension), qui conduit à la formation de composés chlorohalogénés et organohalogénés potentiellement toxiques et difficilement éliminables de l'eau consommatrice de façon continue. Pour que la désinfection joue son rôle, il faut maintenir une certaine quantité de chlore résiduel pour assurer la qualité de l'eau jusqu'au lieu et moment de sa consommation.

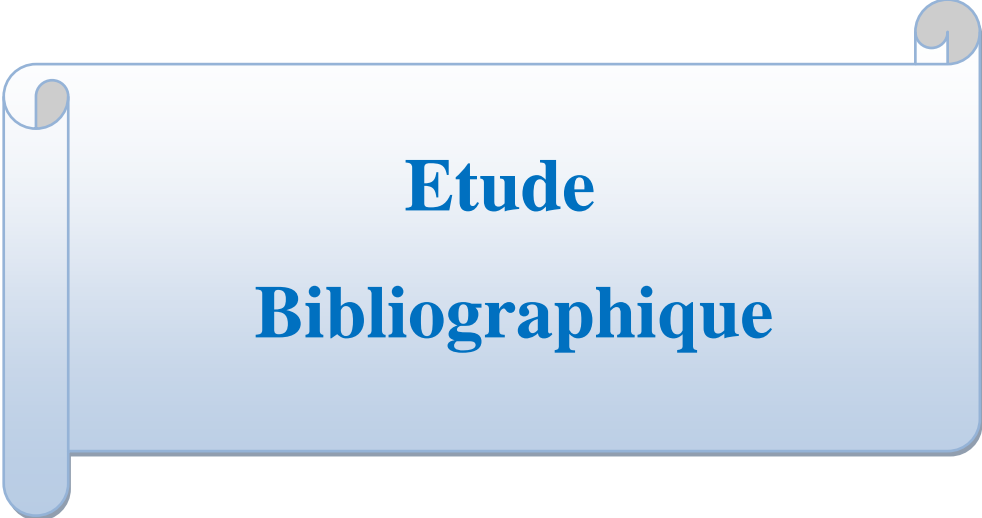
L'objectif essentiel de notre travail, est le suivi de la désinfection par chloration des eaux de surface du barrage de Taksebt au niveau de la station de traitement SEAAL, en étudiant l'influence de certains paramètres physico-chimiques sur la qualité physico-chimique et biologique de l'eau à la fin de traitements, qui va à son tour influencer sur la rémanence du chlore résiduel résultant de l'injection du chlore sous forme d'hypochlorite de sodium on post chloration.

La présente étude est subdivisée en deux parties:

- la première partie porte sur une recherche bibliographique portant des données essentielles sur l'eau potable: les réserves naturelles, la qualité, la pollution et le traitement.

INTRODUCTION GENERALE

- La deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale dont nous avons présenté les différentes étapes de traitement au niveau de la station SEAAL, les méthodes, le matériel employé ainsi que les différents résultats obtenus et leurs discussions.



**Etude
Bibliographique**

Introduction

L'eau, une ressource inépuisable, pure, indispensable pour la vie des différents êtres vivants et est présente dans la nature sous différentes formes.

Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques et les pays et selon l'autorité en charge de cette définition dans certains pays. La directive 80/778/CEE, relative à la qualité des eaux de consommation humaine regroupait 62 paramètres eux-mêmes regroupés en cinq catégories. Les paramètres pouvant être réglementés sont :

- La qualité organoleptique : couleur, turbidité, odeur, saveur ;
- Certains paramètres physico-chimiques naturels : température, pH, chlorures, sulfates ;
- Des substances dites indésirables : nitrates, nitrites, pesticides, ...etc. ;
- Des substances toxiques : arsenic, cadmium, plomb, hydrocarbures, ...etc. ;
- Des paramètres microbiologiques : l'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes.

1. Réserves d'eau naturelles

Les réserves d'eau naturelle constituent les eaux superficielles et les eaux souterraines (Degremont, 2005) . Soixante deux pour cent de l'eau potable provient des eaux souterraines (nappes phréatiques et profondes), les trentes huit pour cent restants proviennent des eaux superficielles (lacs, rivières et barrages) .

1.1. Les eaux superficielles

Elle qualifie toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les barrages, lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les retenues collinaires, les mers, les estuaires.....etc. Le terme superficiel s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles (Ayad , 2017) .

Les eaux de surface contiennent à des concentrations très différentes des substances de nature physico-chimique et de nature biologique diverses. Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux, mais aussi créer des problèmes de santé publique.

1.2. Les eaux souterraines

Sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Les terrains traversés influencent fortement la minéralisation ; elle est faible dans les terrains anciens de type granite et schiste, et élevée dans les terrains sédimentaires comme les calcaires. Elles sont pauvres en O₂ dissous et exemptes de matières organiques sauf en cas de pollution (CARDOT, 2013) .

2. Pollution de l'eau

La pollution des eaux de surface et souterraines peut être de nature physique, chimique et/ou biologique :

2.1. Pollution physique

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau ; qui lui confèrent un caractère trouble, on distingue aussi les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (Bouziani, 2000) .

2.2. Pollution chimique

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eau, Par exemple : Les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses (Boudjelal, 2003) .

2.3. Pollution biologique

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, virale, ou parasitaire (Bennana ,2000).

3. Les paramètres de qualité d'une eau potable

3.1. Qualité organoleptique

a. Couleur

La couleur d'une eau est due généralement à des substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale, des algues pouvant donner une coloration variable en fonction des pigments qu'elles contiennent, des substances minérales, en particulier le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées et des rejets industriels, par exemple de teinturerie, pouvant aussi colorer l'eau (REJSEK, 2002) . Pour l'eau potable le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (unité de couleurs) à partir duquel le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau (Dahel, 2009) .

b. Odeur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition le sens affectif peut seul dans une certaine mesure, les déceler (Mokeddem et el, 2005) .

c. Goût et saveur

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2009) .

3.2. Les paramètres physico-chimiques

a. pH

Le potentiel hydrogène, noté pH, mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution (Belghiti et al, 2013). Le PH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité et à pH 7, une eau est dite neutre. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, il intervient dans ces phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température (Rodier et al, 2005) .

b. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, de plus la vitesse des réactions chimiques et biochimiques varie en fonction de la température de l'eau (Rodier et al, 2005).

c. Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de température et diminue avec celle de la viscosité (REJSEK, 2002).

d. Turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée dans les eaux, par la présence des matières en suspension fines (matière colloïdales d'origine organique ou minérale) comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes. (REJSEK, 2002) .

e. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogencarbonates (HCO_3^-) , de carbonates (CO_3^{2-}) , d'ions hydroxydes (OH^-) . La norme ISO 9963 définit différentes types d'alcalinité :

- ✓ Le titre alcalimétrique complet (TAC) : qui correspond à l'alcalinité total, ce qui revient à déterminer les concentrations des ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- (Rodier et al, 2005)
- ✓ Le titre alcalimétrique (TA) : qui correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . (Rejeseck, 2002 et Duguet et al, 2006) .

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] .$$

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

f. Dureté

On appelle dureté total la concentration des ions calcium Ca^{2+} et ions magnésium Mg^{2+} contenus dans une solution d'eau. $\text{TH} = T_{\text{Ca}^{2+}} + T_{\text{Mg}^{2+}}$, plus cette concentration est forte plus l'eau est dure.

TH signifie titre hydrotimétrique, la dureté totale se divise en dureté temporaire et dureté permanente. (Cyrille Georgel – Audreco) .

- ✓ La dureté temporaire : celle qui disparaît lors de l'ébullition appelée aussi dureté carbonatée.

- ✓ La dureté permanente : celle qui persiste après l'ébullition appelée dureté non carbonatée.

3.3. Les paramètres indésirables

a. Aluminium (Al)

L'aluminium est un métal très répandu sur la terre, lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al^{3+} , dans une solution dont on élève le pH progressivement, il précipite sous forme de tri hydroxyde $Al(OH)_3$ qui se dissout sous forme d'aluminate AlO_2^- . (Rodier et al; 2005) .A des concentrations supérieures à 30 g/L en aluminium l'eau peut être considérée comme dangereuse lorsqu'elle est utilisée pour la dialyse rénale (Vilagines, 2003).

b. Fer

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés par des pollutions industrielles. Dans les eaux de distribution, il provient de la corrosion des conduites d'aménagements. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. A des teneurs très importantes, le fer influence la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur, et saveur) (Orelien, 2016).

c. Manganèse

Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexes. Quand il est à faible concentration dans l'eau (0.1 mg/l) ; il ne présente pas de problème à la santé humaine, mais il peut provoquer un goût indésirable à l'eau et des taches sanitaires, par contre à des fortes concentrations, le manganèse peut entraîner des problèmes d'anoxie, d'apathie, de douleurs musculaires et des troubles neurologiques, (OMS, 2000 ; Bouchard et al, 2011).

d. Sulfates

Elles se présentent sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. Les normes algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale admissible de 400 mg/L de SO_4^{2-} (Who, 2011).

3.4. Les paramètres de toxicités

a. Zinc

Le zinc est un élément chimique naturellement présent dans l'environnement. Dans l'eau potable, la concentration en zinc ne doit pas dépasser 0.1 mg/L (Ineris, 2005).

b. cuivre

Le cuivre se présente dans les eaux naturelles généralement à des teneurs inférieures à 1 mg/L sous forme ionique ou de complexes (cyanures, ammoniacale, produits organiques .etc) . En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution, plus rarement il constitue le résidu d'un traitement des algues par les sels de cuivre . (Graindorge et Landote, 2006).

c. Arsenic

Il est présent à concentration faible dans les eaux de surface, sa présence dans l'environnement est relié à la pollution ; utilisation d'engrais phosphatés d'herbicides, d'insecticides et de détergents (les eaux de blanchisserie), combustion de charbon ou de déchet, dépôts de résidus industriels, traitement de minerais. (Rodier et al, 2005) . Selon son effet cancérigène chez l'homme, il est classé comme une substance minérale de classe A. La nouvelle réglementation abaisse sa limite de qualité de 50 µg/L à 10 µg/l .

d. Mercure

Il provient des terrains volcaniques, des minerais sulfurés, du cinabre de l'industrie (peintures, teintures, électrique) et de l'utilisation des fongicides et des bactéricides en agriculture (Graindorge et Landote, 2005) .

Dans les eaux superficielles, la teneur en mercure peut varier entre 0.1 et 2 µg/L (Rodier et al, 2005). Il s'agit d'un élément susceptible de modifier la structure et l'activité fonctionnelle des protéines et des acides nucléiques (Vilagines , 2003) .

3.5. Les paramètres de pollution organique

a. Demande biochimique en O₂ (DBO₅)

Les phénomènes d'autoépuration naturelle des eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO₅.

La DBO₅ est défini comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après incubation durant 5 jours, à 20 C° et dans l'obscurité, par certaines matières organiques présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique (Rodier et al, 2005) .

b. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques biodégradables ou non biodégradables ainsi que toutes les matières oxydables existant dans l'eau dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, quelque soit leur origine organique ou minérale (Fer Ferreux, métrites, ammonium, sulfures et chlorures) (Rodier et al, 2005).

c. Azote ammoniacal

Le pH des eaux superficielles est généralement compris entre 6.5 et 8.5 et la plus grande partie de l'azote ammoniacal se trouve sous forme d'ions ammonium (NH_4^+). Ces ions se transforment rapidement en nitrites et en nitrates par oxydation, donc la teneur en azote ammoniacal dans les eaux superficielles est normalement faible (inférieur à 0.2 mg/L). Les eaux profondes sont pauvres en ammonium ; cependant, celles issues des sols riches en substances humiques ou en fer sont susceptibles de présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l, cette présence résulte de rejets animaux ou humains et c'est pourquoi elle est considérée comme un signe de contamination d'une eau superficielle ou souterraine (Rejeseck, 2002).

d. Nitrite (NO_2^-)

La présence de nitrites dans une eau brute peut être due soit à une oxydation incomplète de l'ammoniac, une nitrification qui n'est pas conduite à son terme, soit à une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau contenant des nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détermination de la qualité microbiologique (Rodier et al ,2005). Un excès de nitrite dans les eaux de boissons peut provoquer de l'hypotension chez les humains et de méthémoglobinémie chez le nourrisson (Duguet et al, 2006).

e. Nitrate (NO_3^-) :

La présence de nitrates dans l'eau d'alimentation peut avoir plusieurs origines, une origine liée aux activités humaines (rejets industriels, agricoles et urbains) et l'autre origine naturelle dans la mesure où les nitrates résultent des transformations de l'azote dans les eaux et les sols (D.G.S , 2005) .

f. Matière organique (MO) :

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration .Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique .Leur teneurs est appréciée .le plus souvent, par des tests tels que la l'oxydation chimique des matières organique en milieu acide et à chaud. (Berne .F et Jean .C ; 1991) .

3.5. Paramètres bactériologiques

a. Recherche des coliformes totaux

Le terme « coliformes » regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae, correspondent à des bacilles gram négatif, non sporulé, aéro/ anaérobie facultatif, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37C°, ils sont sensibles au chlore, Ils se répartissent en deux catégories : les germes thermophiles et les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène) . (Hamed, 2012).

b. Recherche des coliformes fécaux

Il s'agit des coliformes possédant les même caractéristiques que les coliformes mais à 44 C°, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : coliformes fécaux. A l'exemple de E. coli qui produise de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz et leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente (Maiga, 2005).

c. Recherche des streptocoques

Ce sont les streptocoques du groupe D. Elles sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaines, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : Entococcus et streptococcus (Seghir, 2008).

d. Recherche des clostridiums

Ce sont des bactéries à gramme positif mesurant 4 à 6µm de longueur et 1 à 2 µm de largeur, produisant des spores dont le plus caractéristique est clostridium perfringens. Elles font partie de la flore tellurique naturelle aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pour quoi leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection (Helene, 2000).

4. Procédés de traitement d'eaux potables

Pour produire une eau potable, l'eau brute plus ou moins polluée passe à travers diverses étapes de traitements réalisés dans plusieurs unités de la station de traitement des eaux potables (STEP). La figure 1 représente les principales étapes de traitement d'une eau de surface.

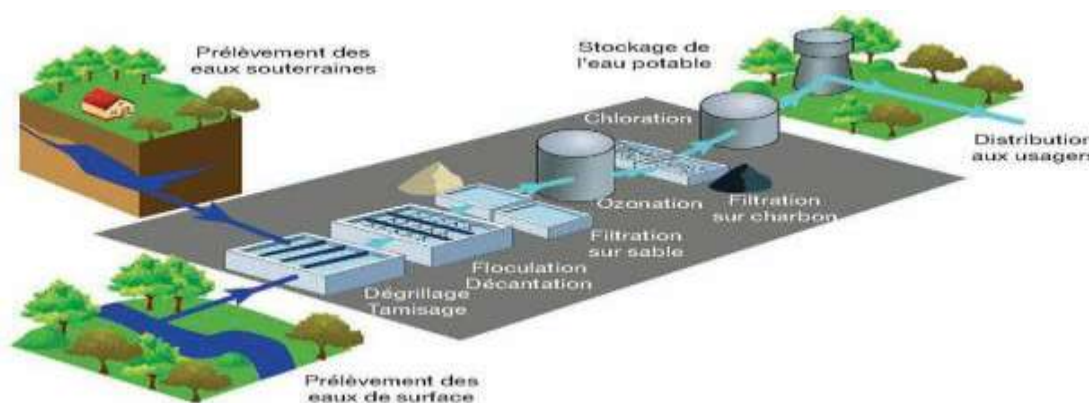


Figure1. Etapes de traitement d'une eau potable

A. Prétraitement physique

Le but c'est d'éliminer tous les éléments grossiers qui pourraient détériorer les équipements de la filière ou constituer une gêne pour les traitements ultérieurs, il est surtout valable pour l'eau de surface selon les étapes suivantes :

- ✓ **Le dégrillage** retient les corps flottants volumineux qui pourraient boucler les pompes et obstruer les canalisations.
- ✓ **Le dessablage** retient les particules minérales grossières et une partie du limon, dans le but de protéger les équipements tournants et d'éviter la surcharge du décanteur.

- ✓ **Tamissage** visent à éliminer les particules les plus fines (25 et 150 μm) que ceux éliminés par le dégrillage. (Hector, 2006).

B. Pré-oxydation

Elle est effectuée avant l'étape de clarification et les oxydants les plus utilisés sont le chlore comme l'hypochlorite NaClO de sodium et le chlore gazeux Cl_2 et KMnO_4 . Elle a plusieurs objectifs :

- ✓ Elimination des goûts, les odeurs, et la couleur.
- ✓ L'oxydation du fer et du manganèse en les transformant en hydroxydes insolubles facilement séparables du liquide par décantation et filtration.
- ✓ Oxydation de la matière organique dissoute (dégradation).
- ✓ Eliminer l'ammoniaque.
- ✓ Maintenir contre la prolifération des micro-organismes non pathogènes (algues).

C. Clarification

Clarifier une eau c'est se débarrasser de toute les particules colloïdales et en suspension qui ont échappé au prétraitement, ce qui communique à l'eau une turbidité et une couleur indésirable. Elle s'effectue par la coagulation, la floculation, la décantation, et la filtration (Harrat, 2013) .

✓ **La coagulation :**

Son objectif est de déstabiliser les particules en suspension et faciliter leur agglomération en injectant des réactifs appelés « coagulants » et qui conduisent à la formation de précipités insolubles appelés « floccs » capables de décanter comme $(\text{FeCl}_3 ; 6\text{H}_2\text{O})$, $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O})$.

✓ **La floculation**

Elle a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion du floc formé, qui peut être facilement éliminé à la suite par les procédés de décantation ou filtration.

✓ **Décantation-flottation**

Le but c'est de séparer les matières en suspension et colloïdes rassemblés en floc après l'étape de coagulation floculation, si la densité de ces floccs est supérieure à celle de l'eau, il y a décantation et l'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers des filtres à sable. Dans

le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation doit être appliqué (Hector, 2006) .

✓ **Filtration**

Son objectif est de retenir les dernières particules en suspension non éliminées dans le décanteur (affinage) en faisant circuler l'eau à travers un milieu poreux tel que le sable et le charbon. L'efficacité de la filtration dépend de la taille des grains du matériau et de la hauteur de la couche et la vitesse de filtration.

D. Désinfection

C'est l'étape finale de traitement après la clarification, elle vise à éliminer les microorganismes pathogènes (bactéries, virus, et parasite) ainsi que la majorité des germes banales moins résistants du point de vu bactériologique, tout en y maintenant un pouvoir de désinfection suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution.

5. Etape de désinfection :

La désinfection des eaux comporte deux étapes importantes correspondantes à deux effets différents d'un désinfectant donné :

- ✓ **L'effet bactéricide:** capacité à détruire les germes
- ✓ **L'effet rémanent:** propriété d'un désinfectant de persister dans l'eau un certain temps après son introduction.

5.1. Choix du désinfectant

Pour réussir le traitement de désinfection, il faut choisir le bon procédé de désinfection selon certains critères (OFSP, 2010):

- Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux
- Etre toxique à des faibles concentrations pour les microorganismes
- Etre soluble et stable afin de favoriser le maintien d'une certaine concentration résiduel pendant de longues périodes (effet rémanent)
- Etre efficace aux températures normales de l'eau de consommation (de 0 à 25 c°)
- Etre efficace au pH de neutralité

- Exister en grande quantité et être vendu à un prix raisonnable (bon rapport prix /qualité)
- Etre facile à manipuler et ne faire poser aucun danger aux opérateurs
- Etre facile à mesurer.

Les principaux agents désinfectants utilisés sont :

✓ **Le chlore gazeux**

C'est un gaz jaune, plus lourd que l'air et soluble dans l'eau. Il est commercialisé sous forme liquéfiée dans des récipients en acier. C'est un gaz corrosif et très toxique : il présente des risques mortels d'intoxication par inhalation, ingestion ou contact avec la peau .c'est pourquoi son utilisation suscite parfois une réticence de la part des exploitants (Gulludec, 1995).

✓ **L'hypochlorite de sodium**

L'hypochlorite de sodium NaClO est une solution de couleur jaune, plus couramment dénommée eau de javel. Les solutions et extraits de javel sont nettement basiques et ont un caractère oxydant (Gulludec, 1995). La concentration en chlore d'une solution d'eau javel est exprimée en degrés calorimétrique.

✓ **L'hypochlorite de calcium CaClO_2**

C est une poudre blanche très soluble dans l'eau, présentée telle quelle ou sous forme de granulés ou poudre. Elle doit être mise en solution avant son injection. La forme poudre se conserve bien elle est fortement concentrée en éléments actifs c'est le réactif du choix lorsque l'on doit exporter le désinfectant (Gulludec, 1995).

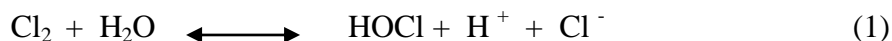
✓ **Le dioxyde de chlore**

C'est un gaz jaune verdâtre fortement oxydant (2.63 fois plus que le chlore), instable à des concentrations supérieures à 10% dans l'air c'est pourquoi il est utilisé on solution aqueuse, préparée immédiatement avant usage. Le dioxyde de chlore a des propriétés bactéricides, sporicides et virucide (Gulludec, 1995).

Les deux premières formes sont les plus utilisées, le chlore gazeux étant la forme la plus économique, alors que l'eau de javel est la plus simple à mettre en œuvre et moins dangereuse à manipuler.

5.2. Aspect chimique de la chloration

Lorsque le chlore est introduit dans l'eau, différentes réactions vont successivement se produire. La réaction du chlore avec l'eau est une hydrolyse rapide et réagit pour donner de l'acide hypochloreux selon l'équation suivante :

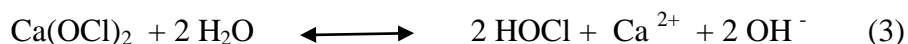


Il se produit une réaction analogue lorsque le réactif de départ (désinfectant) est l'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou de calcium:

- Réactions de l'hypochlorite de sodium :



- Réaction de l'hypochlorite de calcium :



Les équations précédentes montrent que la différence principale entre les hypochlorites et le chlore gazeux concerne les produits secondaires. En effet, l'addition du chlore gazeux libère des ions d'hydrogène ce qui abaisse le pH de l'eau, alors que l'addition d'hypochlorites libère des ions d'hydroxydes, ce qui augmente le pH de l'eau.

L'acide hypochloreux, HOCl est un acide faible qui réagit de la façon suivante:



Cette réaction est fonction de pH de l'eau, ainsi un pH élevé favorise la libération d'ions hypochlorites, OCl⁻ par ailleurs lorsque la concentration de chlore libre est de quelques mg/L et que le pH est situé entre 5 et 9, la réaction est incomplète dans ces conditions en effet il y a coexistence de HOCl et de OCl⁻ (Welté et Duraud, 2002) comme le montre la figure 2.

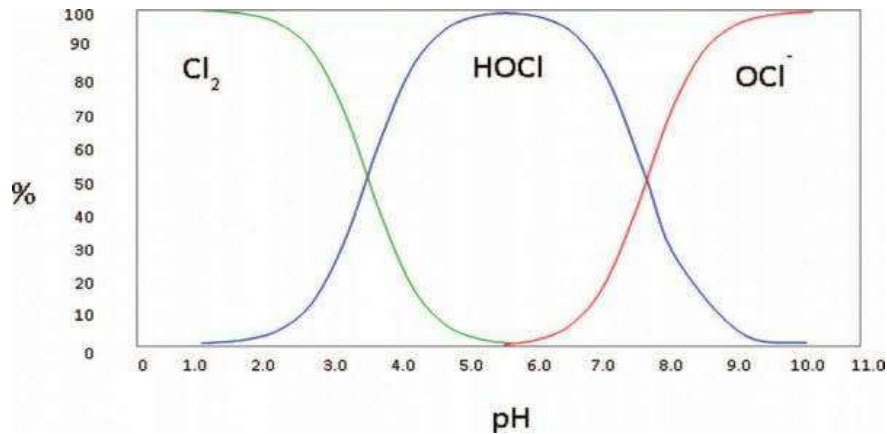


Figure 2. Chloration de diverses façons selon la qualité de l'eau à traiter

Cette notion est importante à connaître, car l'effet germicide de l'acide hypochloreux est très supérieur à celui de l'ion hypochlorite, la désinfection par le chlore sera donc beaucoup moins efficace en milieu alcalin (Moles, 2003). La figure 3 montre les formes du chlore dans l'eau.

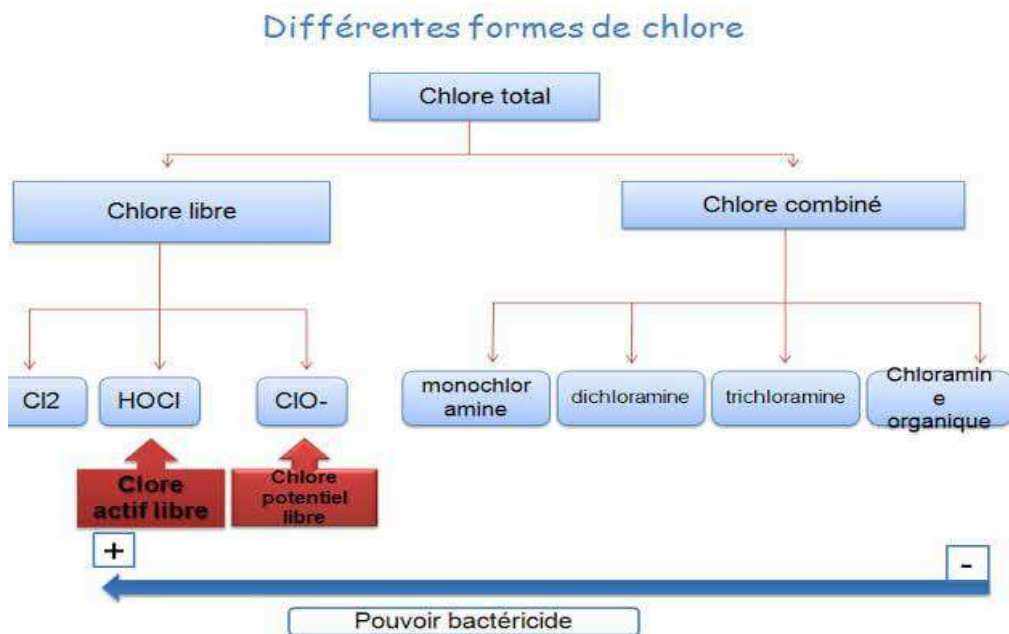


Figure 3. Différentes formes du chlore dans l'eau

5.3. Réactions du chlore avec les substances minérales et organiques

✓ Avec l'azote ammoniacal

Selon Rodier (2009), l'action du chlore sur l'azote ammoniacal présente un mécanisme complexe qui conduit en premier lieu à la formation de monochloramine et puis de la di et tri-chloramine:



L'ensemble de ces chloramines minérales (ainsi que les chloramines organiques éventuellement formées par action du chlore sur des composés organo-azotés) constitue ce que l'on appelle le chlore combinés, contrairement au chlore libre. La présence et la concentration de ces différentes formes dépend du pH, de la température, du rapport chlore ammoniacal et du temps de la réaction.

Pour des taux de chloration plus élevés, des réactions complémentaires complexes aboutissent à la destruction des chloramines, la réaction globale étant la suivante:

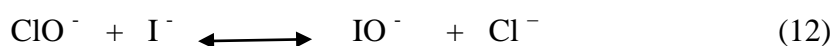
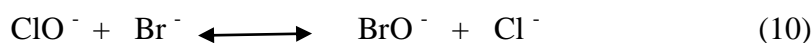


La dose du chlore correspondant à cette stœchiométrie est appelée break point ou point de rupture.

✓ Avec les bromures et les iodures

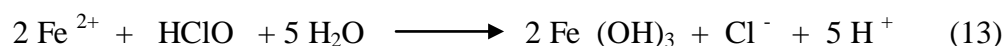
En présence de chlore, les bromures et les iodures s'oxydent facilement en iode et en brome, ces entités présentent un comportement similaire à celui du chlore (c'est des halogènes). Ils réagissent en combinaison avec les composés organiques pour conduire aux composés organobromés et organoiodés (Merlet 1986 et Legube 1996)

Les réactions susceptibles de se produire sont les suivantes (Doré, 1989):



✓ Oxydation du Fer

Le chlore réagit avec le fer pour se transformer en fer ferrique pour donner l'hydroxyde ferrique qui est éliminé par sédimentation ou filtration comme suit:



La corrosion dans le réseau de distribution et la réaction qui s'ensuit avec le chlore peut aussi être source de formation de sulfate ferreux. La stabilité du chlore résiduel durant la distribution en sera affectée et il faudra prévoir un supplément de chlore dans le réseau de distribution pour maintenir une teneur en chlore résiduel (Seby, 2006)

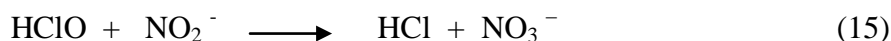
✓ Oxydation du manganèse

Le chlore transforme le Mn^{2+} en Mn^{4+} l'oxyde de manganèse forme une couche précipitée lors de la filtration ou dans le réseau comme suit:

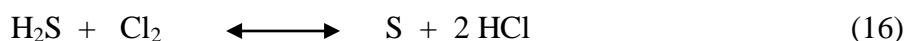


✓ Réaction avec les nitrites et les sulfures

Les nitrites peuvent être présents dans les eaux à potabilité ou apparaître comme des composés transitoires lors de l'oxydation biologiques de l'azote ammoniacal. Pour les éliminer, les nitrites devront être oxydés en nitrates (Rejsek ,2002). En utilisant le chlore cette oxydation se produit selon la réaction suivante (Doré ,1989) :



Quand aux sulfures, le chlore détruit l'hydrogène sulfuré contenu dans les eaux et générateur de mauvaises odeurs, on le précipitant sous forme de soufre élémentaire ou pour former de l'acide sulfurique suivant les réactions ces réactions (white ,1972):



✓ Réaction avec les composés organiques

Selon Cardot (1999), il existe trois modes d'action du chlore sur les molécules organiques:

- Les réactions d'oxydation sur les fonctions réductrices ou réduites.
- Les réactions d'addition sur des liaisons insaturées.
- Les réactions des substitutions électrophiles sur les sites nucléophiles

La chloration de la matière organique produit des composés organohalogénés totaux encore appelés TOX .Ce sont les principaux et les plus connus comme sous produits de la chloration .parmi ceux –ci, on compte les trihalométhanés (THM) sont des composés constitués d'un seul atome de carbone lié à des halogènes, de formule générale CHX_3 , ou X est habituellement du chlore , du brome ou d'une combinaison de ces deux éléments. Les THM

mesurés dans l'eau chlorée sont le chloroforme CH_3Cl_3 , le bromodichlorométhane CHBrCl_2 et le chlorodibromométhane CHClBr_2 et le bromoforme CHBr_3 . Ces substances existent à l'état liquide à une température ambiante. Elles sont extrêmement volatiles et se dégradent dans l'air par réaction photo oxydative (Jeong et al,2012).

5.4. Effet biocide du chlore et son influence sur les microorganismes

Le mode d'action du chlore sur les micro-organismes est dû principalement à une réaction chimique d'oxydoréduction. Cependant, les sites d'action de cet oxydant dépendent de la nature du microorganisme et de sa structure chimique (Boisdon, 1995). En effet le chlore peut avoir une action destructrice directe sur la structure de la cellule vivante, mais cela à des doses résiduelles élevées. De même, la pénétration du chlore dans la cellule et son action sur les constituants cellulaires permet l'inactivation des microorganismes (Deguin, 1996 et Bourbigot, 1996).

Dans la pratique, l'effet germicide du chlore est influencé par les substances réductrices contenues dans l'eau. Il est donc nécessaire de tenir compte de la demande chimique en chlore avant de décider de la concentration optimale du chlore à appliquer pour la désinfection.

5.5. La demande en chlore

La demande en chlore est la quantité du chlore nécessaire pour tuer tous les micro-organismes et dégrader les matières organiques et inorganiques de l'eau à traiter. Lorsque le chlore est ajouté à l'eau, il réagit premièrement avec les composés organiques et inorganiques dissous dans l'eau (autres que bactéries et virus), et forme d'autres produits chlorés. L'ajout de plus de chlore va produire une augmentation rapide de chlore résiduel libre. La figure 4 illustre la façon dont le chlore résiduel est produit avec l'augmentation de la dose du chlore.

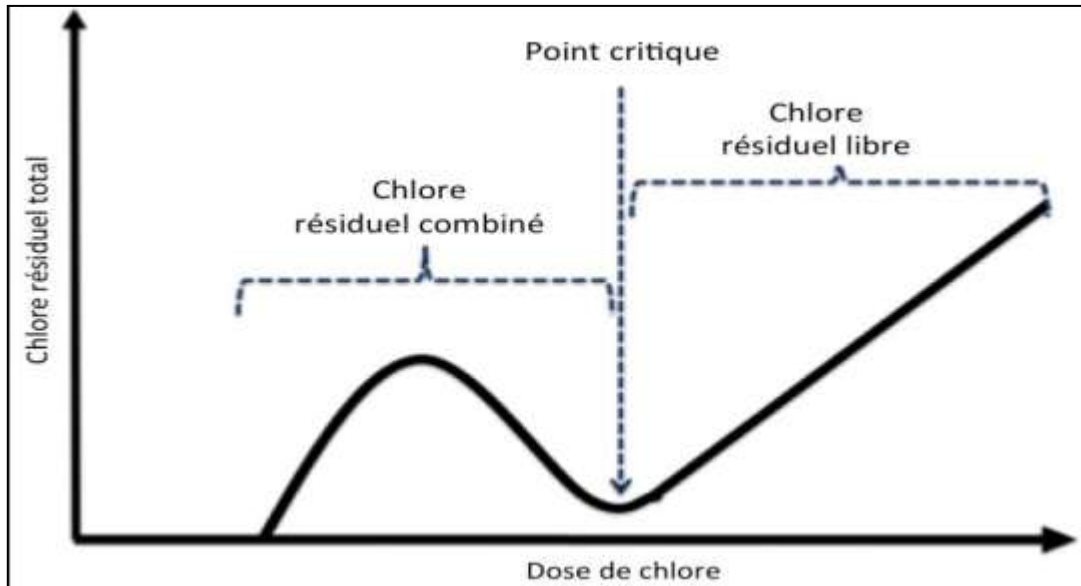


Figure 4. Point critique (rupture) de la chloration (break point)

Le point auquel le chlore résiduel libre commence à s'élever en proportion directe avec la quantité de chlore ajoutée est appelé le point critique (break point). Au point critique, la demande en chlore a été satisfaite et l'addition de plus de chlore produit un chlore résiduel libre dans un rapport d'un-a-un.

La plupart des systèmes de traitement des eaux essayent de produire un taux de chlore résiduel libre de 0,6 mg/L dans une eau traitée et de maintenir au moins de 0,2 mg/L de chlore résiduel total dans le système de distribution (Legub, 2015).



**Etude
Expérimentale**

L'étude expérimentale de ce mémoire a été réalisée au niveau du laboratoire de la station de traitement Taksebt (SEAAL), durant la période allant de 01/04/2023 au 30/05/2023. Dans ce chapitre, sont données toutes les méthodes, le matériel utilisé ainsi que les différents résultats obtenus de l'étude de l'influence de certains paramètres physico-chimiques et biologiques sur la désinfection de l'eau par chloration au niveau de la station .

1. Description du barrage de Taksebt

Le barrage de Taksebt est un grand barrage hydraulique situé sur la rivière de Thakhouketh et la rivière de Ait Aissi , qui en est le prolongement entre Ait Irathen et Ait Aissi dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Il est alimenté par le réseau hydrographique de Ath Ouacif et celui des Oudhia et quelques ruisseaux de Tizi N'Koudal et Beni Douala qui sont irrigués à leur tour par les eaux de pluie et de fonte de manteau rival du Djurdjura. La figure 5 montre quelques photos du ce barrage.

Ce barrage à été construit en 2000 par les italiens et il est mis en service le 05 juillet 2007, il se caractérise par une superficie de 555 Km², un volume de 182000 m³, la profondeur maximale est de 75 m, la longueur est de 10 Km, largeur de 3 Km ainsi qu'une hauteur de 75 à 80 m et altitude de 171.5 m. Il permet une régulation annuelle de 150 hm³, destinée à l'alimentation en eau potable et industrielle de Tizi-Ouzou, de Freha et d'Azazga .

2. Station de potabilisation SEAAL

La station de potabilisation SEAAL, station de traitement conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable exempte de toute organismes pathogène, dans les conditions d'assurer une bonne qualité d'eau. Elle s'étend sur une superficie de 3ha et elle a été dimensionnée pour traité un débit maximale de 61600 m³/ jour .



Figure 5. Images du barrage Taksebt

2.1. Procédés de traitement au niveau de la station

L'eau du barrage de Taksebt est pompée vers la station de traitement SEAAL qui est composée de deux chaînes de traitement identiques. Cette eau subit au niveau de la station plusieurs traitements avant d'arriver au réservoir de stockage.

La station de traitement comporte :

- Ouvrage d'arrivée d'eau brute (arrivée d'eau brute) avec un débit de $616000 \text{ m}^3/\text{j}$
- Chambre de dissipation (chambre de mélange) appartient à l'ouvrage d'arrivée.
- 2 filières de traitement comprenant 8 décanteurs (4 pour chaque filière), 24 filtres (12 pour chaque filière) et 1 réservoir de capacité 38000 m^3 d'eau traitée .

a. L'ouvrage d'arrivée et chambre de dissipation

L'arrivée de l'eau brute se fait au niveau d'ouvrage d'entrée après, l'eau se dirige vers la chambre de mélange (chambre de dissipation) qui peut recevoir jusqu'à 430 m^3 , à ce niveau s'effectue plusieurs injections. La figure 6 montre une photo prise au niveau de l'ouvrage d'arrivée de l'eau brute.



Figure 6. Ouvrage d'arrivé

b. Injection de chlore (Pré-chloration)

L'ajout du chlore comme oxydant dans l'eau brute a pour but d'assurer la dégradation de la matière organique, l'oxydation du fer et du manganèse et limiter la présence et développements d'organismes vivants, tels que les algues, les bactéries et les planctons, susceptible de proliférer dans les filières de traitement. Cette injection s'effectue au niveau de la chambre de dissipation (Figure 7) .



Figure 7. Chambre de dissipation

D'autres injections s'effectuent aussi au niveau de cette chambre comme:

✓ L'injection de permanganate de Potassium $KMnO_4$

Les permanganates de potassium sont utilisée pour la précipitation du manganèse ou contrôler la charge biologique.

.L'injection de chlorure ferrique $FeCl_3$ et de l'acide Sulfurique (H_2SO_4)

L'injection de chlorure ferrique (une rampe d'injection pour chaque filière) permet de réduire le pH pour pouvoir ajouter le chlorure ferrique qui est utilisé pour coaguler les matières en suspension colloïdales très fines.

c. Décantation

Après l'étape de coagulation floculation, on obtient un liquide contenant de nombreuses particules, cette eau est envoyée vers les bassins de décantation pour la sédimentation des floes (figure 8). L'eau claire reste en haut et passe par des petites ouvertures dans des chicanes qui ralentissent la vitesse d'eau et la guide vers la prochaine étape de traitement. Les bassins sont couvèrent contre le soleil pour empêcher la photosynthèse à l'intérieur du décanteur. Les floes obtenus sont éliminés par un système de raclage des sédiments et de purge.



Figure 8. Les décanteurs

d. Filtration

L'eau décantée passe vers les filtres dans le but d'éliminer les petites particules qui n'ont pas été décantées, la station utilise un filtre à sable de 1 mm de diamètre (figure 9). Au dessous de la couche de sable, se trouve une couche de gravier et des bosselures qui permet le passage de l'eau traitée directement aux réservoirs.



Figure 9. Bassins de filtration à sable

e. Désinfection

La station utilise une deuxième fois le chlore (la post-chloration) pour désinfecter l'eau filtrée comme étape finale pour se débarrasser de tout microorganismes et germes restant et aussi pour avoir une quantité de chlore résiduel suffisante pour l'envoi de l'eau au réseau de distribution en toute sécurité. Si le niveau de barrage est très bas on ajoute du charbon actif pour éliminer la prolifération du mauvais gout et de mauvaises odeurs.

2.2. Etude et suivi de la désinfection par chloration

Pour contrôler le taux du chlore résiduel des eaux traitées, nous avons suivi toutes les étapes de traitement de l'eau du barrage au niveau de la station, et en particulier les étapes de la désinfection. Plusieurs analyses physico-chimiques et biologiques ont été effectuées :

a. L'échantillonnage (prélèvement)

L'eau brute est prélevée au niveau de robinets de laboratoire liés aux ouvrages de traitement. Ces robinets sont ouverts 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques, physico-chimique et bactériologique de l'eau.

b. Analyses physico-chimiques

✓ Température

La température de l'eau ne doit pas dépasser 25 °C. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre doté d'une sonde de température.

✓ pH

La mesure du pH est effectuée comme suit :

On a allumé le pH mètre ensuite on a pris une quantité suffisante d'échantillon dans un bécher pour immerger l'électrode et la sonde, après on a prolongé successivement l'électrode de pH dans l'échantillon et enfin on a attendu la stabilité de la mesure pour faire la lecture.

✓ Turbidité

Pour mesurer la turbidité, on a rempli une cuvette d'échantillon, bien essuyée avec du papier hygiénique ensuite on l'a mit à l'intérieur d'un turbidimètre, ensuite on a lu la valeur en NTU.



Figure 10.Turbidimètre

✓ Mesure de la matière organique

On a utilisé deux méthodes différentes pour évaluer la quantité de matières organiques présente dans les eaux de surface :

- **L'oxydabilité au permanganate de potassium**

L'indice de permanganate d'une eau correspond à la quantité d'ions permanganates consommés par l'échantillon d'eau à analyser. Il s'exprime en concentration d'oxygène équivalente. Selon la norme ISO 8467, la procédure de sa détermination est la suivante:

- transférer à l'aide d'une pipette 100 ml d'échantillon dans un bécher de 250 ml , ensuite ajouter 20 ml d'acide sulfurique à 2 mol/l et mélanger en agitant doucement.
- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- ajouter 20 ml de la solution étalon de permanganate de potassium à 2 mmol/l (coloration violette) . Démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10 mn.
- ajouter 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium à 5 mmol/l et attendre que la solution se décolore.
- Retirer le bécher de la plaque et titrer, pendant que la solution est encore chaude, avec du KMnO_4 à 2 mmol/l jusqu'à obtention d'une coloration rose pâle.
- Enfin noter le volume V_1 de permanganate consommé.
- Procéder parallèlement à la détermination un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée et noter le volume V_0 de permanganate consommé. Ensuite conserver le blanc titré pour la vérification de la solution de KMnO_4 .

Au blanc titré , ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium à 5 mmol/l , puis réchauffer la solution 1 à 2 mn , après retirer de la plaque et titrer avec la solution de permanganate à 2 mmol/l jusqu'à apparition d'une couleur rose.

Enfin noter V_2 le volume de solution de permanganate consommé.

La quantité de la matière organique MO exprimée par l'indice de permanganate I_{Mn} (mg/l d' O_2) est calculée comme suit :

$$I_{Mn} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} \times f$$

V_0 : volume en ml de KMnO_4 consommé dans le dosage du blanc.

V_1 : volume en ml de KMnO_4 consommé dans le dosage de la prise d'essai.

V_2 : volume en ml de KMnO_4 consommé lors de la vérification de la solution titrante.

f : facteur correctif utilisé (f = 16)

Les échantillons ayant un indice $I_{Mn} > 10$ mg/l d' O_2 doivent être dilués et l'analyse doit être recommencée .

- **L'absorbance UV à 254 nm**

Les mesures de l'absorbance des échantillons en UV à 254 nm ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre avec un trajet optique de 1 cm en utilisant une cuve en quartz,, en vu d'évaluer la concentration de la matière organique. L'absorbance de l'échantillon analysé est reliée à la concentration par la loi de Beer-Lambert.

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C$$

A = absorbance

ϵ = le coefficient d'absorption molaire en $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$

l = la largeur de cuve en cm.

C = la concentration de la solution en mol/L

La loi de Beer-Lambert, est un principe fondamental de la chimie analytique qui relie l'atténuation de la lumière aux propriétés d'un matériau (concentration) à travers lequel passe la lumière. L'atténuation de la lumière peut se produire en raison de divers facteurs tels que la diffusion par les particules dans la solution, la réflexion aux interfaces et l'absorption par la solution elle même.



Figure 11. Spectrophotomètre

✓ **Mesure du chlore résiduel**

L'analyse du chlore résiduel est effectuée par la méthode colorimétrique en utilisant un spectrophotomètre et les comprimés de DPD1 comme suit :

- remplir une cellule de 10 ml de l'échantillon à analyser, ensuite transférer le contenu du réactif (DPD 1) dans la cellule.
- Agiter la cellule pendant 20 secondes pour homogénéiser la solution, (une couleur rose est apparut en présence du chlore libre) ? bien essuyé à l'extérieur de la cellule et la -

- mettre dans le colorimètre pour lire la valeur affichée. Les résultats sont indiqués en mg/l Cl₂ libre.

✓ **Détermination de la demande en chlore par la méthode du break point**

La méthode du break point a pour but la détermination de la quantité de chlore qu'il faut injecter à l'eau brute lors de la pré-chloration, le mode opératoire est le suivant:

- introduire dans une série de 09 flacons de 1L de l'eau brute à traiter.
- injecter dans ces échantillons des doses croissantes de chlore, et fermer soigneusement les flacons,
- agiter et conserver dans un endroit frais et sombre.
- Après un temps de contact de 2 h mesurer la quantité du chlore résiduel dans chaque flacon.

✓ **Détermination du degré colorimétrique de la solution concentrée d'hypochlorite de sodium NaClO**

Pour calculer les doses en chlore à injecter dans l'eau, on a toujours déterminé le degré colorimétrique de la solution concentrée d'hypochlorite de sodium NaClO (eau de Javel) utilisée. Le mode opératoire est le suivant :

- Peser 1 g de KI (Iodure de potassium)
- Ajouter 100 ml d'eau distillé dans un erlenmeyer de 250 ml sous une agitation permanente jusqu'à la disparition totale de la poudre du KI.
- Ajouter 1 ml d'eau javel (solution concentrée) à l'aide une pipette de 1ml.
- Ajouter 5 ml d'acide acétique.
- Titrer avec le thiosulfate de potassium jusqu'à virage de couleur (disparition de la couleur) et lire le volume du thiosulfate ajouté.

Le degré colorimétrique est calculé par la relation suivante:

$$D \text{ Cl}_2 = \frac{\text{Volume titré de thiosulfate} \times \text{Normalité}}{\text{Volume d'eau javel}} \times 35.45$$

c. Analyse bactériologique

Cette analyse a pour but le dénombrement des bactéries et germes (coliformes totaux et fécaux) existants dans l'eau de la station. La méthode utilisée est celle de la filtration sur membrane, en utilisant des filtres de 0.45 µm selon le mode opératoire suivant :

- Stériliser les mains et allumer le bec benzène pour créer une zone stérile .
- Stériliser l'entonnoir gradué, la pince, ainsi que le filtre poreux ainsi que flamber la pince et la rompe de filtration.
- Posé le filtre de 0.45 μm sur la membrane poreuse de filtration et fermer l'entonnoir et verser ensuite 100 ml d'échantillon à analyser .
- actionner la pompe pour vider l'eau et le faire sortir à travers la membrane .
- Arrêter la pompe, on procède a retiré le filtre à l'aide d'une pince stérile et le transféré immédiatement dans des boites de pétries contenant préalablement une gélose TTC préparée.
- incuber les boites de pétrie dans l'étuve à 37 C° pendant 48h pour les coliformes totaux et pendant 24h à 44 C° pour avoir les coliformes fécaux(E. coli) .

3. Résultats et interprétations

L'évaluation de l'efficacité de la chloration, se fait à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau après chloration.

Notre étude a été focalisée sur l'étude de l'influence d'un certain nombre de paramètres tels que la dose du coagulant, la pré-chloration, le temps de contact, le pH, la dose du chlore injectée, au cour de la désinfection sur les paramètres physico-chimiques de qualité de l'eau qui sont la turbidité et la matière organique et les paramètres biologiques (les coliformes totaux et les coliformes fécaux) .

3.1. Effet de la dose du coagulant

Les essais de la coagulation floculation ont été réalisés selon le protocole de jar test composés de 06 agitateurs, qui permettent d'agiter simultanément les échantillons d'eau contenus dans une série de béciers de 1L, en utilisant des doses croissantes de coagulant chlorure ferrique FeCl_3 (6 ; 8 ;10 ;12 ;14 ;16 mg/L) et 0.08 μg de floculant Polymère (Poly électrolyte).

Pour la détermination de la dose optimale du coagulant, on a appliqué une phase d'agitation rapide à la vitesse de 200 tr/min pendant 3 minutes suivie d'une phase lente à la vitesse de 40 tr/min pendant 15 minutes et en fin une phase de décantation de 30 minutes .

Les figures 13 et 14 représentent respectivement l'évolution de la turbidité de l'eau et la dégradation des MO (représentée par les absorbances UV) en fonction de la dose du coagulant FeCl_3 .

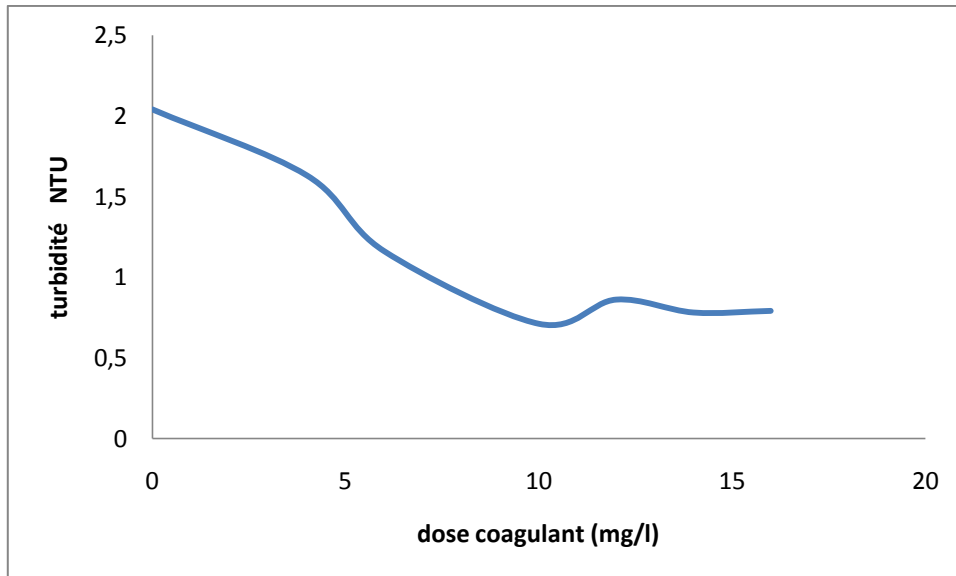


Figure 12. Turbidité en fonction de la dose du coagulant

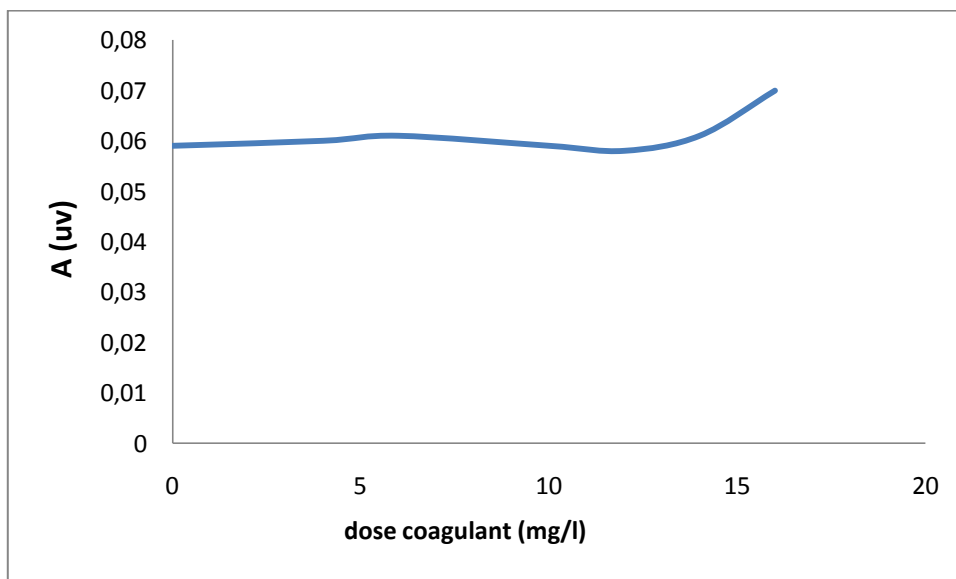


Figure 13. Absorbance UV en fonction de la dose du coagulant

D'après la figure 12, on remarque que les valeurs de turbidité sans pré-chloration ont marqué le maximum pour la dose de 10mg/l de coagulant. C'est la dose de 10mg/l qu'il faut adapter

La dégradation de MO sans pré-chloration représenté par l'absorbance uv est presque constante pour toute les valeurs de coagulant utilisée, se qui signifie qu'il ya aucune dégradation.(figure 13)

3.2. Effet de la pré-chloration

Des expériences de coagulation floculation précédées de la pré-chloration en utilisant les mêmes doses du coagulant que précédemment et la même dose du floculant ont été réalisées.

La dose injectée en chlore représente la demande en chlore d'un échantillon d'eau brute (0,5 ppm). Les courbes de la turbidité et de l'absorbance uv, sans et avec pré-chloration sont représentées respectivement par les figures 14 et 15.

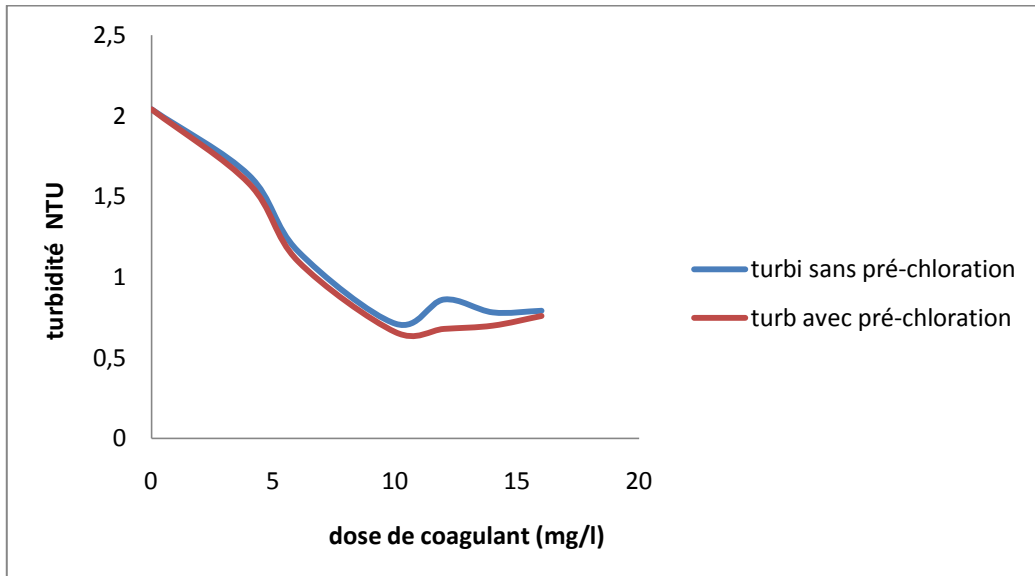


Figure 14. Turbidité avec et sans pré-chloration

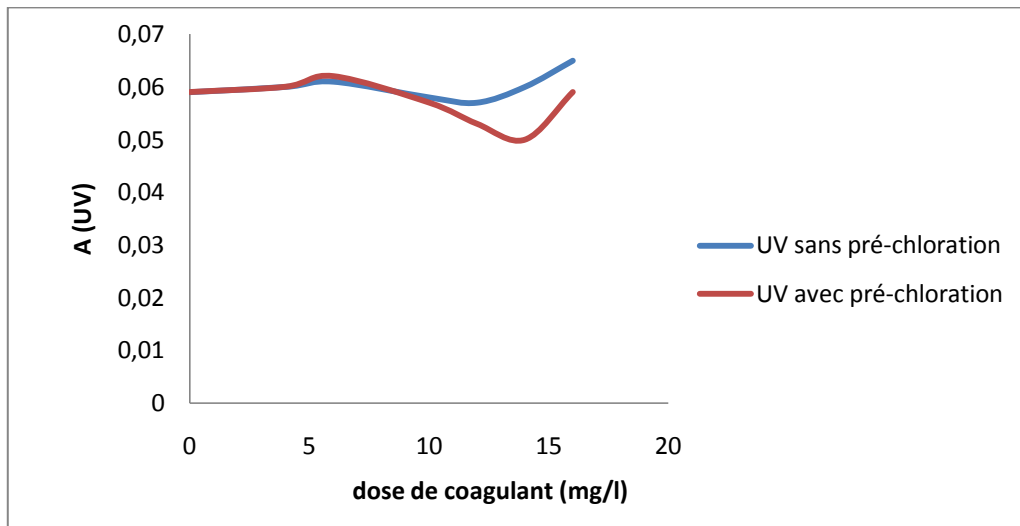


Figure 15. Absorbance UV e avec et sans pré-chloration

D'après la figure 14, on a constaté que la pré-chloration a donné une légère amélioration de la turbidité de l'eau traitée à partir de la dose supérieure ou égale à la dose optimale de coagulant qui est de 10 mg/L. Pour les valeurs inférieures à la dose optimal de FeCl_3 , la turbidité est presque la même avec et sans pré-chloration.

La dégradation des MO représentée par l'absorbance UV (figure15) est presque la même pour les doses inférieures à la dose optimale de FeCl_3 . Une faible dégradation en présence de la pré-chloration a été observée seulement pour les valeurs supérieures ou égales à cette dose.

En effet, la pré-chloration est efficace pour les valeurs de coagulant supérieures ou égales à la dose optimale (10 mg/L) du coagulant.

3.3. Effet de la dose du chlore

Pour étudier l'effet de la dose du chlore ajoutée, on a rempli 6 flacons de la même eau brute et on a injecté dans chaque flacon des doses croissantes de chlore (1 ppm ; 1.5 ppm ; 2 ppm ; 2.5 ppm ; 3 ppm ; 4 ppm) (solutions de l'eau de Javel NaClO). Ces valeurs sont supérieures à celle de la demande en chlore (0.5 ppm). Après un temps de contact de 30 min, une coagulation floculation a été réalisée avec une dose de 10 mg/L de coagulant FeCl_3 et 0.08 μg de floculant. Les figures 16 et 17 représentent respectivement l'évolution de la turbidité et l'absorbance UV en fonction de la dose du chlore injectée.

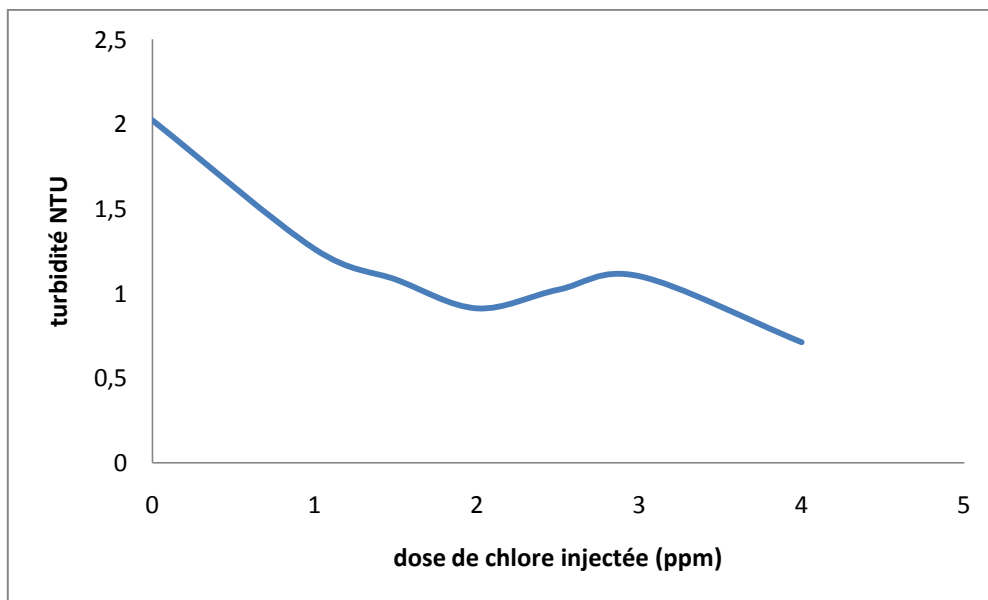


Figure 16. Turbidité en fonction de la dose du chlore injectée

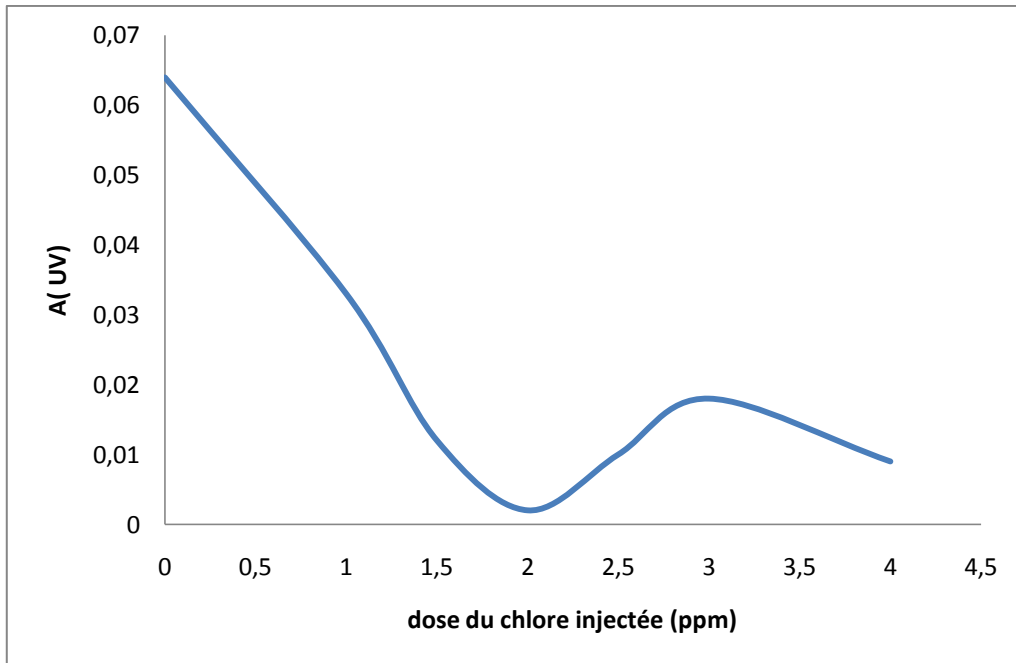


Figure 17. Absorbance UV en fonction de la dose injectée

L'utilisation des doses supérieures à celle de la demande en chlore (1ppm ; 1.5 ppm ; 2ppm ; 2.5 ppm; 3ppm ;4ppm), n'as pas eu de grand changement sur la valeur de la turbidité (figure 16) .Par contre, la dégradation de la matière organique indiquée par la grande diminution de l'absorbance UV (figure 17) est meilleure en opérant avec ces doses en chlore .

Les même expériences que précédemment ont été réalisées mais avec des doses en chlore (0.1 ppm; 0.2 ppm; 0.3 ppm; 0.4 ppm; 0.5 ppm; 0.6 ppm) inférieures à celle de la demande en chlore. L'évolution de la turbidité et l'absorbance UV en fonction de la dose du chlore sont représentées sur les figures 18 et 19 .

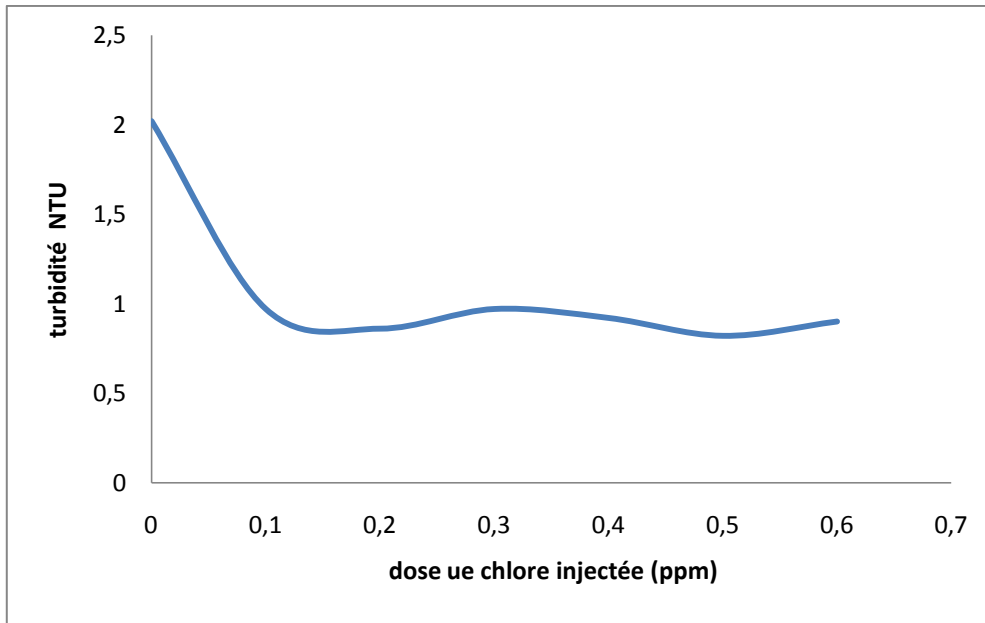


Figure 18. Turbidité en fonction de la dose du chlore injectée

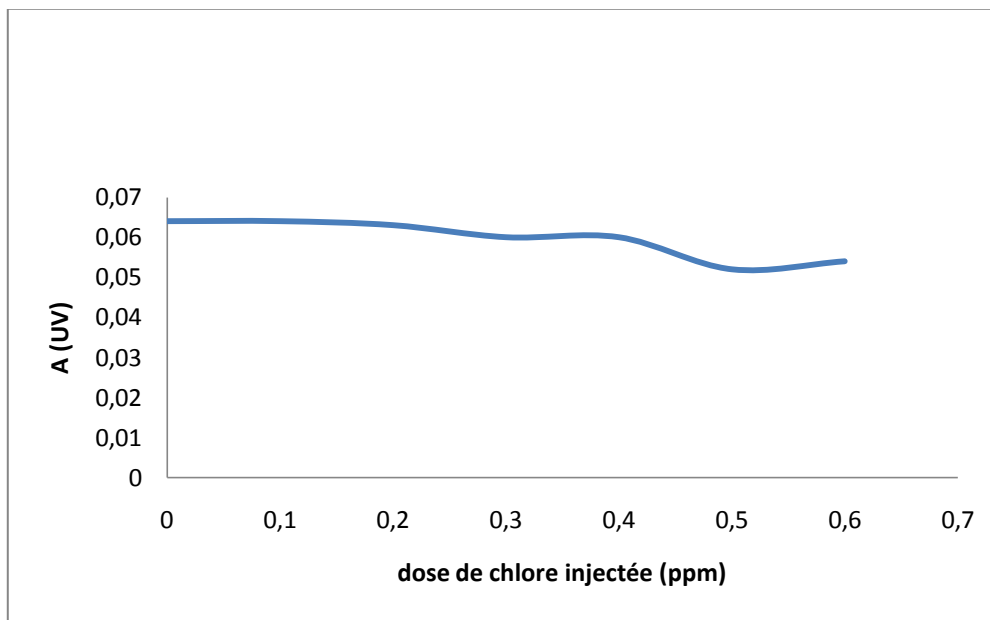


Figure 19. Absorbance UV en fonction de la dose injectée

D'après la figure 18, on remarque que la turbidité est presque constante en utilisant les faibles doses du chlore sauf une légère amélioration à 0.5 ppm. Ces doses n'ont pas eu d'effet remarquable sur la dégradation de la matière organique (figure 19), par ailleurs, une très faible diminution de l'abs UV est observée pour les doses de 0.5 ppm et 0.6 ppm.

3.4. Courbe de la demande en chlore

Afin de vérifier les résultats précédents, on a procédé à la détermination de la demande en chlore, en injectant toutes les doses du chlore utilisées (0.1 ppm ; 0.2 ppm; 0.3ppm, 0.4ppm ; 0.5 ppm; 0.6 ppm ; 1ppm ; 1.5 ppm ; 2 ppm; 2.5 ppm ; 3ppm ; 4ppm). Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 1.

N ° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C injecté	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5	3	4
C résiduel	0,07	0,05	0,06	0,07	0,04	0,06	0,23	0,57	0,94	1,05	1,32	2,78

Tableau 1. Résultats de la demande en chlore

Le tracé des concentrations résiduelles en chlore, en fonction des concentrations injectées nous a permis de déterminer la demande en chlore par la méthode de break point (figure 20).

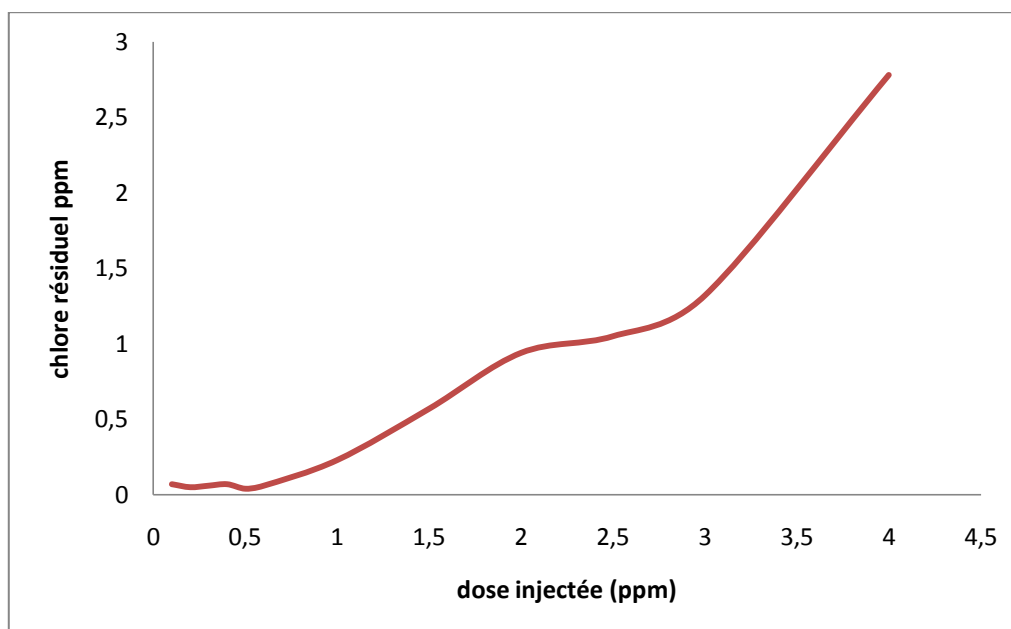


Figure 20. Courbe de la demande en chlore

D'après la figure 20, on observe que la plus petite valeur de chlore résiduel est de 0.04 ppm qui correspond à la dose du chlore injectée de 0.5ppm. Cette valeur représente la valeur du break point ou le point de rupture. Cela vérifie les résultats trouvés précédemment pour les courbes de l'absorbance UV où on a constaté que la dégradation de la matière organique commence à partir de cette valeur.

3.5. Effet du temps de contact sur la dégradation de la matière organique

L'étude de la dégradation de la matière organique durant deux temps de contact différent (1h et 24h) pour différentes doses en chlore injectée (faibles, moyennes et grandes) est réalisée comme suit :

On a rempli deux séries de 3 flacons de 1 L d'eau. Dans ces flacons sont injectées 3 fortes doses croissantes de chlore (10 ppm ; 20 ppm ; 40 ppm). Après une bonne agitation, on a divisé les flacons en deux séries: une pour la mesure des MO après 1h de temps et une autre après 24 h de contact. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 21.

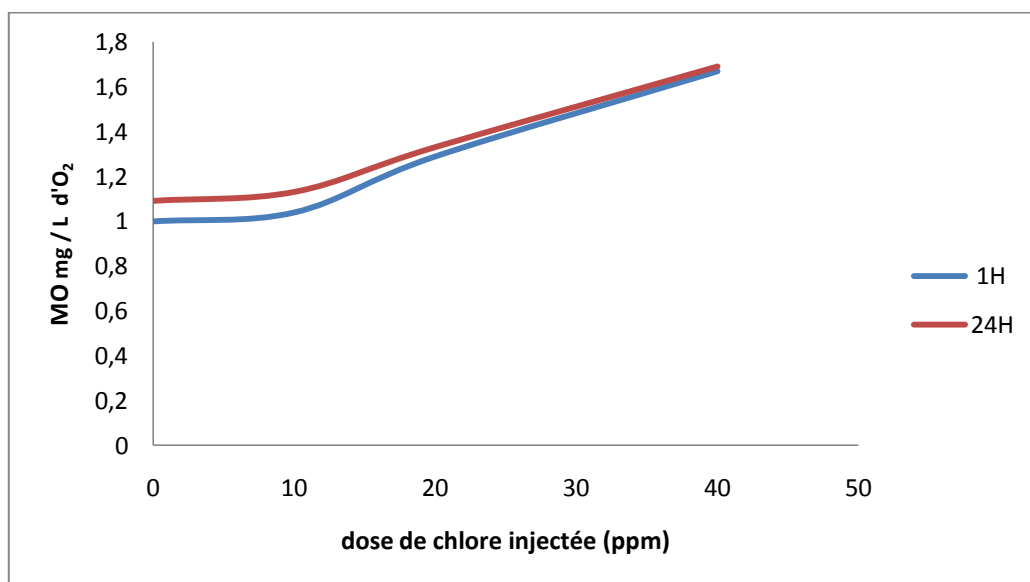


Figure 21. Dégradation de MO en fonction du temps de contact (fortes doses)

D'après la figure 21, on remarque qu'au bout d'un temps de contact de 1 h, les THM sont déjà formés, ce qui signifie que la dégradation de MO a été déjà terminée au bout du moins 30 min. Cela est dû à l'effet des grandes doses de chlorure injecté qui a joué sur la vitesse de la réactivité de chlore vis-à-vis des substances organiques. Après 24 h de contact, la matière organique a connue une augmentation avec les grandes doses de (10 ppm ; 20 ppm et 40 ppm) et cela signifie que ces doses sont entrain d'enrichir la matière organique en utilisant l'excès de chlore pour former des composés organochlorés difficilement éliminables et ce sont des composés toxiques et cancérigènes.

Les mêmes expériences que les précédentes ont été réalisées mais, en utilisant des doses en chlore moyennes (1ppm ; 2 ppm ; 3ppm ; 4ppm ; 5ppm) et faibles (0.1 ppm ; 0.2 ppm ; 0.3 ppm, 0.4 ppm ; 0.5ppm ; 0.6ppm) pendant 1h et 24 h de contact. Les résultats de mesure de la MO

en fonction du temps sont représentés par les figure 22 (moyennes doses) et 23 (faibles doses).

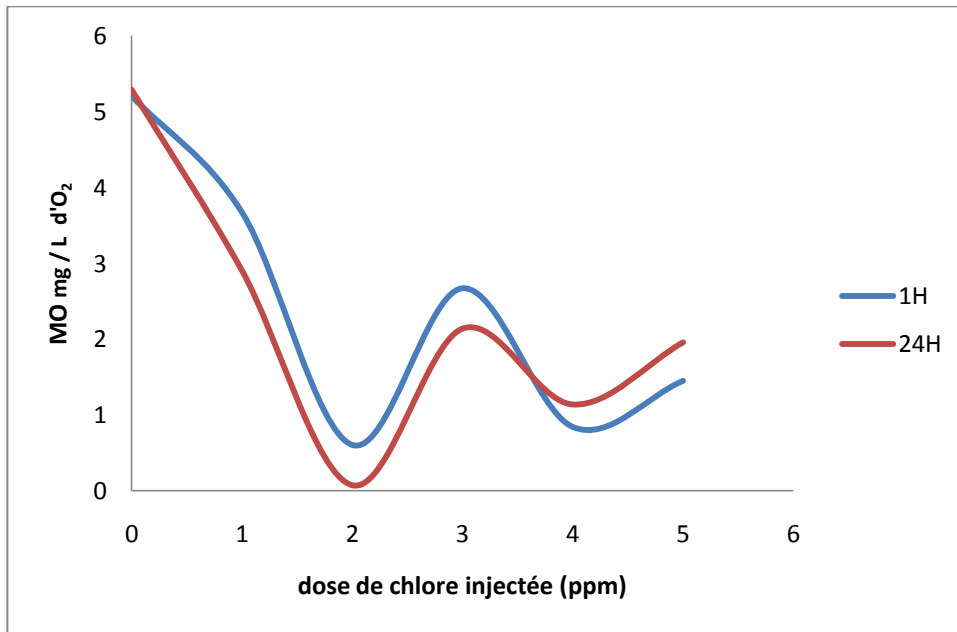


Figure 22. Dégradation de MO en fonction du temps de contact (moyennes doses)

D'après la figure 22, on remarque qu'au bout de 1h de temps de contact, une grande diminution des quantités de matières organiques pour toute les doses utilisées (1ppm ; 2 ppm ; 3ppm ; 4ppm ; 5 ppm). Après 24 h, les MO continuent à se dégrader pour les doses de (1ppm ; 2ppm ; 3ppm) et pour (4 ppm ; 5 ppm), on remarque une petites augmentation. Cela signifie que la dégradation est déjà terminée et pendant ces 24 h, les sous produits commencent à se former car les deux doses sont un peut élevées, du coup le temps nécessaire pour la dégradation a été moins.

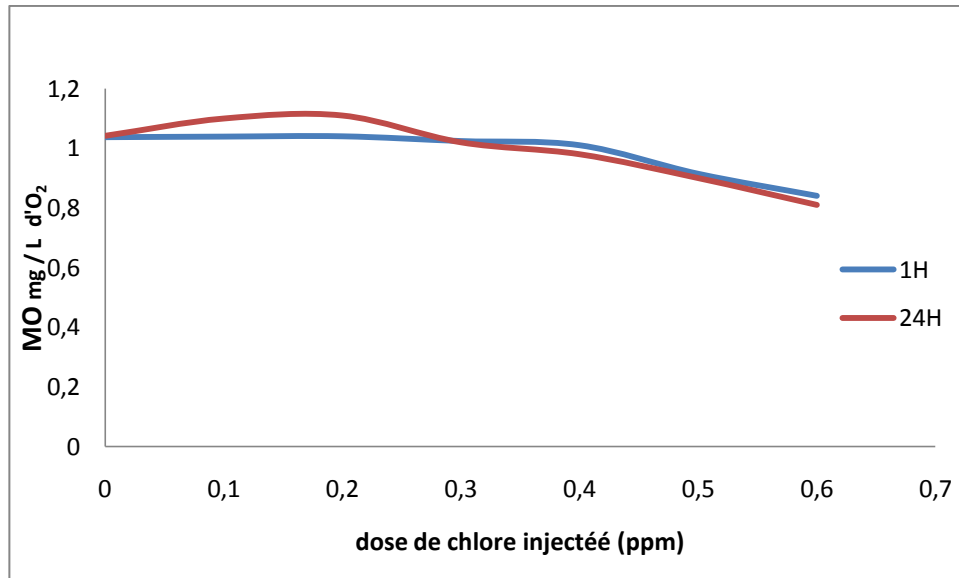


Figure 23. Dégradation de MO en fonction du temps de contact (faibles doses)

D'après la figure 23, pour (0.1ppm; 0.2ppm et 0.3 ppm) après 1h aucune dégradation de MO. Après 24h petite augmentation de MO signifie une prolifération bactérienne.

Pour les doses de (0.4ppm; 0.5 ppm et 0.6 ppm), après 1h on constate une faible diminution de MO, ce qui signifie une petites influence de chlore sur cette MO. La dégradation est restée stable même durant les 24 h .

On peut conclure que les faibles doses du chlore (0.1ppm ; 0.2ppm et 0.3ppm, 0.4ppm ; 0.5 ppm et 0.6ppm n'ont aucune influence sur la dégradation de la matière organique.

Effet du pH sur la rémanence du chlore et cinétique de chlore on fonction des doses injectée :

Pour l'étude de l'effet du pH, on a rempli 4 flacons de 1L d'eau brute. Le pH des 3 flacons a été ajusté en ajoutant des gouttes du HCl ou du NaCl pour avoir les valeurs du pH : 4 ; 5 ; et 10 et le quatrième flacon est maintenu à sa valeur d'eau brute pH= 7.75. Une pré-chloration a été effectuée en ajoutant pour chaque flacon une même dose de 5ppm de chlore. Après 30 min de contact, le chlore résiduel a été mesuré et les résultats obtenus sont représentés par la figure 24.

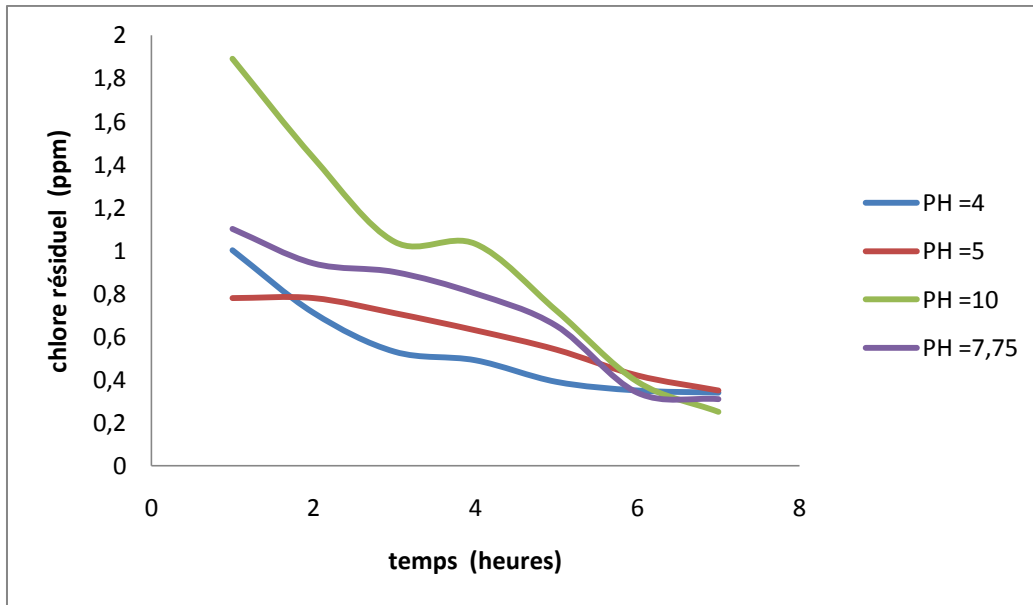


Figure 24. Variation du chlore résiduel on fonction du pH et le temps avec 5 ppm du chlore

Le chlore résiduel libre est composés d'un mélange d'acide hypochloreux HClO et l'ion hypochlorite ClO^- , en proportions variables selon le pH du milieu .

D'après la figure 24 , à pH=10 la concentration du chlore résiduel est plus élevée car la grande partie du chlore libre est sous forme de ClO^- , ces ions ne réagissent pas (ils ne sont pas actifs). C'est l'inverse pour les pH acides (pH=4 et pH=5) où la majorité du chlore libéré est sous forme d'acide hypochloreux HClO actif qui réagit dans l'eau donc il est consommé, ce qui implique que la quantité de chlore résiduel restante est faible.

En effet, la variation de pH varie l'efficacité de chlore dans l'eau : le chlore actif est plus efficace dans une eau à pH acide et neutre par rapport au pH basique .

Et cela conduit a une bonne rémanence de chlore actif lors d'une deuxième chloration (désinfection en post chloration), car toutes les substances consommatrice de chlore actif vont être éliminées en pré-chloration et filtration, donc le chlore résiduel actif ne seras pas consommée et sa rémanence sera plus grande mais toujours le pH de l'eau doit être faible comme l'indique la (Figure 24) avant injection pour avoir le maximum de ce chlore actif.

Il est donc nécessaire de contrôler de manière stricte et continue la valeur de pH pour avoir du chlore résiduel actif dans l'eau et un bon fonctionnement de désinfectant .

Les mêmes expériences que les précédentes ont été faites sauf qu'en ajoutant cette fois ci pour chaque flacon une même dose de 2.5 ppm de chlore. Les résultats obtenus sont donnés par la figure 24.

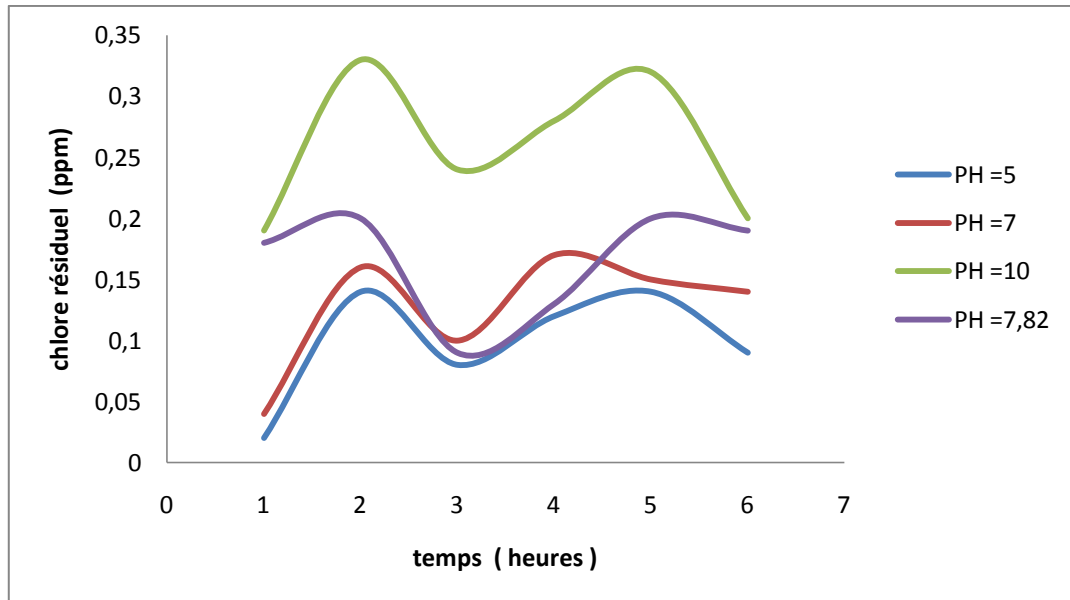


Figure 25. Variation du chlore résiduel on fonction du pH et le temps avec 2.5 ppm du chlore

D'après la figure 25, on remarque qu'au bout de 30 min de réaction, la quantité du chlore injectée de 2.5 ppm est complètement consommée c'est-à-dire que le chlore actif est consommé car il a réagit et devenu du chlore combiné.

De plus, la cinétique des différents pH donne des courbes exprimant l'augmentation et la diminution de chlore résiduel. Cette cinétique débute quand la dose injectée est totalement consommée on fonction du temps. En effet, l'augmentation signifie que le chlore résiduel est entrain de se recombinaison, (il retourne à son état initial c'est ce qu'on appelle retour du chlore), or que la diminution signifie que le chlore est entrain de se combiner une autre fois pour former de nouveaux composés nuisibles et toxiques.

3.6. Effet de la combinaison pré chloration - filtration sur la rémanence du chlore

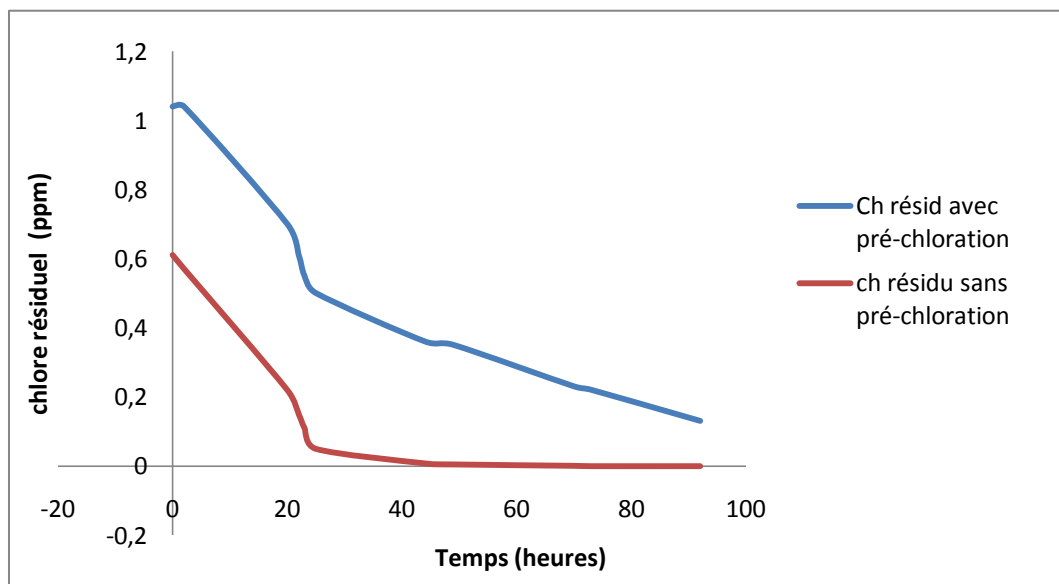
L'étude de l'effet de la combinaison pré-chloration- filtration a été effectuée en procédant à la filtration sur papier filtre d'une eau préalablement pré-chlorée à 2 ppm pendant 30 min et décantée. Après filtration, une post chloration a été réalisée en injectant une autre dose de 2 ppm .

On a refait la même expérience mais en éliminant la pré-chloration au début (juste une filtration et post chloration avec 2 ppm). Après la filtration, on suit la rémanence de chlore, on

Mesurant la valeur de chlore résiduel pendant un temps de 5 jours pour les deux expériences, les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2. Effet de la combinaison pré-chloration -filtration sur la rémanence du chlore

temps	0h	2h	20h	22h	24h	25h	44h	49h	70h	73h	92h
chlore résiduel avec pré-chloration	1,04	1,04	0,7	0,61	0,55	0,5	0,36	0,35	0,23	0,22	0,13
chlore résiduel sans pré-chloration	0.61	0.57	0.22	0.15	0.11	0.05	0.008	0.005	0.001	0.000	0.000

**Figure 26.** Effet de la combinaison pré-chloration -filtration sur la rémanence du chlore

D'après les résultats du tableau 2, on constate bien le rôle de la pré-chloration au début de traitement et l'importance de la combinaison entre la pré-chloration et la filtration sur la post chloration. En effet, une bonne rémanence de chlore 92 h (environ 5 jours) en présence de la pré-chloration et juste 24 h en son absence. Ajoutant au pré-chloration qui provoque la dégradation de la MO et destruction de microorganismes. La filtration provoque la diminution de MES et MO non dissoute (colloïdale), du coup il y' auras une bonne rémanence de chlore actif résiduel après post chloration, car il y' auras une grande élimination des substances consommatrices du chlore. Quand seulement la filtration qui est appliquée. Les substances éliminées seront moins .donc la rémanence du chlore est moins (Figure 26) .

3.7. Analyse bactérienne

Une analyse bactérienne pour plusieurs échantillons de 1L d'eau brute et traitée par différentes méthodes de traitement (décantation, filtration et chloration) a été menée, afin de

savoir leur influence sur la destruction et l'élimination des bactéries. Cette analyse est réalisée par la méthode de la filtration sur membrane citée précédemment dans la rubrique analyses.

Les résultats de dénombrement des microorganismes coliformes totaux et E .coli existant dans chaque échantillon traité sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3. Résultats d'analyses bactériologiques

Echantillon d'eau	E.B	E.B + 0,75ppm	E.B +2ppm	E.D	E.D + 0,75 ppm	E.D + 2ppm	E.F
Nombre de Coliformes totaux UFC	380	17	0	320	298	12	9
Nombre de bactéries E , Coli UFC	9	0	0	6	4	1	2

E.B: Eau brute ; E.D: Eau décantée ; E.F: Eau filtrée

D'après les résultats du tableau 3, on a pu tirer les remarques suivantes :

L'eau brute est chargée en microorganismes car le nombre de bactéries coliformes totaux et E , Coli est élevé.

Une diminution de nombre de microorganismes après la pré- chloration avec la demande en chlore 0.75 ppm a été observée mais, l'élimination n'est pas totale car, la dose injectée n'est pas suffisante pour oxyder les substances minérales et organiques et en même temps tuer les bactéries. En effet, une deuxième désinfection au post chloration est nécessaire pour éliminer les bactéries restantes. Par contre, La quantité de chlore de 2 ppm a été largement suffisante pour désinfecter l'eau et la rendre complètement purifiée.

La décantation n'as pas vraiment une grande influence sur l'élimination des microorganismes. La demande en chlore de 0.75 ppm n'a pas eu de grand effet sur l'élimination du fait qu'une part de bactéries est protégée contre l'action désinfectante du chlore. Malgré la grande dose injectée (2 ppm) , l'eau contient toujours un certain nombre de bactéries et cela s'explique du faite que les paramètres de turbidité comme les MES nuisent à l'efficacité de la chloration.

La filtration a une grande influence sur l'élimination et la diminution du nombre de microorganismes donc, Il est important de réduire le grand possible la turbidité de l'eau à moyen de la filtration.



Conclusion

L'objectif de ce travail est d'étudier les paramètres qui peuvent influencer sur la désinfection en post-chloration au niveau de la station de traitement d'eau potable SEAAL du barrage Taksebt. Les résultats de l'étude expérimentale nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

La pré-chloration a permis l'amélioration de la turbidité et la dégradation de la matière organique (représentée par l'absorbance UV) par coagulation floculation, en utilisant des doses du coagulant FeCl_3 supérieures ou égales à la dose optimale (10 mg/L) et celles du chlore supérieures à la demande en chlore c'est-à-dire, $1\text{ppm} \leq \text{Chlore}_{\text{injecté}} \leq 4\text{ppm}$.

L'étude de l'effet du temps de contact sur la dégradation de la MO (déterminée par la méthode de l'oxydabilité au permanganate de potassium KMnO_4), en injectant différentes doses (faibles, moyennes et grandes) en chlore, a révélé que celle-ci se passe en deux étapes différentes: une étape rapide au cours des premières minutes voir jusqu'à 1heures du temps, elle est caractérisé par une grande diminution de la quantité de la MO existante avant chloration, une autre étape beaucoup plus lente qui continue jusqu'à 24 heures et qui permet aux différentes structures organiques à se dégrader lentement.

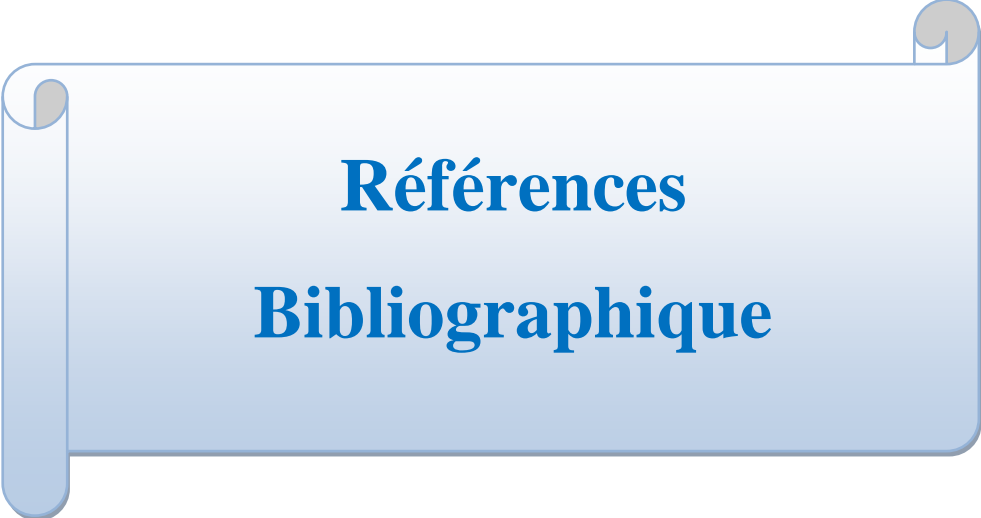
De plus, le surdosage en chlore accélère la destruction de la matière organique et il joue sur la vitesse de réactions, au bout d'un court temps la dégradation est déjà terminée du coup, l'excès du chlore favorise la formation des THM. En effet, les meilleurs résultats de dégradation de la MO sont obtenus en travaillant avec les moyennes doses en chlore.

Les résultats de l'étude de l'influence du pH a montré que la désinfection est meilleure en travaillant avec des pH faibles (acides), ceci en raison de la présence de l'acide hypochloreux actif. Le pH est le paramètre le plus important à contrôler avant d'ajouter le désinfectant car, c'est lui le responsable sur le phénomène de retour du chlore (combinaison et recombinaison) d'une manière périodique, c'est pour cela qu'il faut gérer le temps de contact afin d'éviter et de limiter la formation d'autres composés nuisibles.

L'essai de la combinaison entre la pré-chloration et la filtration a montré son effet sur la post-chloration (désinfection), ou on constaté une rémanence du chlore pour une durée plus longue (5 jours) par rapport à la filtration sans pré-chloration qui a durée juste 24 h.

D'après les analyses bactériologique, on a distingué que l'eau brute de Taksebt est moyennement riche en microorganismes. Toutefois, la concentration du chlore introduite a un rôle direct sur la quantité de microorganismes détruits car, la demande en chlore ne suffit pas pour la destruction totale et il faut une concentration un peu plus élevée pour oxyder, dégrader et en même temps tuer les bactéries.

L'action du désinfectant a diminué en phase de décantation par son association à des matières en suspension MES formant ainsi des floccs protégeant les bactéries de l'activité du chlore. Par contre, la filtration a permis d'éliminer un grand nombre de bactéries même sans pré-chloration, ce qui ne nécessite pas l'utilisation d'une grande quantité de chlore en post-chloration pour éliminer celles encore existantes. En fin, il est fortement recommandé à la station d'effectuer une pré-chloration avec moyennes doses au début de chaque traitement, afin d'assurer une bonne rémanence du chlore, ce qui assure une quantité suffisante du chlore actif dans le réseau de distribution. La connaissance et la bonne gestion des paramètres étudiés permettent d'ajuster et de contrôler la consommation du chlore injecté au niveau de la post-chloration.



Références
Bibliographique

Références bibliographiques

- Ayad .W ; (2017) :** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines :cas des puits de la région d'El – Harroch (Wilaya de SKIKDA) ,Thèse doctorat en microbiologie appliquée , Université Badji Mokhtar –Annaba .
- Belghiti .M.L ; chahlaoui .A ; Bengoumi.D ; & El Moustaine .R ; (2013) :** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe plio-quadernaire de la région de Meknès (Maroc) .
- Bennana .M ; (2012) :** Etude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdallah Thés.Doc .
- Berne. F ; Jean. C ; (1991):**Traitement des eaux .Edition TECHNIP ,1991.
- Boisdon .V ; (1995) :** Efficacité de la désinfection par les procédés d'oxydation chimique et de rayonnement ultra violet, T. S. M .
- Bouchard .M.F ; Sauvé .S ; Barbeau . M ; Le grand. M ; Brodeur .T; Bouffard . E ; Limoges.E; Bellinger . D.C ; & Mergler. D ; (2011) :** Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water .Environmental Health perspectives .
- Boudjellal et Djoudi .H ; (2008) :** Pollution de l'oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielle et impact de leur utilisation dans l'irrigation .Thés .Ing .Tathodes écosystèmes universitaires, Sétif.
- Bourbigot. M .M ; (1996) :** la désinfection des eaux ; contraintes, contradictions, solutions, l'eau l'industrie ; les nuisances 195 .
- Bouziati .M ; (2000) :**L'eau de la pénurie maladie .Ed. IBN-KHALDOUN, Oran :59-64.Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O ,PADV de Hassi ben abdellah. phase 1 : rapport d'orientation .
- Cardot .C ; (1999) :** les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours problèmes résolus, Ellipses Edition Marketing S.A, paris France.
- Cardot .C ; (2013) :**Génie de l'environnement ,les traitements de l'eau :procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus . Ed Ellipses . France.
- Dahel . Zanat ; (2009) :** Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord –Est algérien à travers un bio indicateur la moule perma, Université Badji Mokhtar , 2009 , Annaba .
- Degremont ; (2005) :**Mémento technique de l'eau 10^{ème} Édition,Technique et documentation, Paris , France .
- Deguin . A ; (1996) :** Maitrise de la désinfection de l'eau et des soins-produits de désinfection T.H.M .

Références bibliographiques

D.G.S ; (2005) : Direction générale de la santé Dossier d'information la qualité de l'eau potable en France Aspects sanitaires et réglementaires .

Doré .M ; (1989) : chimie des oxydants et traitements des eaux .Edition technique et documentation, Lavoisier, paris , France.

Duguet .J-P ; Bernazeau.F ; Cleret.D ; Gaid .A; Laplanche.A ; Moles.J ; Montiel.A ; Rion.G; Simon.P ;(2006) : Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement).

Graindorge .J et Landot.E ; (2005) :La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités .Editions Techni-cités .DJORF-TORBA.Thèse Ing .Univ .Sci &Tech. Département des sciences (Bechar) .

Hamed. M. & al ; (2012) : Etude des propriétés physico-chimique et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA .Thèse .Ing .Univ. Sci & Tech .Département des sciences (Bechar).

Harrat . Nabil ; (2013) : Hydraulique Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface, (Biskra), Thés .Doc , p 49-57-66.

Hector ; Ricardo. H ; (2006) : Thèse préparée au Laboratoire d'analyse et d'Architecture des systèmes du CNRS En vue de l'obtention du titre de docteur de l'Institut National des sciences Appliquées de Toulouse Spécialité systèmes automatiques supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable (Léon), Thés .Doc .

Hélène .R ; (2000) : Thèse d'Ingénieurs du génie Sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRI .Thés . Eco. Roussillon (France).

INERIS (institut National de l'environnement Industriel et des risqué) ; (2005) : Zinc et ses dérivés ,Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques

Le Gulludec .C ; (1995) : La désinfection par le chlore des eaux destinées à la consommation humaine : Intérêts et limites de cette pratique : Bilan d'une enquête effectuée dans le département de l'Isère .Sciences pharmaceutique .Thés Docteur en pharmacie, dumas-01817651.

Legube .B ; (1996) : le traitement des eaux de surface pour la production d'eau potable, Guide Technique, Agence de l'eau Loire –Bretagne, France.

MAIGA . A ; (2005) : Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière Thèse de Doctorat en pharmacie) , Université de Bamako , Bamako, (Mali).

Références bibliographiques

Merlet .N ;(1996) : contribution à l'étude du mécanisme de Formation des THM et des TOX non volatils lors de la chloration de molécules modèles, Thèse de Doctorat Es-sciences physiques, Université de Poitiers, France.

Mokeddem . K ; Ouddane .S ; (2005) : Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Sidi Yaakoub , (Mostaganem) , Mémoire d'ingénieur institut de biologie R Mascara .

Moles .J ; (2003) : la désinfection en eau potable, TEE – 03.24n , yti1R-LDR/RA, France

Moustaine .R ; (2013) : Etude de la qualité –physico-chimique et bactériologique de la nappe plio-quaternaire de la région de Meknès, (Maroc) .

OFSP ; (2010) : procédés reconnues destinées au traitement de l'eau potable ; Office Fédéral de la Santé Publique, Département Fédéral de l'Intérieur DFI, Suisse.

OMS ; (2006) : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006, Organisation Mondiale de la santé, Genève ,Suisse .

Orelien . Frantzy ; (2016) : Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous –bassin versant de Ravine Diable 5Anse-a-Veau) ,Thèse , Doc.

Rejsek .F ; (2002) : Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques , centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, France .

Rodier . J ; Legube .B ;Merlet . N, & coll ; (2009) : L'analyse de l'eau , 9^{ème} édition .France

Rodier, J .(1996) :L'analyse de l'eau :Eaux naturelle ,eaux résiduaires ,eau de mer. ,8ème édition, Dunod , paris .

Rodier. J ; (1999) :L'analyse de l'eau : Eaux naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. paris ,7ème édition, Dunod

Rodier. J ; (2005) :L'analyse de l'eau :Eaux naturelle ,eaux résiduaires ,eau de mer ,8ème édition , Dunod ,paris ,France.

Rodier , J .(1997) :L'analyse de l'eau :Eaux naturelle ,eaux résiduaires ,eau de mer. ,8ème édition .

Sari , Hassiba ; (2014) : Contribution à l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » Tlemcen .Thés.Doc.

Seby .P ; (2006) : Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable du syndicat d'Annonay – Serrières, France.

Seghir . K ; (2008) : Appliquée vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous – système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien).Faculté de Sciences de la terre de Badji Mokhtar .Thèse Doct .Géo .Annaba, (Algérie) .

Références bibliographiques

Vilagines ; (2003) : Eau environnement et Santé publique, introduction à l'hydrologie 2^{ème} édition. Lavoisier, paris, France .

Welté . B ; Duraud .C ; (2002) : Eau potable, Opportunité et efficacité des rechlorations sur réseaux ,Guide méthodologique , Agence de l'eau Adour Garonne , France .

WHO (Word Health Organization) ; (2011) : Guidelines for drinking – water quality. Fourth. Ed Geneva .



Annexes

Annexe 01 : normes de potabilité selon l'OMS en 2006

Groupe de paramètre	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Physiques	Chlore	mg/l	0.1 – 0.6
	PH	/	Entre 6.5 et 8.5
	Température	C°	Acceptable
	Turbidité	NTU	Non mentionnée
Paramètres organoleptiques	Couleur	ptco	Pas de valeur guide
	Gout et Odeur	/	Acceptable
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium (Cd)	mg/l	0.003
	Chrome (Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺)	mg/l	Chrome total :0.05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0.07
	Mercure (Hg)	mg/l	Inorganique ; 0.006
	Sélénium (Se)	mg/l	0.01
	Plomb (Pb)	mg/l	0.01
	Antimoine (Sb)	mg/l	0.02
	Fer (Fe)	mg/l	Pas de valeur guide
	Manganèse (Mn)	mg/l	0.4
	Eléments indésirable	ALUMINIUM(Al)	mg/l
Cuivre (Cu ²⁺)		mg/l	2
Ammonium (NH ₄ ⁺)		mg/l	0.5
Argent		mg/l	Pas de valeur guide
Fluorures		mg/l	1.5
Zinc (Zn)		mg/l	3
Bore (B)		mg/l	0.5
Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C2 H3 N1 O5 P1 3		µg/l	0.1
Pesticides		mg/l	0.001

Annexe 02 : Les normes Algériennes

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeur maximal	
			Eaux superficielle	Eaux souterraines
Paramètres organoleptique	couleur	mg/l Echelle pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25 C°)	/	20	3
Paramètres physico chimique en relation avec la structure naturelle des	chlore	mg/l	0.1-0.6	/
	PH	/	≥ 6.5 et $8.5 \leq$	≥ 6.5 et ≤ 8.5
	conductivité	$\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20 C°	2800	2800
	DBO5	mg/l O2	7	< 3
	DCO	mg/l O2	30	/
	MES	mg/l	25	25
	sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	>70
	Température	C°	25	25
Paramètres chimiques	Ammonium	mg/l	4	0.5
	Baryum	mg/l	1	0.7
	Bore	mg/l	1	1
	Fer dissous	mg/l	1	0.3
	Fluor	mg/l	2	1.5
	Manganèse	mg/l	1	0.05
	Nitrate	mg/l	50	50

		NO3		
	Phosphore	mg/l	10	5
	Arsenic	µg/l	100	10
	Cadmium	µg/l	5	5
	chrome	µg/l	100	50
	Cuivre	µg/l	2	0.05
	Cyanures	µg/l	100	50
	Mercure	µg/l	10	6
	Plomb	µg/l	50	10
	Sélénium	µg/l	50	10
	Zinc	mg/l	5	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	µg/l	1	0.2
	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Agents de surfaces	mg/l	0.5	0.2
	Azote kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0.5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	20	20
	Entérocoques	n/100ml	10	20
	Salmonelles	/	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

Résumé

Cette étude a été menée en vue de déterminer les paramètres influençant la désinfection de l'eau en post-chloration, au niveau de la station SEEAL du barrage Taksebt.

L'étude a prouvé que la pré-chloration est une étape indispensable au début de chaque traitement. Celle-ci a amélioré la turbidité et la dégradation de la matière organique responsable du développement bactérien, ainsi que la quantité du chlore rémanente qui demeure à la fin de traitement. Il a été aussi remarqué que les doses du chlore injecté et le temps de contact ont une grande importance sur la dégradation de la matière organique. Le pH aussi est le paramètre le plus important à contrôler pour assurer le bon fonctionnement de la désinfection. L'importance de réduire le maximum possible les matières en suspension et le nombre de microorganismes au moyen de combinaison entre la préchloration et la filtration a été démontré, vu son un impact direct sur l'efficacité du désinfectant et la rémanence du chlore et aussi sur la destruction des microorganismes.

Mots clés: désinfection, chlore résiduel, préchloration, post chloration, rémanence du chlore

Abstract

This study was conducted to determine the influencing parameters of the water disinfection in post-chlorination, at the SEEAL station of Taksebt dam.

The study proved that pre-chlorination is an essential step at the start of each treatment. This improved the turbidity and the degradation of the organic matter responsible of bacterial development, as well as the amount of residual chlorine that remained at the end of treatment. It was also noticed that the injected concentrations of the coagulant and the contact time had a great importance on the degradation of organic matter. The pH is also the most important parameter to control in order to ensure a proper functioning of the disinfection. The importance of minimizing suspended solids and the number of microorganisms by means combination of pré-chlorination and filtration has been demonstrated, given its direct impact on the effectiveness of the disinfectant and the persistence of chlorine and destruction of microorganisms.

Key words: disinfection, residual chlorine, pré-chlorination, post chlorination, residual chlorine .