



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES



### La désinfection de l'eau brute par le chlore



#### Présenté par :

- ◆ Moutaouafiq Salma

#### Encadré par :

- ◆ Mr Diouri Salem (ONEP)
- ◆ Pr Souha Hammou

**Soutenu Le 17 Juin 2010 devant le jury composé de:**

- Pr Souha Hammou
- Pr Harrach Ahmed
- Pr Lamcharfi El Hadi

**Stage effectué à : L'ONEP**

**Année Universitaire 2009 / 2010**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وجعلنا من الماء كل شيء حي

# *DEDICACE*

*Je dédie ce modeste mémoire :*

♡ *A ma mère qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragé et Soutenu toute au long de mes études, aucun mot et aucune langue ne pourra exprimer mes sentiments envers vous.*

♡ *A ma chère tante Najiba, grâce à son encouragement et son soutien moral aux moments difficiles de mes études à la FST*

♡ *A ma belle famille,*

♡ *A tous les professeurs, qui ont fait de leurs mieux afin de nous offrir de bonnes études et qui se sont montrés très compréhensifs à notre égard.*

♡ *A tout mes ami(e)s et collègues, en leur espérant le plein succès dans leur vie.*

*Que Dieu vous garde!*

# REMERCIEMENT

*Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.*

*Je remercie **Mr. AOUZAI** le directeur de l'ONEP et **Mr. DIOURI SALEM** chef de division de contrôle de qualité de l'eau potable qui m'ont permis d'effectuer ce stage au sein du laboratoire Ain Nokbi.*

*J'exprime toute ma gratitude à mon encadrant **Mr. H.SOUHA**, pour l'effort fourni, les conseils prodigués, sa patience et sa persévérance dans le suivi.*

*Je tiens à remercier aussi l'ensemble du personnel de l'ONEP, notamment le personnel de la station de traitement, en particulier **Mr. D.HAMDANI** pour son aide.*

*J'adresse également mes remerciements, à tous mes enseignants, qui m'ont donnée les bases de la chimie.*

*Je remercie très sincèrement, les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineur,*

*A toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.*



# SOMMAIRE

# SOMMAIRE

***SOMMAIRE***

<b>Introduction</b>	1
Présentation de l'ONEP	2
<b>Chapitre I: <u>Description des procédés de traitement</u></b>	
I. Le prétraitement de l'eau d'Oued Sebou	5
II. Le traitement de l'eau brute	7
<b>Chapitre II: <u>Facteurs responsables de la qualité des eaux</u></b>	
I. Facteurs organoleptiques	11
II. Facteurs physico-chimique	12
1. Facteurs physique	12
2. Facteurs chimiques	13
<b>chapitre III: <u>La désinfection par le chlore</u></b>	
I. La désinfection	17
II. Les méthodes de la désinfection de l'eau	17
1. Avantages et inconvénients de chacune des méthodes	17
2. Choix de la méthode de désinfection	18
3. Installation de chloration de l'eau	20
II. La chloration	20
1. La chloration de l'eau	20
2. La chimie et la chloration	21
2.1. Le vecteur de chlore	21
2.2. L'eau de javel	21
2.3. Détermination de degré chlorométrique	22
2.4. L'acide hypochloreux et l'ion hypochlorite	24
2.5. Paramètres influençant l'efficacité de la désinfection par chloration	24
3. Les sous-produits de désinfection chlorée	27
4. Différents types de chlore	28
4.1. Evaluation de la qualité de l'eau	28
4.2. La teneur en chlore	28
5. Demande en chlore libre - Point de rupture	29
<b>Conclusion</b>	33



# INTRODUCTION



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

Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate, obligeant les traiteurs d'eau à constamment innover. Les techniques ont d'ailleurs beaucoup évolué, faisant aujourd'hui du traitement de l'eau une industrie de pointe.

Mon stage a été effectué dans la station de traitement de l'eau de Oued Sebou (ONEP). Mon objectif est d'analyser cette eau au sein du laboratoire régional et connaître les différentes étapes du traitement de l'eau, plus particulièrement sa désinfection afin de la rendre potable.

Ce mémoire est organisé de la façon suivante :

- 💧 Dans le premier chapitre on décrit les procédés de traitement.
- 💧 Dans le deuxième chapitre on traite les différentes méthodes d'analyses de l'eau effectuées au sein du laboratoire.
- 💧 Le troisième chapitre est consacré à l'étude de la désinfection de l'eau par le chlore.

***Présentation de l'ONEP***

## 1. Historique

Créé en 1929 par Dahir sous le nom de REIP (Régie d'Exploitation Installation et Planification), puis REP (Régie d'Exploitation et Planification), et en fin sous le nom de l'ONEP en 1972.

L'Office National de l'Eau Potable est l'organisme gouvernemental qui assure l'essentiel de la gestion des ressources en eau potable et de sa production au Maroc.

C'est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

## 2. Missions principales

- ✗ Planifier et étudier l'approvisionnement en eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- ✗ Contrôler la qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- ✗ Participer aux études, en liaison avec les ministères intéressés, des projets législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

**L'ONEP est le 1<sup>er</sup> Producteur** avec 750 millions m<sup>3</sup> en 2006 couvrant les besoins de 96% de la population totale urbaine du Royaume.

**L'ONEP est le 1<sup>er</sup> Distributeur** avec plus d'1 million de clients abonnés représentant :

- 456 villes et centres (5,6 millions d'habitants).
- Le reste du Royaume est desservi par 13 régies municipales et 3 concessionnaires privés.

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

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

## 3. Directions régionales de l'ONEP

Voir [annexe:1](#)



#### 4. Identification de la Direction de Centre Nord - Fès (DR5)



Photo N°1 : [Station de traitement d'oued Sebou](#)

La direction régionale du centre nord Fès a été créée en juillet 1979 dans le cadre de la décentralisation. Et elle a pour mission l'alimentation en eau potable des zones dépendantes de son territoire. Elle recouvre trois directions provinciales :

- Direction Provinciale d'Al-Hoceima.
- Direction Provinciale de Taounate.
- Direction Provinciale de Taza.

Elle supervise aussi l'exploitation et la maintenance des installations existantes dans les centres de production et de distribution qui sont sous sa responsabilité.

Les ressources utilisées par l'ONEP de Fès, pour la production de l'eau potable sont :

- Ressources souterraines : principalement les forages situés dans la plaine du Saïs.
- Ressources superficielles : les eaux d'Oued Sebou.

**Le complexe de production d'Oued Sebou comprend :**

💧 La station de prétraitement situé à Sebou : sa mise en œuvre remonte à 1989, le rôle de cette station est d'extraire l'eau brute et de diminuer le taux de matière en suspension jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l, et de la refouler jusqu'à la station de traitement.

💧 La station de traitement Ain Nokbi : édifié le 19 mars 1987, elle assure :

- ✗ Le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement selon une série d'étapes.
- ✗ Le contrôle de la qualité des eaux traitées dans le laboratoire régional.
- ✗ Le refoulement des eaux vers le réservoir Bab Hamra.

Dans le cadre du contrôle des eaux potables et selon la nature du point d'eau, le laboratoire régional de Fès procède à des types d'analyses définis par la norme marocaine :

→ **Analyses de surveillance**

→ **Analyses physico-chimiques**

#### 5. Présentation du bassin hydraulique du Sebou

Le bassin de Sebou forme une cuvette entre le Rif au Nord, le moyen Atlas et la meseta au sud, le couloir Fès -Taza à l'Est et l'océan Atlantique à l'Ouest. D'une superficie d'environ 40.000 km<sup>2</sup>, il est l'un des bassins les plus importants du royaume et renferme actuellement une population totale de 5.9 millions d'habitants.

Le climat régnant sur l'ensemble du bassin est de type méditerranéen à influence océanique, devenant continental à l'intérieur. La pluviométrie moyenne annuelle du bassin est de 750 mm, avec un maximum de 2000 mm/an sur les hauteurs du Rif et un minimum de 400 mm sur le haut Sebou et les vallées du Beht.

Le bassin de Sebou connaît une activité industrielle très développée. Les unités importantes à l'échelle du bassin sont : les sucreries, les papeteries, les huileries, les tanneries, les cimenteries, l'industrie du textile et la raffinerie de pétrole.

Le bassin du Sebou comporte 10 grands barrages et 44 petits barrages et lacs collinaires. Parmi ces ouvrages figure le barrage Al Wahda, deuxième grand barrage en Afrique, avec une capacité de stockage de 3730 Mm<sup>3</sup>. Ce barrage joue un rôle capital dans l'irrigation de la plaine du Gharb et sa protection contre les crues dévastatrices de l'oued Ouergha.

La capacité globale actuelle de stockage des 10 grands barrages du bassin est de 5872 M m<sup>3</sup>, permettant de régulariser un volume total de 2970 Mm<sup>3</sup>.



Figure1 : Etat de qualité des cours d'eau du bassin du Sebou

## CHAPITRE I : Description des procédés de traitement

### I. Le prétraitement de l'eau d'oued Sebou

C'est un traitement préliminaire qui permet d'alléger les traitements ultérieurs.

À la station, le prétraitement est constitué par les quatre opérations ci-après :

- 💧 **Le dégrillage.**
- 💧 **Le relevage.**
- 💧 **Le dessablage.**
- 💧 **Le débouage.**

## 1. Dégrillage

Photo N°2 : [Prise d'eau contenant une grille](#)



Première véritable étape dans le prétraitement : le dégrillage, qui consiste à retenir les matériaux encombrants susceptibles de provoquer le colmatage dans les différentes unités de l'installation et qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements.

Donc l'eau passe à travers une grille qui retient les éléments les plus gros : chiffons, morceaux de bois, plastiques, etc...

## 2. Relevage

Photo N°3 : [Opération de relevage](#)



Le relevage permet le pompage de l'eau vers le dessableur, cette opération est assurée par 3 vis d'Archimède : un moyen de relevage particulièrement efficace très fiable et robuste. Elle permet une régularité dans le débit d'alimentation de la station.

## 3. Dessablage

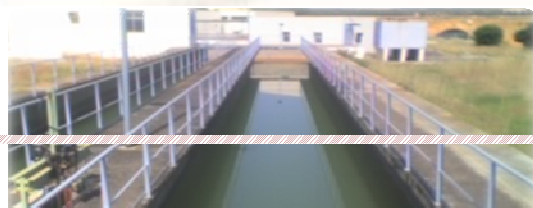


Photo N°4 : [Dessableur](#)

Le dessablage est un prétraitement physique qui consiste à retenir les sables entraînés avec l'écoulement de l'eau.

Le dessablage concerne les particules de granulométrie supérieure à 200  $\mu\text{m}$ , si la granulométrie est inférieure à 200  $\mu\text{m}$ , on parle de débouage.

#### 4. Débouage

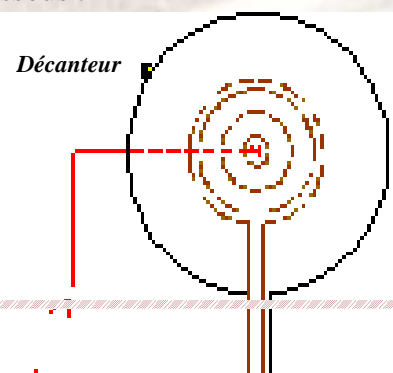
Photo N°5 : [Déboueur](#)

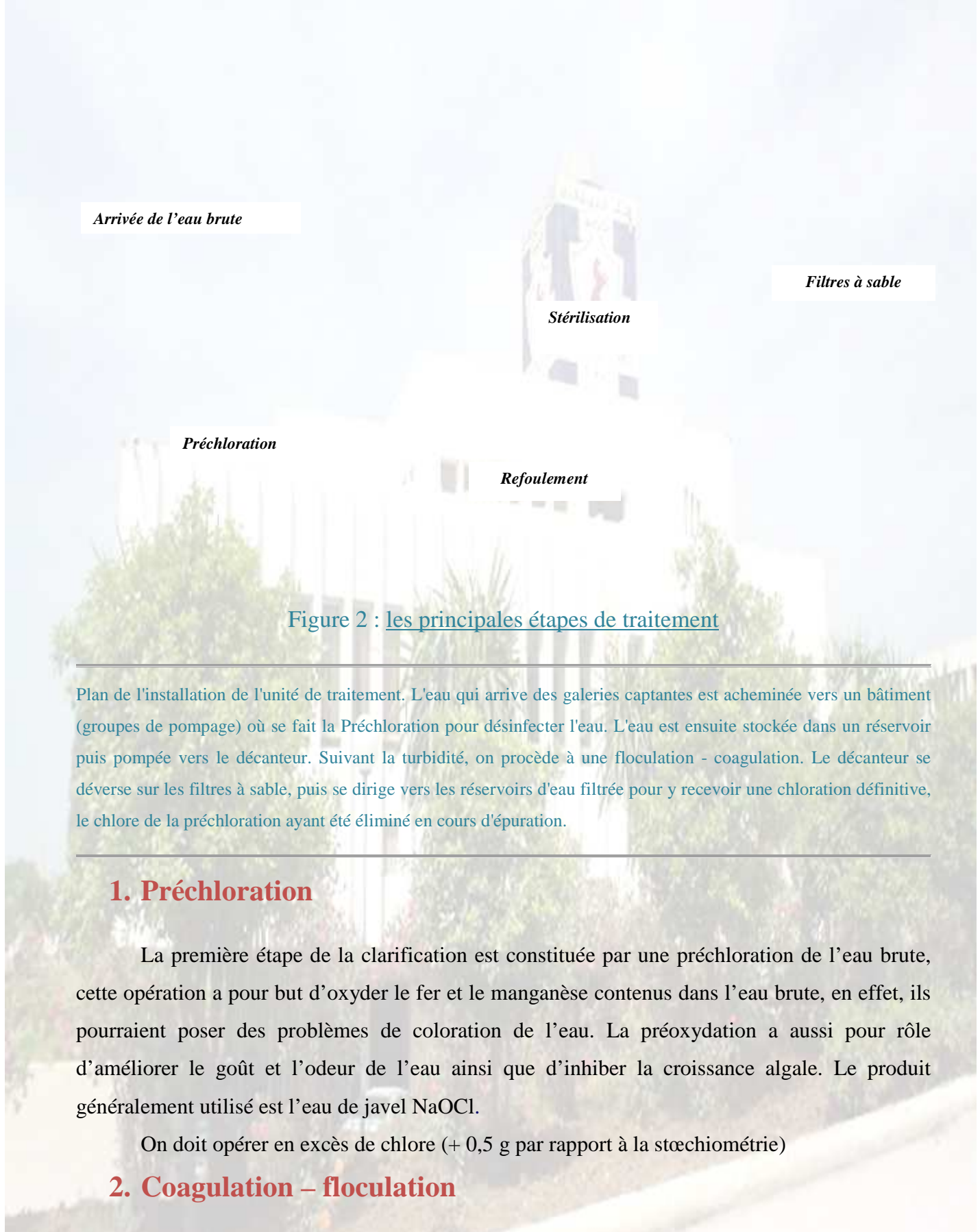


C'est une opération de pré-décantation qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspension (MES), cette technique est utilisée quand la teneur en MES est supérieure à 2 g/l.

## II. Le traitement de l'eau brute

A pour but d'éliminer la turbidité, la pollution chimique et microbologique par toute une série de transformation afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine. Les principales étapes du traitement sont présentées sur le schéma ci-dessous :





*Arrivée de l'eau brute*

*Filtres à sable*

*Stérilisation*

*Préchloration*

*Refoulement*

Figure 2 : les principales étapes de traitement

---

Plan de l'installation de l'unité de traitement. L'eau qui arrive des galeries captantes est acheminée vers un bâtiment (groupes de pompage) où se fait la Préchloration pour désinfecter l'eau. L'eau est ensuite stockée dans un réservoir puis pompée vers le décanteur. Suivant la turbidité, on procède à une floculation - coagulation. Le décanteur se déverse sur les filtres à sable, puis se dirige vers les réservoirs d'eau filtrée pour y recevoir une chloration définitive, le chlore de la préchloration ayant été éliminé en cours d'épuration.

---

## **1. Préchloration**

La première étape de la clarification est constituée par une préchloration de l'eau brute, cette opération a pour but d'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute, en effet, ils pourraient poser des problèmes de coloration de l'eau. La préoxydation a aussi pour rôle d'améliorer le goût et l'odeur de l'eau ainsi que d'inhiber la croissance algale. Le produit généralement utilisé est l'eau de javel NaOCl.

On doit opérer en excès de chlore (+ 0,5 g par rapport à la stœchiométrie)

## **2. Coagulation – floculation**

La coagulation, par un ajout de coagulant, permet de supprimer les répulsions intercolloïdales : les cations métalliques ( $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$ ) se lient aux colloïdes et les neutralisent.

Les coagulants les plus utilisés sont :

- 💧 Le sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18 \text{H}_2\text{O}$ .
- 💧 Le chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$
- 💧 Le sulfate ferreux  $\text{FeSO}_4$  oxydé par le chlore

La floculation permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement. La solution exploitée par la floculation est de provoquer, grâce à l'ajout de floculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de colloïdes appelé *floc* dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décantier.

Les floculants les plus utilisés sont :

- 💧 Les polymères : polyélectrolytes
- 💧 L'alginate

### 3. Décantation

Photo N°6 : [Un décanteur](#)



Après la formation des floes et après l'étape de floculation, on passe à l'étape de décantation pour récupérer tout ou une grande partie des floes. On utilise pour cette étape un décanteur.

Lors de la décantation, les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau, vont avoir tendance à se déposer au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur, avec la réduction au minimum de la concentration de matières en suspension qu'il faudra enlever par filtration.

### 4. Filtration

L'eau à filtrer (qui provient du décanteur) passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse de floes non éliminés par la décantation.

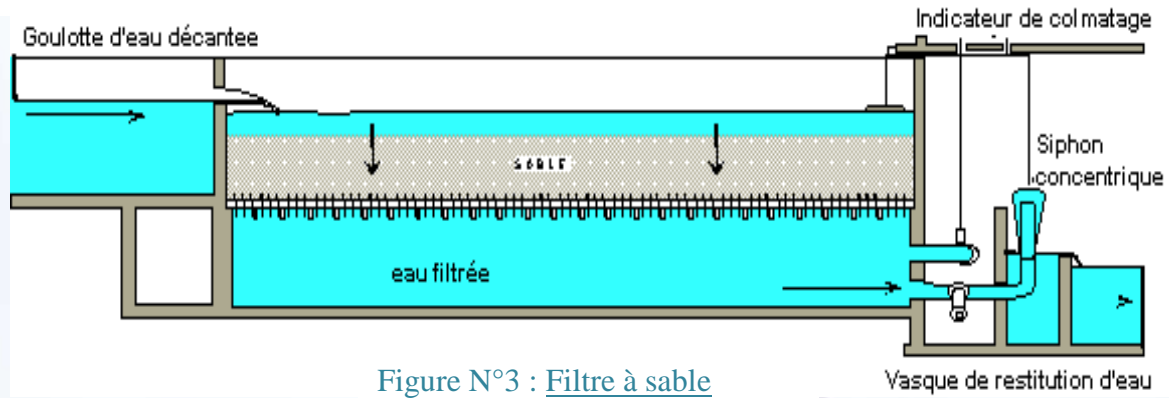


Figure N°3 : [Filtre à sable](#)

La filtration se fait dans des 6 bassins remplis de sable d'une hauteur de 0,95m à forte granulométrie 0,85 mm. Ces filtres s'encrassent peu à peu et il est nécessaire de les nettoyer. Pour cela on injecte de l'air et de l'eau propre par dessous le sable. Il se forme alors une écume en surface qui déborde du bassin. L'insufflation ne soulève pas suffisamment le sable mais assez les particules qu'il contient pour qu'elles atteignent la surface et s'écoulent du bassin dans les goulottes qui sont de part et d'autre des bassins de filtration.

L'efficacité de la filtration est attestée par la valeur de la turbidité de l'eau filtrée. Une eau correctement filtrée doit avoir moins de 0,5 néphélogramme (NTU).

Photo N°7 : [Filtres à sable](#)



## 5. Stérilisation

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

Donc la désinfection est une étape très importante pour la potabilisation de l'eau.



## CHAPITRE II : Facteurs responsables de la qualité des eaux

### I. Facteurs organoleptiques

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

Il s'agit de la couleur, l'odeur, la saveur et la turbidité.

Selon la norme marocaine 03-07-003 :

#### 1. La couleur

La couleur peut être définie comme :



② ..... C  
couleur réelle : c'est la couleur due aux seules substances en solution dans l'eau.

③ ..... C  
couleur apparente : c'est la couleur due aux substances en solution et aux substances en suspension dans l'eau.

**NB :** Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité

2. .... L

### 'odeur

L'odeur c'est :

④ ..... L  
l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

⑤ ..... L  
la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

3. .... L

### a saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique commune perçue par les organes gustatifs lorsqu'ils sont en contact avec l'eau à tester.

4. .... L

### a turbidité

a. .... D  
définition :

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau.

Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite. Elle est due aux particules colloïdales ou en suspension dans l'eau.

b. .... T  
technique de mesure :

On mesure la turbidité de l'eau par le turbidimètre. La mesure de la turbidité permet d'évaluer la "limpidité relative" de l'eau. Elle n'est donc pas une mesure directe de la quantité des particules en suspension, mais plutôt une mesure de leur effet de diffusion sur la lumière.

c. .... N

**forme de la turbidité :** voir annexe N°2

## II. Facteurs physico-chimiques

1. .... F

### facteurs physique :

a. .... T

#### température

La température joue un rôle très important dans la détermination de type de rejets, de la solubilité des produits chimiques, en effet elle conditionne les équilibres chimiques de dissolution. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH, elle influe sur la densité, la viscosité, la tension de vapeur saturante à la surface, les réactions chimiques et biochimiques, la teneur en oxygène dissout et l'effet catalytique des enzymes.

e. .... P

#### principe

Selon la nature du point de prélèvement on utilise soit un thermomètre soit une sonde.

b. .... P

#### potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est en fonction de la concentration des ions  $H_3O^+$  contenus dans l'eau.

Dans les eaux naturelles l'activité des ions  $H_3O^+$  est due à des causes diverses, en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et des sels.

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

Photo N°8 : pH mètre



L'actuelle norme pour eau naturelle et à consommation humaine est destinée à décrire la mesure du pH des eaux par deux méthodes :

- × Soit par colorimétrie à l'aide d'un indicateur coloré dont la coloration obtenue est comparée à une échelle de teintes préparées à partir des solutions de pH connus. Cette méthode est valable pour la mesure du pH sur le terrain et ne doit être utilisée que pour des eaux naturelles dont le pH est compris entre 6 et 9.
- × Soit par potentiométrie à l'aide d'électrode de verre. Cette méthode peut être utilisée pour la mesure du pH de tout type d'eau, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.

c..... c

### Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes et permet de déterminer la quantité de sels dans l'eau. Car la plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain, la conductivité est mesurée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Photo N° 9 :

Conductivimètre

2..... f

### acteurs chimiques :

a..... d

### détermination de l'alcalinité de l'eau :

x..... t

titre Alcalimétrique (TA) :



### rincipe

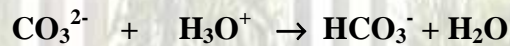
**TA** : correspond à la neutralisation des ions hydroxydes  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) par un acide fort.

### Mode opératoire

On prélève 100 ml d'échantillon dans un Erlenmeyer de 250 ml, on Ajoute deux gouttes de phénophtaléine (Indicateur de PH avec une zone de virage de 8,3 à 10), dont deux manifestations peuvent se présenter :

- Une coloration rose, qui signifie que le **TA** est différent de 0, ce qui nécessite un dosage par HCl (N/10) .On verse goutte à goutte jusqu'à la décoloration et on note le volume versé V.
- Pas de Coloration rose, ce qui signifie que le TA est égal à 0, donc PH de l'eau est inférieur à 8,3.

### Les réactions mises en jeu sont :



### \* Titre Alcalimétrique complet (TAC) :



### rincipe

**TAC** : le titre alcalimétrique complet correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates.

### Mode opératoire

Pour déterminer le TAC, on utilise l'hélianthine (avec une zone de virage de 3,3 à 4,6), qu'on ajoute à 100 ml d'échantillon pour donner une coloration jaune, ce qui nécessite un dosage par HCl ; on ajoute un volume V' d'acide chlorhydrique à l'aide d'une burette, tout on agitant après chaque goutte versé jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune orangée.



Ajout de l'hélianthine

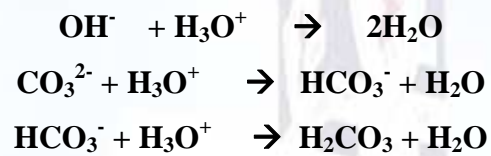


dosage par HCl 0.1 N



apparition d'une coloration jaune orangée

Les réactions mises en jeu sont :



Expression des résultats

$$\text{TAC (meq/l)} = (V + V')$$

Soient :  $N_a$  : Normalité de HCl ( $N_a=0.1\text{N}$ )

$V_a$  : Tombée de burette ( $T_b = (V + V')$ )

$N_b$  : Normalité des alcalins ( $N_b = ?$ )

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

Au point d'équivalence :

$$N_a V_a = N_b V_b$$

$$N_b = \frac{(N_a V_a)}{V_b}$$

$$N_b = 0,1 \times T_b / 100$$

$$N_b = 10^{-3} T_b \text{ (eq/l)}$$

$$N_b = T_b \text{ (meq/l)}$$

Donc :

$$N_b = (V + V') \text{ (meq/l)}$$

**b. Oxydabilité :**

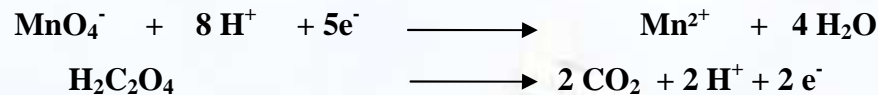
Définition

L'indice de permanganate d'une eau correspond à la qualité d'oxygène exprimé en mg/l cédée par l'ion permanganate ( $\text{MnO}_4^-$ ) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

Principe

Oxydation par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition (13min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon.

L'addition d'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium. On procède un titrage en retour par le permanganate de potassium. Les réactions mises en jeu sont :



La réaction de dosage est:



#### ☉ Mode opératoire:

On porte à l'ébullition 100 ml d'eau additionnée de 2 ml d'acide sulfurique de 95% à 97% et on ajoute 10 ml de permanganate de potassium N/100 et on maintient à ébullition pendant 13 min, ensuite on refroidie rapidement et on fait la réduction des ions  $\text{MnO}_4^-$  en  $\text{Mn}^{2+}$  par une solution d'acide oxalique N/100, et on titre l'excès par le permanganate de potassium N/100.

#### ☉ Expression de résultats :

La quantité d'oxygène nécessaire est donnée par la relation suivante :

$$[\text{Oxy}] = T_b \times 0,8 \quad (\text{mg/l})$$

$T_b$  : la tombée de burette

### c. jar-Test :

#### ☉ Principe

Cette méthode nous permet de déterminer les doses optimales de chaque réactif à ajouter dans l'eau pour sa clarification.

#### ☉ Mode opératoire

- On remplit 6 flacons par 1 l d'eau brute.
- On injecte la quantité de chlore déjà calculée.
- On injecte le sulfate d'aluminium à 10 g/l en quantité croissante, avec une agitation de 120 tours /min pendant 2 min pour la coagulation.
- On ajoute 1 ml de poly électrolyte (0,1g/l) dans chaque flacon avec une vitesse de 40 tours /min pendant 20 min pour la floculation.

- On laisse décanter pendant 30 min ensuite on les filtre et on remplit le bulletin de saisie pour déterminer les doses optimales.

Photo N° 10 : essai de Jar Test

## **CHAPITRE III : LA DESINFECTION PAR LE CHLORE**

### **I. La désinfection**

La désinfection est l'étape terminale du traitement qui élimine les germes pathogènes et certains éléments indésirables contenus dans l'eau à distribuer.

### **II. Les méthodes de la désinfection de l'eau**

Il existe actuellement trois méthodes courantes pour la désinfection de l'eau:

- 💧 La chloration de l'eau.
- 💧 La stérilisation par les rayons U.V.
- 💧 L'ozonisation.

#### **1. Avantages et inconvénients de chacune des méthodes**

##### **1.1. La chloration de l'eau :**

Le chlore est un désinfectant puissant, traditionnellement utilisé pour le traitement de l'eau potable.

##### **1.1.1. Les avantages**

- Le coût



**du chlore**

d'investissement est plus faible que celui de l'ozonisation.

- Le système est très simple: il suffit d'utiliser une pompe à injection ou un injecteur venturi pour mélanger du chlore avec l'eau.

#### **1.1.2. Les inconvénients du chlore**

- Le chlore donne un goût et une odeur désagréable à l'eau, selon les doses utilisées.
- Certains dérivés chlorés tels que les chloramines, les chlorophénols ..., sont dangereux.
- L'installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique.
- L'efficacité du chlore dépend du pH de l'eau, plus le pH diminue plus l'efficacité du chlore augmente.

### **1.2. Ultraviolet**

L'eau est soumise à un rayonnement ultraviolet à une longueur d'onde ayant un pouvoir biocide (UV, longueur d'onde d'environ 254 nm).

#### **1.2.1. Les avantages de l'Ultraviolet**

- L'utilisation de U.V d'une part est plus économique et d'autre part très facile à employer.
- Cela ne nécessite pas de stockage de produit chimique.
- Le traitement ne laisse aucune dérivée dans l'eau.

#### **1.2.2. Les inconvénients de l'ultraviolet**

- Les U.V. n'éliminent pas les bactéries
- Leurs efficacité n'est pas durable. L'eau doit donc être consommée directement après traitement.
- Les particules organiques et minérales en suspension dans l'eau stoppent les U.V. et diminue l'efficacité du traitement.

### **1.3. L'Ozonisation**

L'ozone est une molécule composée de trois atomes d'oxygène, possédant un grand pouvoir désinfectant. Il est instable et se décompose naturellement en oxygène.

#### **1.3.1. Les avantages de l'ozonisation**

- L'ozone se décompose en oxygène, sans laisser de produits dérivés dans l'eau.
- L'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques ni de consommable à changer régulièrement).

#### **1.3.2. Les inconvénients de l'ozonisation**



- La production d’ozone demande une consommation importante de l’énergie.
- Le système est assez complexe.
- Certains matériaux ne sont pas résistants à l’ozone.

## 2. Choix de la méthode de désinfection

On choisit un type de désinfection en tenant compte de plusieurs critères à savoir:

### 2.1. Dimension de l’installation

Pour de petites installations, l’investissement nécessaire pour la chloration ou l’ozonisation rend ces méthodes peu rentables. De plus, la chloration et l’ozonisation nécessitent des connaissances de nouvelles techniques car on travaille avec des produits dangereux.

### 2.2. Caractéristiques de l’eau à la sortie

- ✗ La stérilisation U.V. n’ajoute aucun élément extérieur à l’eau. Dans le cas des U.V., les produits issus de la lyse des bactéries changent légèrement la composition de l’eau.
- ✗ L’ozone ajouté à l’eau change temporairement les caractéristiques de l’eau, l’ozone se décompose peu à peu en oxygène moléculaire.
- ✗ Le chlore laisse des dérivés dans l’eau, qu’ont peut éliminer au cours de traitement.

### 2.3. Intervalle entre traitement et consommation

Lorsque l’eau est traitée au niveau du consommateur, toutes les méthodes sont applicables.

Si l’eau doit par contre attendre avant d’être consommée (réseau de distribution ou réservoir), il faut que l’eau reste potable durant un certain temps. Dans ce cas, il faut éviter d’utiliser les U.V. car les bactéries peuvent redevenir actives dans certaines conditions, même sans contamination extérieure.

L’ozone est utilisable, tant qu’il n’y ait pas de contamination après le traitement.

Le chlore possède un effet rémanent qui garantit une désinfection dans le réseau, jusqu’au point de consommation. C’est pourquoi le chlore est employé dans pratiquement tous les réseaux de distribution d’eau potable.

Le tableau suivant résume les informations des paragraphes précédents :

Critères	Ozone	chlore	U.V.
Ampleur de	grande	grande	petite-grande

<b>l'installation</b>			
<b>Investissement</b>	Très important	important	moyen
<b>Entretien</b>	faible	faible	moyen
<b>Utilisation</b>	complexe	moyenne	simple
<b>Rémanence</b>	moyenne	<b>forte</b>	faible
<b>Goût/odeur</b>	nul	présent	nul
<b>Efficacité germicide</b>	Très bonne	bonne	bonne
<b>Inefficace contre</b>	Aucun germe	Virus *, protozoaires	Algues, Moisissures**

### Traitement à privilégier

\* : dépend du pH de l'eau

\*\* : nécessite des doses d'exposition très élevées.

### **3. Installation de chloration de l'eau**

Le chlore est principalement utilisé pour traiter l'eau potable. Ces qualités de rémanence en font une très bonne solution lorsque l'eau est acheminée dans un système de distribution, où il existe des sources de contamination. En prévoyant une dose de chlore assez grande, on garantit une eau de qualité jusque chez le consommateur.

Tout procédé de traitement de l'eau de surface ou souterraine doit comporter comme dernière étape la stérilisation par un désinfectant, qui permet de garantir que l'eau ne présente aucun danger microbiologique. L'objectif est de veiller à ce que le procédé de stérilisation ait une concentration et un temps de contact suffisants pour empêcher la contamination microbienne avant que l'eau ne soit distribuée. Même après le traitement, l'eau peut être recontaminée dans les canalisations. Il est donc important que l'eau traitée contienne encore suffisamment de stérilisant chimique (résidu) pour éviter toute revivification microbienne ou recontamination lorsque l'eau circulera dans les canalisations.

Le chlore est le désinfectant le plus répandu, le plus économique et le plus fiable, qui a l'avantage de maintenir et de mesurer le taux de chlore résiduel dans le système de canalisations et les robinets afin d'assurer la poursuite du processus de stérilisation pendant la distribution de l'eau.

Quel que soit le procédé utilisé, l'eau doit être convenablement traitée au préalable pour que la stérilisation se produise et que l'eau demeure libre de toute contamination microbienne.

## **II. La chloration**

## 1. La chloration de l'eau

On injecte le chlore à la préchloration(ou la préoxydation) et à l'étape finale du traitement qui est la stérilisation.

La chloration de l'eau a pour but :

- Elle sert à rendre inactifs les organismes pathogènes présents dans l'eau.
- Le chlore résiduel libre subsiste jusqu'au robinet de l'utilisateur de sorte que l'ensemble de la chaîne soit désinfecté.

Les sous-produits de désinfection chlorés sont majoritairement de deux sortes :

- Les Trihalométhanes (on les notera THM), le principal est le chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ).
- Les Chloramines la principale est la monochloramine ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ).

## 2. La chimie et la chloration

Cette partie de chimie est nécessaire pour comprendre le pouvoir germicide du chlore, et la fabrication des sous-produits de désinfection chlorés.

### 2.1. Le vecteur de chlore

Le choix s'est porté sur l'utilisation d'eau de javel (Hydroxyde de sodium  $\text{NaOCl}$ ) comme vecteur de chlore principalement à cause de son faible coût et de sa facilité d'utilisation.

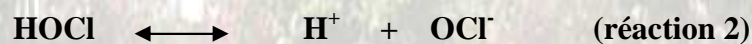
### 2.2. L'eau de javel

La javel mise en solution dans l'eau donne lieu à deux réactions de dissociation :

- L'eau de javel donne de la soude et de l'acide hypochloreux



- À partir de certaine valeur du pH, voisine de 6, l'acide hypochloreux se transforme en ion hypochlorite.



Du fait de la loi d'action de masse, on peut écrire :

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]} = K \quad \text{ou encore} \quad \frac{[\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]} = \frac{K}{[\text{H}^+]}$$

De cette dernière équation, on peut déduire que la proportion entre  $\text{OCl}^-$  et  $\text{HOCl}$  d'une eau chlorée dépend directement de **pH** ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ).

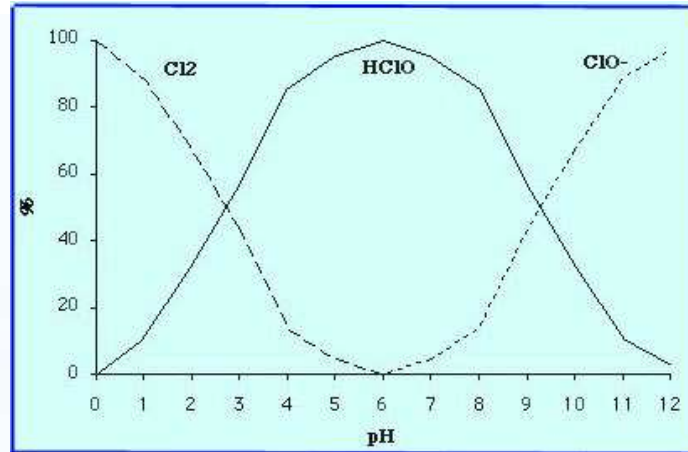


Figure N°1: % des différentes formes chlorées en fonction du pH

### 2.3. Détermination de degré chlorométrique :

Le degré chlorométrique ( $^{\circ}\text{Chl}$ ) : donne le pouvoir oxydant d'un litre d'eau de javel, à  $20^{\circ}\text{C}$ , exprimé en litre de dichlore gazeux sous une pression de 1 bar et une température de  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### a. Principe :

En milieu acide, l'hypochlorite est décomposé avec dégagement de chlore qui déplace l'iode d'une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est dosé par une solution titrée de thiosulfate de sodium.

#### b. Réactifs :

- ☉ Solution d'iodure de potassium à 10%.
- ☉ Solution d'acide acétique à 9N.
- ☉ Solution de thiosulfate de sodium N/10.
- ☉ Empois d'amidon.

#### c. Mode opératoire :

On introduit successivement dans un erlenmeyer 1 ml d'eau de javel à titrer (ou un volume supérieur pour des solutions diluées), 10 ml de solution d'iodure de potassium (10%), et 10 ml de solution acétique (9N).

On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium (N/10) jusqu'à coloration jaune paille, on ajoute alors 10 gouttes d'empois d'amidon. On continue le dosage jusqu'à décoloration.

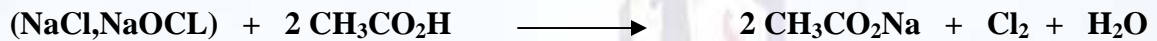
#### d. Expression des résultats :

$V_B$  représente le volume exprimé en millilitres de thiosulfate de sodium N/10 utilisés  
alors :

- $C_1 = V_B \times 3,55$  donne le poids en grammes de chlore par litre.
- $C_2 = C_1/3,17$  donne le degré chlorométriques français de l'hypochlorite considéré.

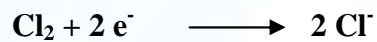
**e. Interprétation :**

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

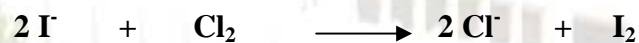


Les équations d'oxydoréduction sont les suivantes:

L'apparition d'une coloration brune due à la présence de  $\text{I}_2$ .



D'après ces 2 équations on obtient l'équation globale :



C'est une méthode indirecte qui nous permet de connaître  $\text{Cl}_2$  à partir de  $\text{I}_2$  :

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{I}_2)$$

On titre par le thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration de la solution :



La réaction globale est la suivante:



Les mesures de ce paramètre obtenues pendant une période sont regroupées :

Date	$\text{Cl}_2$ (chl°)
12/05/10	25,19
14/05/10	24,63
15/05/10	23,46
17/05/10	22,88
18/05/10	21,04
20/05/10	19,46
21/05/10	18,05

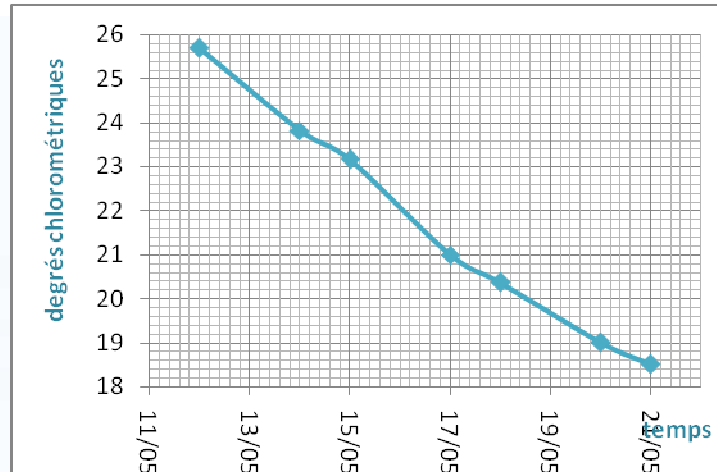


Figure N°2 : Évolution de  $\text{Cl}_2$  ( $\text{chl}^\circ$ ) au cours du temps de stockage

A partir de ce diagramme on observe que les degrés chlorométriques diminuent avec l'augmentation de temps.

Cette diminution est traduite par le dégagement de  $\text{Cl}_2$  pendant le stockage :



Alors on doit conserver ce produit dans des flacons en plastique opaques à l'abri de la lumière et de la chaleur pour éviter la formation des radicaux libres.

#### 2.4. L'acide hypochloreux et l'ion hypochlorite :

Ce sont les deux formes du chlore libre ou actif, c'est à dire que ce sont eux qui vont réagir contre les matières indésirables présentes dans l'eau pour les rendre inactives.

Ces deux formes n'ont pas le même pouvoir de désinfection : l'acide est 100 fois plus efficace que l'ion.

À la lumière de cette information on voit l'importance de la réaction ci-dessous. Il faut faire en sorte qu'il y ait le moins possible de la forme ionique par rapport à la forme acide.

##### Ⓢ La réaction



- C'est une réaction d'équilibre.
- L'équilibre est fonction du pH et de la température.
- Plus le pH et la température sont élevés et plus la réaction tendra vers le sens création d'ion hypochlorite.
- C'est une réaction d'équilibre, donc s'il y a utilisation d'acide hypochloreux la réaction tendra à le recréer.

#### 2.5. Paramètres influençant l'efficacité de la désinfection par chloration

### a. Le potentiel Hydrogène :

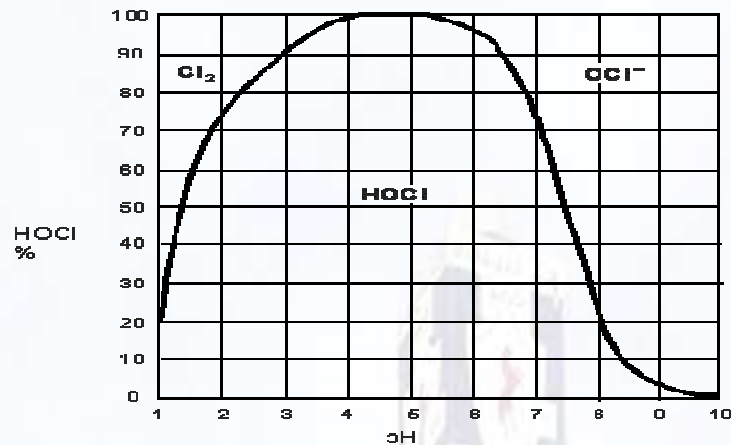


Figure N°3 : la dissociation de l'acide hypochloreux HOCl en fonction du pH

- à  $\text{pH} < 2$  Le chlore est sous forme moléculaire  $\text{Cl}_2$  dissoute
- à  $2 < \text{pH} < 5$  Le chlore se dissocie.  
Un équilibre se crée entre la forme  $\text{Cl}_2$  et  $\text{HOCl}$
- à  $5 < \text{pH} < 9$  l'acide hypochloreux  $\text{HOCl}$  se dissocie.  
Un équilibre se crée entre la forme  $\text{HOCl}$  et  $\text{OCl}^-$  (ion hypochlorite).
- à  $\text{pH} > 9$  Le chlore se trouve sous la forme unique  $\text{OCl}^-$ .

Pour un effet rapide du chlore et une économie en produits, il convient de traiter l'eau à des valeurs de pH proches de la neutralité.

### b. La turbidité

Les éléments à l'origine de la turbidité augmentent la demande en chlore de l'eau traitée suivant la relation empirique :

$$\text{Demande en chlore en 1 heure (mg/l)} = 0,15 \text{ turbidité (NFU)} + 0,2$$

L'accroissement de la turbidité peut entraîner une augmentation des doses de chlore requises.

### c. La température

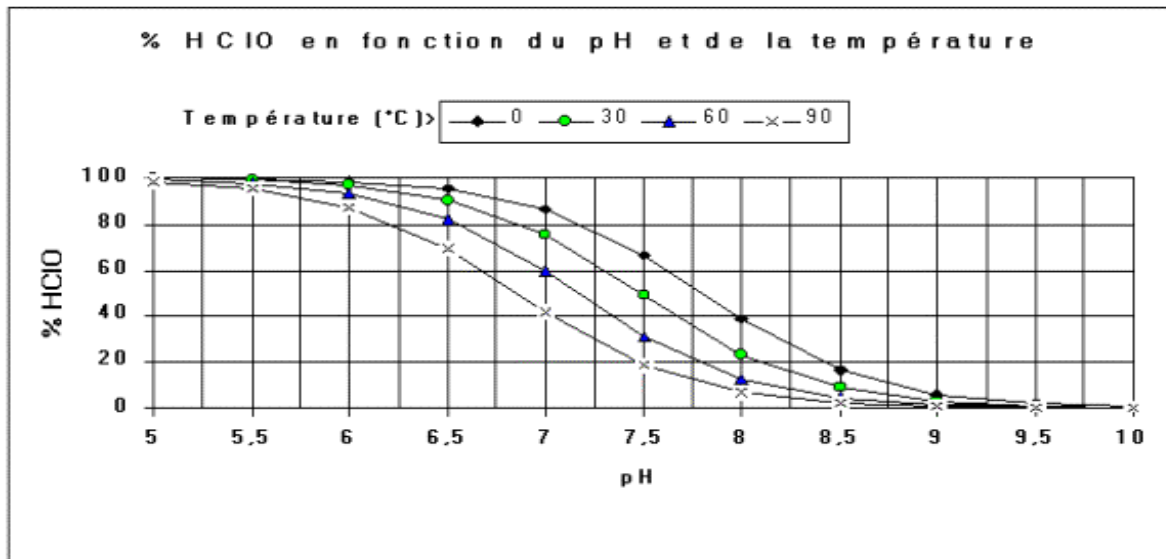


Figure N°4 : % HOCl en fonction du pH et de la température

Plus la température augmente plus l'efficacité du désinfectant diminue.

Quel que soit la température le pourcentage de HOCl diminue par rapport à celui de ClO<sup>-</sup>, avec l'augmentation du pH.

La rapidité de l'effet bactéricide du chlore est proportionnelle à la température de l'eau ; par conséquent cette stérilisation est plus efficace dans des eaux de température élevée. Or le chlore est plus stable dans l'eau froide, donc subsiste plus longtemps, ce qui compense dans une certaine mesure la lenteur de la réaction.

- ⊗ 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 beaucoup moins efficace en milieu alcalin.

**NB :**

Ici, il faut introduire un autre paramètre : **l'action germicide.**

#### **d. L'action germicide**

**Définition :**

L'action germicide est le temps que met un désinfectant à une concentration x pour détruire 99.99% des bactéries.

On la note CT. Son unité est le mg mn/l.



« C'est le temps en minutes que met un désinfectant pour détruire 99.99% de la colonie de bactéries multiplié par sa concentration en mg/l. »

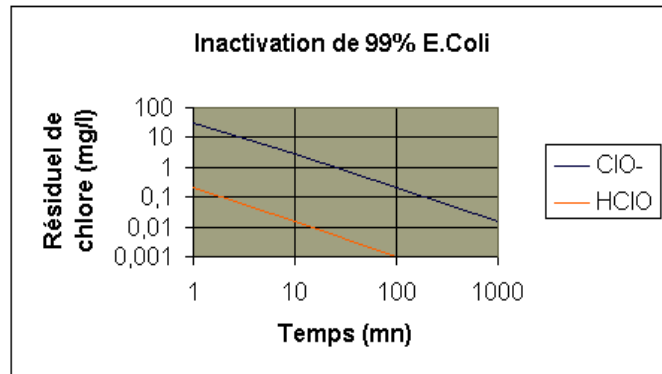


Figure N°5 : Efficacité comparée de HOCl et ClO<sup>-</sup> pour l'inactivation de 99 % de la bactérie E. Coli

HOCl aurait pour effet de déstructurer les chaînes des protéines bactériennes, qui de ce fait, perdraient leur fonction. Par ailleurs, des sites actifs jusqu'alors protégés deviennent "visibles" et actifs, ce qui se traduit par des agrégations de protéines et forment donc des déchets qui amènent finalement la mort des bactéries.

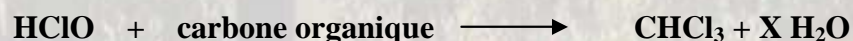
L'action germicide prend en compte plusieurs paramètres, notamment la résistance bactérienne. Cette dernière est fonction de nombreux paramètres, particulièrement la température. En fait, la résistance bactérienne est beaucoup plus faible à haute température.

### 3. Les sous-produits de désinfection chlorée :

#### 3.1. Les trihalométhanes

Les trihalométhanes se forment dans l'eau potable principalement par chloration de la matière organique naturellement présente dans les sources d'eau brute. Les trihalométhanes que l'on trouve le plus fréquemment dans l'eau potable sont le chloroforme (CHCl<sub>3</sub>), le bromodichlorométhane (CHBrCl<sub>2</sub>), le chlorodibromométhane (CHClBr<sub>2</sub>) et le bromoforme (CHBr<sub>3</sub>).

##### a. Réaction de fabrication du chloroforme:



Le taux de formation des THM augmentent en fonction des concentrations de chlore, d'acide humique, de la température, du pH et de la concentration des ions bromures.

##### b. Les effets nocifs

Il est possible que les sous-produits de la chloration, présentent un risque de cancer évalué à 40 %.

### 3.2. Les chloramines

Elles résultent de l'action du chlore sur l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ou l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Les chloramines sont utilisées comme désinfectant secondaire dans certains pays. Elles ont un pouvoir germicide inférieur à celui de chlore. Elles constituent donc un très bon complément au chlore.

#### Ⓜ Réaction de fabrication



Il existe trois types de Chloramine. La monochloramine est prédominante dans l'environnement hydrique :

<b>Monochloramine</b>	<b><math>\text{H}_2\text{Cl}</math></b>
<b>Dichloramine</b>	<b><math>\text{HCl}_2</math></b>
<b>Trichloramine</b>	<b><math>\text{Cl}_3</math></b>

### 4. Différents types de chlore :

<b>Chlore total</b>	<b>Chlore libre</b>	<b>Chlore combiné</b>
Le chlore total est la somme du chlore libre et du combiné.  Il correspond à la quantité de chlore injecté dans le réseau par le système de chloration	Il existe sous deux formes : ✘ Acide Hypochloreux ✘ Ion Hypochlorite	Ce sont les sous-produits de désinfections chlorées, principalement les trihalométhanes et les chloramines



#### 4.1. Evaluation de la qualité de l'eau

$$\text{CHLORE TOTAL} = \text{CHLORE LIBRE} + \text{CHLORE COMBINE}$$

Cette formule est très importante, elle permet d'évaluer la qualité de l'eau.

Le chlore total et le chlore libre sont des entités mesurables. On peut donc calculer le chlore combiné.

Le chlore combiné est l'image de la qualité de l'eau car il correspond aux réactions entre le chlore libre et les matières indésirables. Plus il y a de chlore combiné et moins la qualité de l'eau est bonne.

#### 4.2. La teneur en chlore

Il existe deux réactifs utilisés pour la mesure du taux de chlore :

- ④ L'orthodolidine : réactif en solution donnant une couleur jaune en présence du chlore. Il ne mesure que le chlore total et ne donne aucune indication sur les chloramines.

- ☉ La diéthylparaphénylènediamine (DPD) : réactif sous forme de pastille donnant une couleur rose-rouge en présence du chlore.
- ☉ La pastille DPD n°1 donne la teneur en chlore libre.
- ☉ La pastille DPD n°4 (ou DPD n°1 + DPD n°3) donne la teneur en chlore total.

La différence entre ces teneurs donne la teneur en chloramines, ce qui permet de suivre parfaitement la qualité de la désinfection.

Tableau des différentes formes de chlore et leur détermination : voir [annexe N°3](#)

## 5. Demande en chlore libre - Point de rupture :

En présence d'ammonium ou de composés organiques aminés (ex. : R-NH<sub>2</sub>), le chlore forme par substitution, des chloramines.

Suivant la quantité de chlore et le pH, on aura des mono, di ou trichloramines.

Avec l'ammonium, on a les réactions suivantes :

- (1)  $\text{NH}_4^+ + \text{HOCl} \longrightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$  (monochloramines) □
- (2)  $\text{NH}_4^+ + 2\text{HOCl} \longrightarrow \text{NHCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$  (dichloramines)
- (3)  $\text{NH}_4^+ + 3\text{HOCl} \longrightarrow \text{NCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$  (trichloramines)

À pH >7, il se forme presque uniquement de la monochloramine. Lorsque la réaction (1) est terminée, un excès de chlore la détruit :



L'addition des réactions (1) et (4) fournit la réaction globale :



Lorsque la réaction (5) est terminée, le chlore rajouté en excès se retrouve sous forme de chlore libre (HOCl+OCl<sup>-</sup>), pour un temps de contact déterminé (3/4 h à 1h) le tracé de courbe de chlore résiduel (chloramine + chlore libre), en fonction de la dose de chlore introduite, donne une courbe caractéristique représentée sur la figure ci-dessous :

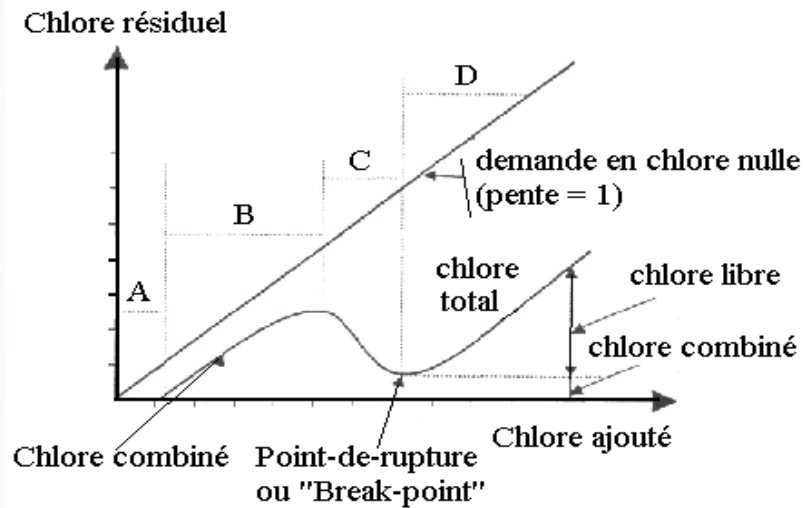


Figure n°5 : la chloration au break-point

- A : destruction du chlore par les composés minéraux,
- B : formation de composés chlorés organiques et de chloramines,
- C : destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire,
- D : production de chlore actif.

La chloration au break-point entraîne la disparition totale de l'ammoniac.

Pratiquement, pour être sûr de chlorer au delà du BP, il faudra avoir dans l'eau un chlore résiduel libre d'au moins 0,4 mg/l, et une différence entre chlore résiduel total et chlore libre aussi faible que possible.

**a. Principe :**

On introduit dans un échantillon d'eau des doses croissantes de chlore. On recherche au bout d'une ½ heure, la dose de chlore résiduel libre. On détermine le break point à partir de la courbe.

**b. Mode opératoire :**

On diluera la solution d'eau de javel avec de l'eau distillé de façon à avoir une solution à 0,1g/l on prépare 10 flacon. On introduit dans chacun des flacons 100ml d'eau brute avec des doses croissantes de chlore de façon à avoir des concentrations choisies en chlore actif ;on laisse les flacons a l'obscurité pendant 30min ; après on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction des réactifs colorimétriques habituels (l'orthotolidine ou DPD) .

**c. Résultats :**

On représente les résultats de 6 essais sous forme de graphes :

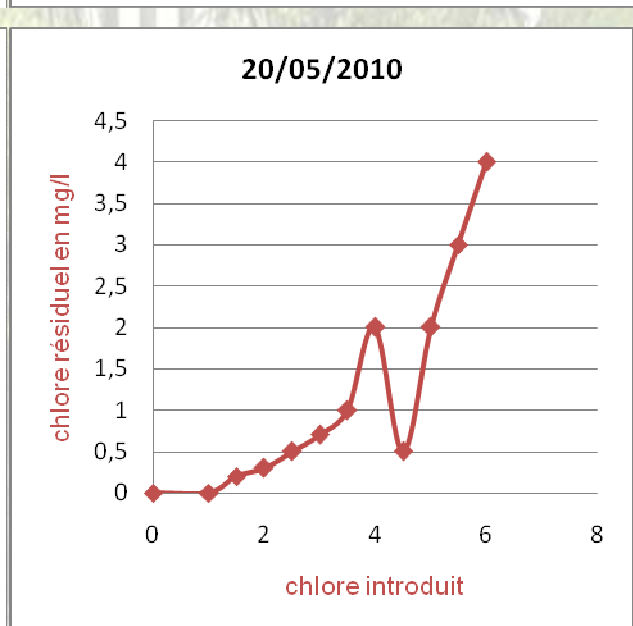
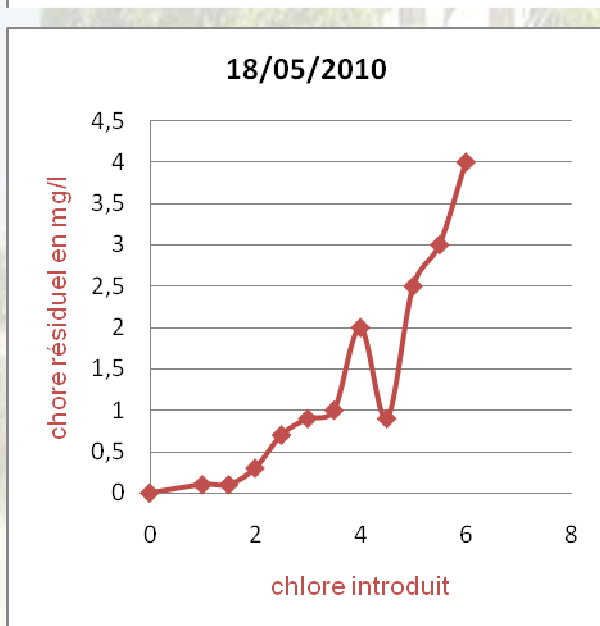
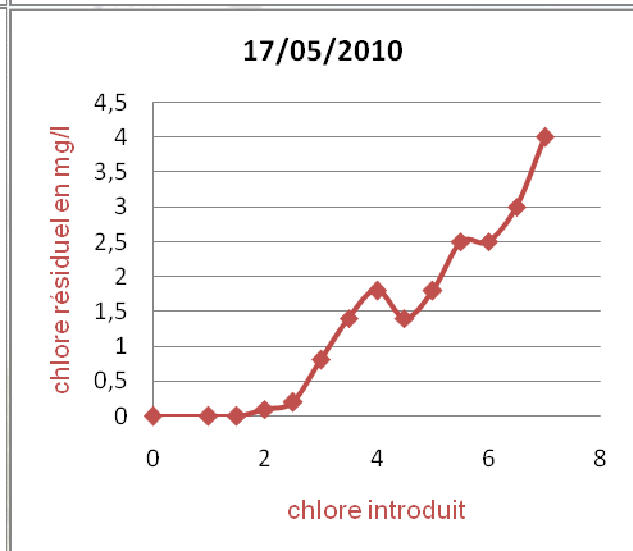
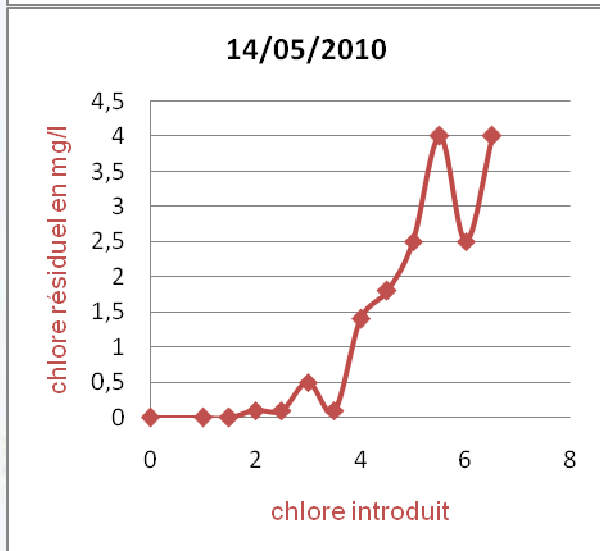
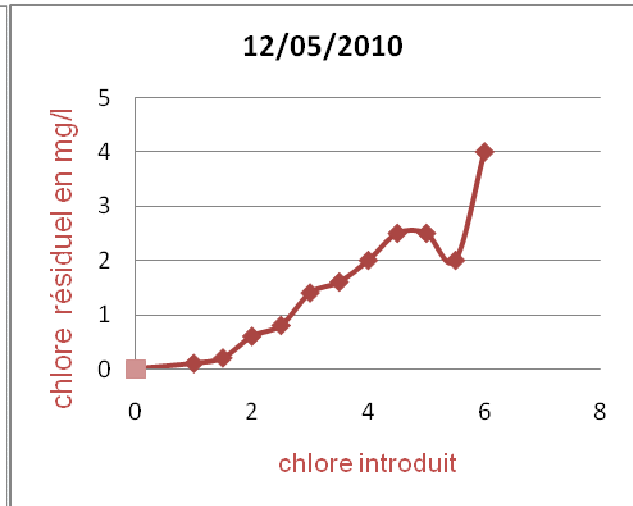
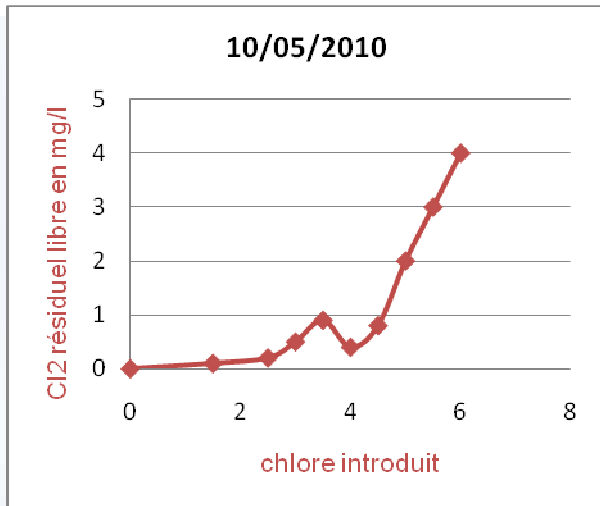


Figure N°6 : Les courbes de la demande en chlore

☉ **Résumé des résultats :**

date	Break point
10/05/2010	4
12/05/2010	5,5
14/05/2010	6
17/05/2010	4,5
18/05/2010	4,5
20/05/2010	4,5

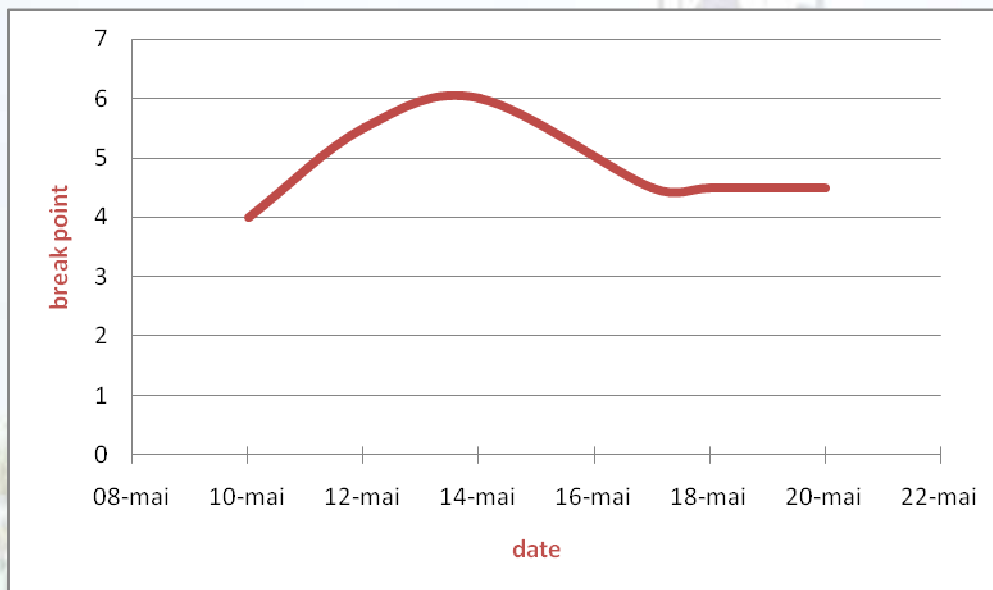


Figure N°7 : Break Point en fonction du temps

☉ **Interprétation des résultats :**

On constate d'après ces résultats que la demande en chlore pour les eaux de l'oued Sebou augmente de 10 au 14 mai. Elle passe par un maximum (5.5 et 6mg/l) et diminue de 14 au 16 mai. Au delà de cette date elle reste pratiquement constante vers 4.5 mg/l.

# CONCLUSION

Les eaux d'Oued Sebou représentent une ressource d'eau potentielle pour l'ONEP de Fès, cependant lorsqu'elles ne sont pas bien traitées, elles constituent un danger pour la santé humaine.

Mon stage à l'ONEP, bien qu'il soit de courte durée, m'a permis de faire la passerelle entre ma vie universitaire et ma vie professionnelle. Il m'a permis d'améliorer mes connaissances et d'acquérir de nouvelles notions sur l'eau, de connaître les procédés de traitement utilisés à la station.

Ainsi en effectuant les analyses physico-chimiques j'ai pu constater la qualité de l'eau et la dose de chlore suffisante pour sa désinfection.





# ANNEXES

# ANNEXES

Annexe N° 1 :

## Directions Régionales ONEP

Direction Régionale du Sud  
Agadir (DR1)

Directions Régionale du Tensift  
Marrakech (DR2)

Direction Régionale du Centre  
Khourboga (DR3)

Direction Régionale du Centre  
Kenitra (DR4)

Direction Régionale du Centre  
Nord Fès (DR5)

Direction Régionale de l'oriental  
Oujda (DR6)

Direction Régionale du Centre  
Sud Meknès (DR7)

Direction Régionale des Provinces  
Sahariennes Laayoune (DR8)

Direction Régionale de La Côte  
Atlantique Rabat (DRC)

## Annexe N°2 :

Normes :

Le respect de la réglementation (1 NFU, limite de qualité) implique approximativement que la turbidité de l'eau à l'entrée de l'étape de filtration ne doit pas être supérieure à 6 NFU, et à 3 NFU pour respecter la référence de qualité de 0,5 NFU.

ÉTAPE DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE	TURBIDITE EN SORTIE DE TRAITEMENT	
	95 % DU TEMPS	100 % DU TEMPS
Coagulation-floculation-décantation	Entre 1 et 5 NFU	< 5 NFU
Coagulation sur filtre	< 0,3 NFU	< 0,5 NFU

### Techniques de réduction de la turbidité :

Le procédé classique pour l'élimination de la turbidité est la filtration sur sable

## Annexe N°3 :

### Tableau des différentes formes de chlore et leur détermination

Appellation	Synonymes	Composition	Formules	Détermination
-------------	-----------	-------------	----------	---------------

<b>Chlore libre</b>	Chlore libre total	Acide hypochloreux Ion hypochlorite Chlorocyanuriques Chlore *	HOCl ClO <sup>-</sup> CLCy Cl <sub>2</sub>	Pilule DPD1
<b>Chlore actif</b>	Chlore libre actif Chlore réellement libre	Acide hypochloreux Chlore *	HOCl Cl <sub>2</sub>	Détermination en fonction du pH et de la mesure DPD1
<b>Chlore total</b>	Chlore résiduel total	Acide hypochloreux Ion hypochlorite Chlorocyanuriques Chlore * Chloramines	HOCl ClO <sup>-</sup> CLCy Cl <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> Cl NHCl <sub>2</sub> NCl <sub>3</sub>	Pilule DPD4 ou DPD1 + DPD3 ou orthodolidine
<b>Chlore combiné</b>	Chloramines	Chloramines minérales et organiques	NH <sub>2</sub> Cl NHCl <sub>2</sub> NCl <sub>3</sub> NR <sub>n</sub> Cl <sub>3-n</sub>	Différence entre la mesure chlore total et la mesure chlore libre

\* au pH de fonctionnement le Cl<sub>2</sub> est négligeable