

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



## Mémoire de Mastèr

Présenté à l'Université de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & d'Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Option : Hydraulique Urbaine et techniques des eaux

Présenté par : **BOUDEFFA MOHAMED**

---

**Thème :**

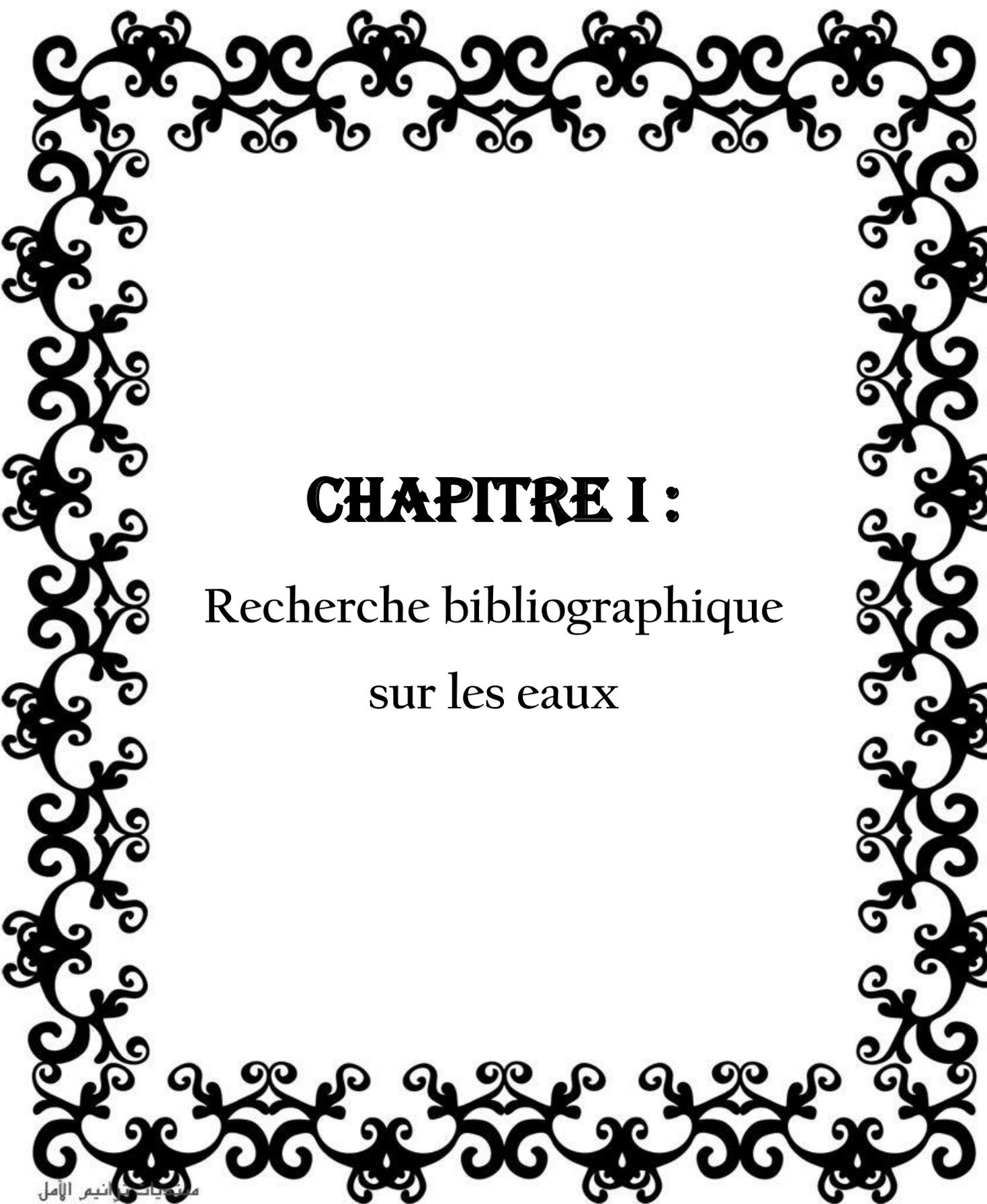
**Procédures De Traitement et Dimensionnement De  
L'extension De la Station De Traitement De  
Bouhamdene**

---

Sous la direction de : **Dr TOUMI A/WAHAB**

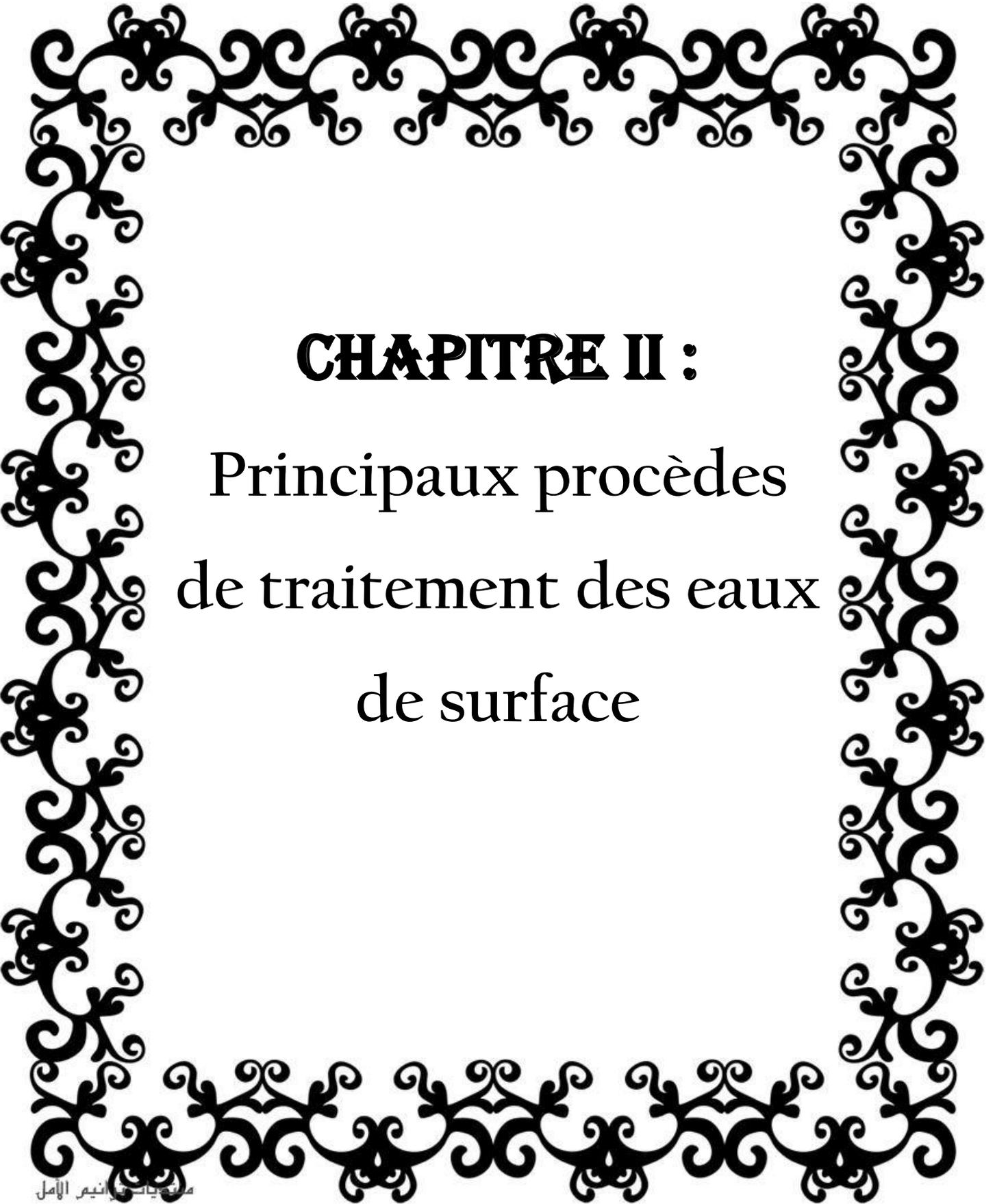
**Juin 2015**

---



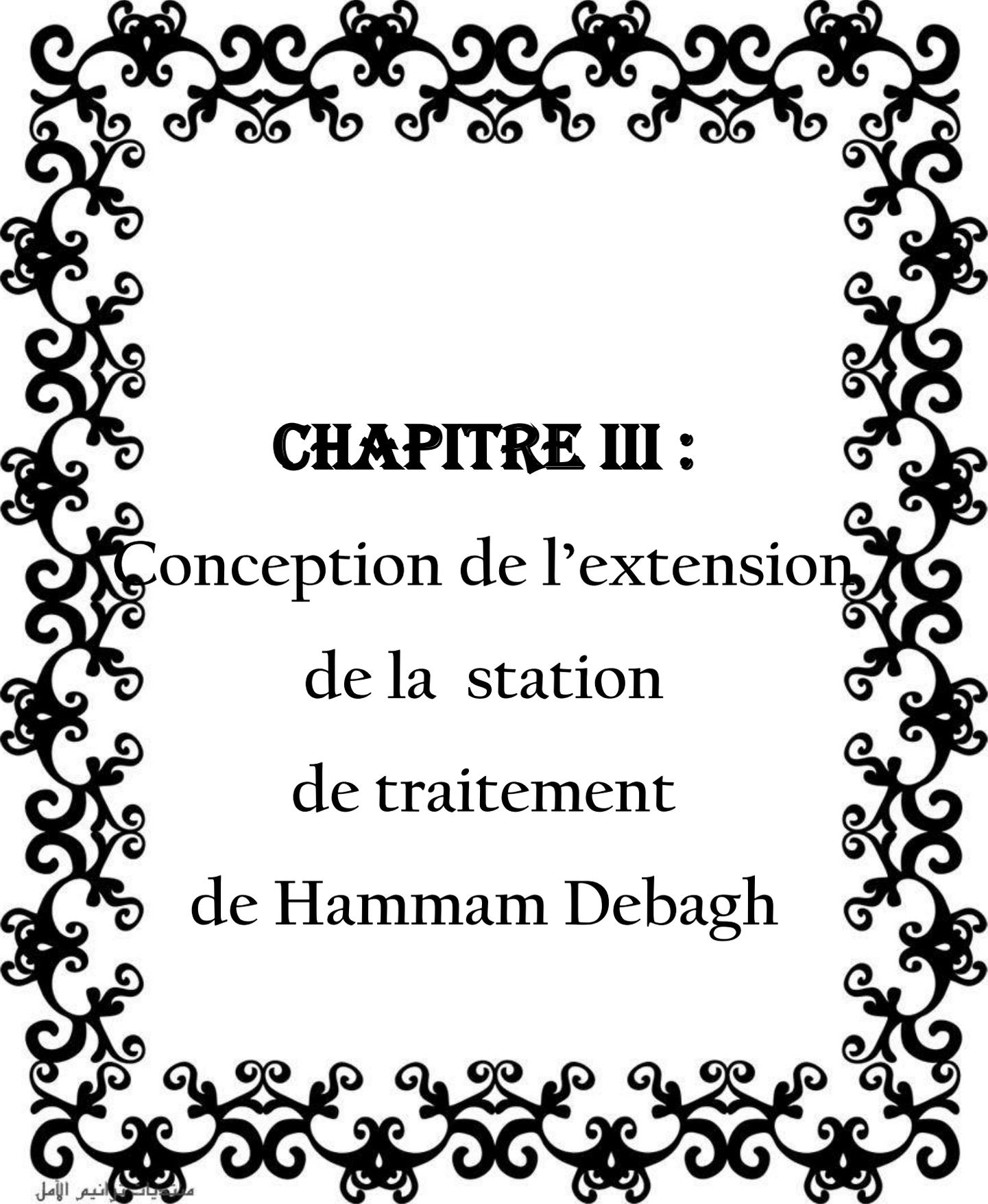
# **CHAPITRE I :**

Recherche bibliographique  
sur les eaux



## **CHAPITRE II :**

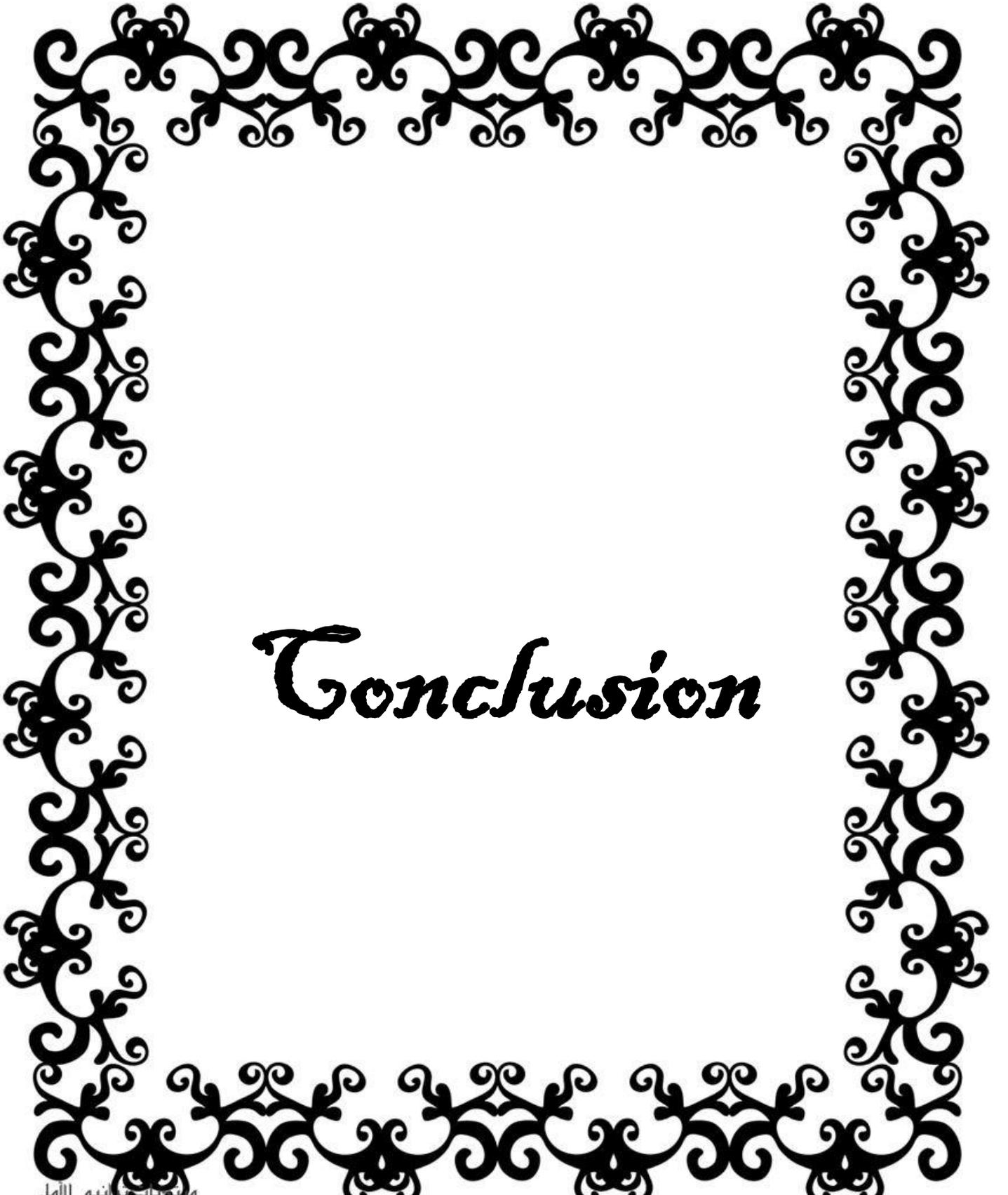
# Principaux procédés de traitement des eaux de surface



## **CHAPITRE III :**

Conception de l'extension  
de la station  
de traitement  
de Hammam Debagh





# *Conclusion*



# *Introduction*

## ***DEDICACE***

*Avec l'aide et la grâce de Dieu j'ai achevé ce  
modeste travail  
je le dédie*

*A Mes très chères parents qui m'ont  
encouragé et durant toute la période de mes  
études, ils resteront toujours la bougie qui  
éclaircit ma vie, que Dieu me les garde*

*Je le dédie à ma petite famille Souad et ma  
fille ROUA*

*A mes chères frères et soeurs*

*A toute ma famille et mes ami(e)s*

## **REMERCIEMENT**

*Je tiens à remercier dans un premier temps,  
toute l'équipe Pédagogique de la Faculté des  
Sciences et Techniques Département Génie-  
Civil et hydraulique de l'université de Guelma*

*Et toutes le personnel de la station de  
traitement et de l'ADE de guelma  
Et personnel du CTH*

:

# Introduction générale

Si le recours aux eaux de surface à approuver son efficacité devant l'utilisation globale de l'eau en additionnant les chiffres de consommation des habitants et encore les disparités qui sont énormes, il est donc certain que les besoins en eau ne cesseront de croître.

Et pour faire face à cette situation, et vu les problèmes rencontrés dans les points de production actuels, il est impératif d'augmenter voir de doubler la quantité produite si les conditions le permettent pour satisfaire cette demande.

C'est dans cet optique que s'inscrit notre travail d'extension de la station de traitement de l'eau potable de Bouhamdane wilaya de Guelma, tôt au tard l'extension de cette station est la solution la plus adéquate pour répondre aux exigences de la demande croissante d'une part et d'autre part assurer une eau potable conforme aux normes de potabilité exigées par la réglementation en vigueur.

Cet extension est basée sur les techniques de traitement reconnues et comprend les différents ouvrages de chaque étape du processus global de traitement. Pour atteindre ces objectifs nous avons scindé notre travail en 04 chapitres.

Le premier chapitre a pour objectif de déterminer les différents types d'eau, de décrire le cycle de l'eau et de définir en détaille les substances présentes dans l'eau.

Le second chapitre sera consacré quant à lui à la théorie en détaille des procédés de traitement des eaux. Alors que le troisième chapitre est complètement réservé à la conception de la deuxième station de traitement à savoir l'extension de celle existante.

Dans la dernière partie, nous dimensionnerons les différents ouvrages nécessaires au traitement des eaux du barrage de Bouhamdane.

# Résumé

Le choix d'un sujet qui englobe les opérations de traitement et le dimensionnement de l'extension d'une station de traitement a été guidé par le souci de mieux exploiter et de subvenir la demande croissante en eaux potable.

A l'époque la ville de Guelma est alimentée à partir des eaux souterraines. Toutefois, la demande croissante en eau potable a conduit à l'exploitation des eaux de surface du barrage de Bouhamdane. Les eaux de surface nécessitent toujours un traitement ce qui le cas du barrage en question, donc la réalisation d'une station de traitement à proximité du barrage s'avère une solution. Cependant, le débit d'eau traitée fourni par cette dernière est devenu insuffisant surtout au futur proche.

L'extension de cette station c'est-à-dire la réalisation d'une autre similaire est une solution adéquate pour satisfaire la demande notamment aux régions qui souffrent d'une insuffisance d'eau situant à la zone Sud et Nord-Est du chef-lieu de Guelma.

En somme notre objectif final consiste à mettre en évidence l'utilité des paramètres d'analyses entrant dans le choix de la chaîne de traitement d'une part et d'autre part ils permettent de bien concevoir et de dimensionner correctement les ouvrages de la chaîne.

Le choix des doses des différents produits utilisés ont été déterminées expérimentalement par des essais bien connus parmi eux, on peut citer :

- L'essai Jar-Test : il nous a permis de déterminer les doses optimales du coagulant et du floculant.
- L'essai de Break-point : il a donné la dose optimale du désinfectant.
- L'essai de la vitesse de décantation : il nous a permis d'obtenir la vitesse de chute des floes.

**Mots clés :** Eau de surface, paramètres d'analyses, extension, dimensionnement

# GLOSSAIRE

T.H : Titrage hydrotimétrique

T.A.C : Titrage alcalimétrique complets

T.D.S : Teneur des sels dissous

R.S : Résidu sec

Mg<sup>+2</sup> : Magnésium

Cl<sup>-</sup> : Chlorures

Ca<sup>+2</sup> : Calcium

M.E.S: Matières en suspension

M.O : Matières organique

GT : Germes totaux à 22 °c , Germes totaux à 37°c

CT : Coliformes totaux

CTT : Coliformes thermo tolérants [ E-Coli ]

SF : Streptocoques fécaux

ASR : Anaérobie sulfito-réducteurs

M.T.H : Maladie à transmission hydrique

N.T.U : Néphélométrie turbidité unité

HCO<sub>3</sub> : Bicarbonate

K : Potassium

MgCO<sub>3</sub> : Carbonate de magnésium

PH : Potentiel d'hydrogène

UFC : Unité Formant Colonie

SO<sub>4</sub> : Sulfate

NH<sub>4</sub> : L'ammonium

NO<sub>2</sub> : Nitrite

NO<sub>3</sub> : Nitrate

$\text{CaCO}_3$  : Carbonate de calcium

(  $\text{Cl}_2$  ) Chlore libre

$\text{Ca}(\text{ClO})_2$  : Hypochlorite de calcium

$\text{NaClO}$  : Hypochlorite de calcium

ADE : Algérienne Des Eaux

ANBT : Agence National des Barrages et Transferts





## Liste des tableaux

<b>Tableau (1,1) : Compositions isotopique moyennes de l'eau.....</b>	<b>02</b>
<b>Tableau (1,2) : Concentrations des différents ions d'une eau de mer.....</b>	<b>07</b>
<b>Tableau (1,3) : Comparaison entre les caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine en se basant sur les paramètres principaux d'analyses.....</b>	<b>08</b>
<b>Tableau (1,4) : Substances présente dans l'eau.....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau (2,1) : Etapes et unités de traitement standard d'une eau de surface.....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau (2,2) : Les Avantages et les inconvénients des produits de désinfection les plus utilisés.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau (2,3) : Taille des particules colloïdales.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau (2,4) : Temps de décantation des différents particules.....</b>	<b>26</b>
<b>Tableau (2,5) : Détermination du coefficient de frottement en fonction de Reynolds.....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau (2,7) : Eléments chimiques constitués le sable de rivière et le sable de Tebessa.....</b>	<b>51</b>
<b>Tableau (2,8) : Les effets de différents désinfectants.....</b>	<b>55</b>
<b>Tableau (3,1) : Analyses physico-chimique de l'eau brute (Année 2013)....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau (3,2) : Analyses physico-chimique de l'eau traitée (Année 2013)..</b>	<b>67</b>
<b>Tableau (3,3) : Analyses bactériologique de l'eau brute (Année 2013).....</b>	<b>68</b>
<b>Tableau (3,4) : Analyses physico-chimique de l'eau brute (Année 2014)....</b>	<b>69</b>
<b>Tableau (3,5) : Analyses physico-chimique de l'eau traitée (Année 2014)..</b>	<b>70</b>
<b>Tableau (3,6) : Analyses bactériologique de l'eau brute (Année 2014) .....</b>	<b>71</b>
<b>Tableau (3,7) : Essai du break-point.....</b>	<b>71</b>
<b>Tableau (4,1) : Noms des abréviations utilisées à la formule).....</b>	<b>88</b>
<b>Tableau (4,2) Détermination de la vitesse de décantation.....</b>	<b>91</b>

## Liste des figures

<b>Figure (1,1) :</b>	<b>Schéma du cycle de l'eau.....</b>	<b>04</b>
<b>Figure (1,2) :</b>	<b>Le cycle de l'eau de consommation.....</b>	<b>12</b>
<b>Figure (2,1) :</b>	<b>Les formes de chlore dans l'eau.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure (2,2) :</b>	<b>Chloration au break-point.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure (2,3) :</b>	<b>But de Coagulation-Floculation.....</b>	<b>25</b>
<b>Figure (2,4) :</b>	<b>Evaluation de la taille des flocons.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure (2,5) :</b>	<b>Consignes de décalage et de mélange.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure (2,6) :</b>	<b>Forces agissant sur une particule d'eau.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure (2,7) :</b>	<b>Schéma de la décantation à flux horizontal.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure (2,8) :</b>	<b>Schéma de décantation à flux horizontale (particules floculées)</b>	<b>44</b>
<b>Figure (2,9) :</b>	<b>Influence du temps de séjour et de la hauteur du décanteur sur L'élimination des particules floculées en décantation diffuse</b>	
<b>Figure (2,10) :</b>	<b>Courbe de perte de charge et turbidité sur lit granulaire....</b>	<b>47</b>
<b>Figure (2,11) :</b>	<b>Pressions dans un lit filtrant.....</b>	<b>48</b>
<b>Figure (2,12) :</b>	<b>Courbes de pressions dans un filtre à couche unique ..... hétérogène (la portion de sable hachurée se trouve sous vide)</b>	<b>49</b>
<b>Figure (2,13) :</b>	<b>La courbe granulométrique.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure (2,14) :</b>	<b>Mécanismes de fonctionnement d'une buselure.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure (2,15) :</b>	<b>Plancher de buselures.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure (2,16) :</b>	<b>Composition d'un filtre à sable gravitaire.....</b>	<b>54</b>

<b>Figure (3,1) : Désignation du site - vue aérienne récente.....</b>	<b>65</b>
<b>Figure (3.2) : Courbe de la demande de chlore d'eau brute.....</b>	<b>76</b>
<b>Figure (3,3) : Courbe de détermination de la dose de coagulant.....</b>	<b>77</b>
<b>Figure (4,1) : La Tour de prise d'eau principale du barrage de .....</b>	<b>80</b>

#### **Bouhamdene**

<b>Figure (4,2) : Grille à mailles.....</b>	<b>81</b>
<b>Figure (4,3) : Détermination de la vitesse de décantation.....</b>	<b>90</b>
<b>Figure (4.4) : Détermination du temps optimal de rinçage.....</b>	<b>93</b>

## **GLOSSAIRE :**

T .H : Titrage hydrotimétrique

T .A .C : Titrage alcalimétrique complets

T .D. S : Teneur des sels dissous

R .S : Résidu sec

Mg<sup>+2</sup> : Magnésium

Cl<sup>-</sup> : Chlorures

Ca<sup>+2</sup> : Calcium

M.E.S: Matières en suspension

M .O : Matières organique

GT : Germes totaux à 22<sup>0</sup>c , Germes totaux à 37<sup>0</sup>c

CT : Coliformes totaux

CTT : Coliformes thermo tolérants [ E-Coli ]

SF : Streptocoques fécaux

ASR : Anaérobie sulfite-réducteurs

M.T.H : Maladie à transmission hydrique

N.T.U : Néphélométrie turbidité unité

HCO<sub>3</sub> : Bicarbonate

K : Potassium

MgCO<sub>3</sub> : Carbonate de magnésium

PH : Potentiel d'hydrogène

UFC : Unité Formant Colonie

SO<sub>4</sub> : Sulfate

NH<sub>4</sub> : L'ammonium

NO<sub>2</sub> : Nitrite

NO<sub>3</sub> : Nitrate

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

( Cl<sub>2</sub> ) Chlore libre

Ca(Cl<sub>o</sub>)<sub>2</sub> : Hypochlorite de calcium

NaClO : Hypochlorite de calcium

ADE : Algérienne Des Eaux

ANBT : Agence National des Barrages et Transferts

# Sommaire

Résumé

Introduction générale

## Chapitre I : Recherche bibliographique sur les eaux

<u>1.1 Introduction</u> .....	01
<u>1.2 Historique sur le traitement des eaux</u> .....	01
<u>1.3 Généralités sur les eaux</u> .....	02
1.3.1 Définition et structure de la molécule de l'eau : .....	02
1.3.2 Le cycle de l'eau.....	02
1.3.3 Les différents types de l'eau.....	04
1.3.3.1 Les eaux souterraines.....	04
1.3.3.2 les eaux de surface .....	06
1.3.3.3 Eaux de mer.....	07
1.3.4 Différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface.....	08
<u>1.4 Substances contenues dans l'eau</u> .....	09
1.4.1 Matières en suspension.....	09
1.4.2 Matières colloïdales.....	09
1.4.3 Matières organiques dissoutes.....	09
1.4.4 Sels minéraux.....	10
<u>1.5 Usages de l'eau</u>	
1.5.1 Usages domestiques.....	10
1.5.2 Usages agricoles.....	10
1.5.3 Usages industriels.....	11
<u>1.6 Normes de qualité</u> : .....	11
<u>1.7 Critères de choix de la qualité de l'eau</u> : .....	11
<u>1.8 La situation de la zone d'étude</u> .....	12

## **Chapitre II : Principaux procédés de traitement des eaux de surface**

<u>2.1 Introduction</u> .....	14
<u>2.2 Les techniques de traitement des eaux</u> .....	14
<u>2.3 Traitement standard pour les eaux de surface</u> .....	15
2.3.2 Prétraitement.....	17
2.3.2.1 Dégrillage.....	17
2.3.2.2 Microtamisage.....	17
2.3.3. Préchloration.....	18
2.3.3.1 Le Chlore.....	19
2.3.3.2 Principe de la chloration.....	20
2.3.3.3 Les formes de chlore dans l'eau.....	20
2.3.3.4 Chloration au point critique –Break point-.....	22
<u>2.4 La clarification</u> .....	24
2.4.1 La coagulation La floculation.....	34
2.4.2. Décantation.....	36
2.4.3 La filtration.....	45
2.4.4 La désinfection.....	55

## **Chapitre III : Conception de l'extension de la station de traitement de Hammam Debagh**

<u>3.1 La solution de l'extension de la station est-une remède efficace</u> .....	60
3.2 Ressource de Guelma : .....	60
3.2.1 Ressource de Oued-Zenati.....	61
<u>3.3 Principales caractéristiques technique du bassin versant de Oued Bouhamdane</u> .....	62
<u>3.4 Situation géographique de la station</u> .....	63

<u>3.5 Résultats d'analyses de l'eau du barrage de Bouhamdene.....</u>	66
3.5.1 Analyses physico-chimiques de l'eau brute.....	66
<u>3.6 Interprétation des résultats et choix de la filière de traitement.....</u>	71
<u>3.7 Importance des paramètres physico-chimiques de l'eau brute.....</u>	72
<u>3.8 Etude de préchloration.....</u>	75
3.8.1 Détermination du point critique –Break point-.....	75
<u>3.9 Détermination des doses des réactifs à partir d'essai de JAR-TEST.....</u>	76

#### **Chapitre IV : Dimensionnement des installations de l'extension de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh**

<u>4.1 Evaluation de la population.....</u>	78
<u>4.2 Estimation du débit.....</u>	78
4.2.1 Evaluation des besoins en eau.....	78
<u>4-3 Descriptions des installations de la chaine de traitement.....</u>	80
4.3.1 La prise d'eau.....	80
4.3.2 Le prétraitement.....	81
4.3.3 Bassin de mélange.....	82
4.3.4 La Flocculation.....	83
4.3.5 La Décantation.....	83
4.3.6 Bloc de recirculation de la boue.....	83
4.3.7 Les Filtres.....	83
4.3.8 Bassin de récupération d'eau de lavage.....	85
4.3.9 La Désinfection.....	85
4.3.10 Réservoir d' eau de service.....	85
4.3.11 Réservoir d'accumulation.....	85
4.3.12 Station de pompage.....	85
<u>4.4 Dimensionnement des ouvrages d'extension de la station.....</u>	86
4.4.1 Préparation et doses des réactifs.....	86

4.4.2 Dimensionnement du bassin de coagulation.....	88
4.4.3 Dimensionnement du bassin de flocculation.....	89
4.4.4 Dimensionnement du bassin de décantation.....	90
4.4.5 Dimensionnement des filtres.....	92
4.4.6 Dimensionnement du réservoir d'accumulation.....	95

Conclusion générale

Annexe

Bibliographie

## **1.1 Introduction**

L'eau est le principal constituant des êtres vivants et l'éléments indispensable à toute forme de vie. Sans eau, aucun organisme qu'il soit végétal ou animal, simple ou complexe, petit ou gros, ne peut vivre.

La gestion et la protection des ressources hydriques seront à l'avenir des préoccupations majeurs. On ne peut parler de l'eau sans aborder les différents problèmes liés à ce secteur et qui deviennent de plus en plus complexes en raison des difficultés de mobilisation et d'exploitation des ressources, liées d'une part à sa rareté et d'autre à la vulnérabilité de ce précieux liquide à la pollution .

## **1.2 Historique**

L'eau est un liquide précieux et indispensable pour les êtres vivants, elle est aussi un agent de transmission de nombreuses maladies. Ces derniers engendrent de graves épidémies qui peuvent, dans certaines circonstances, dévastaient des régions entières. Cette épidémie d'origine hydrique n'a été détectée qu'à la fin du dix-huitième siècle [1].

Ces maladies épidémiques transmises par l'eau avaient suscité de nombreux chercheurs dans le domaine de l'eau et des épidémiologistes. Ils ont ciblé la qualité de l'eau des points de vue bactériologiques et physico-chimiques comme appuis de recherche.

Ce n'est qu'en 1854 que SNOW a établi le lien entre ces épidémies et l'eau de boisson. Ceci, une fois ayant prouvé que l'eau contaminée avait sa part de responsabilité dans la propagation du choléra dans la ville de Londres .En effet son hypothèse a précédé de plus de 20 ans La découverte des bactéries comme responsables de la contagion.

C'est vers la fin du 19<sup>eme</sup> et au début du 20<sup>eme</sup> siècle, que remonte le traitement de l'eau visant à assurer sa qualité bactériologique et prouvant de façon incontestable l'importance ainsi que l'extrême nécessité de telles dispositions [1].

## **1.3 Généralités sur les eaux**

### **1.3.1 Définition et structure de la molécule de l'eau**

L'eau est une espèce chimique constitué de deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène, est un solvant idéal .L'eau pure qui est un liquide transparent, insipide et inodore,



à l'état de pureté, elle boue à la température de  $100^{\circ}\text{C}$  sous la pression atmosphérique (1 atm) et se solidifie à  $0^{\circ}\text{C}$ , il n'est pas présente dans la nature et doit être obtenue par des processus physiques. [2].

L'eau ordinaire est constituée essentiellement de molécules  $^1\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$ , comme le montre le tableau 1.1 qui donne la composition isotopique moyenne de l'eau.

**Tableau n° 1.1 : Composition isotopique moyenne de l'eau [3].**

Molécules	Abondance relative (% en masse)
$^1\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$	99.70
$^2\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$ ou $\text{D}_2\text{O}$	0.000002
$^3\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$ ou $\text{T}_2\text{O}$	Traces
$^1\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$	0.20
$^1\text{H}_2\ ^{17}\text{O}$	0.03

Les autres types de molécules d'eau n'ont pas d'intérêt pratique, l'eau lourde  $\text{D}_2\text{O}$  est utilisée dans les réacteurs nucléaires dans certains pays, cette eau peut être Préparée par distillation fractionnée de l'eau ordinaire, le point d'ébullition étant de  $101.4^{\circ}\text{C}$ . Par contre l'eau sous forme  $\text{T}_3\text{O}$ , utilisée comme traceur dans l'étude du cheminement des eaux souterraines. .

### 1.3.2 Le cycle de l'eau

Lorsqu'il pleut, l'eau qui tombe du ciel est en partie la même eau qui existe sur terre depuis des millions d'années, système clos, la planète ne gagne ni perd jamais d'eau mais la fait circuler dans un cycle perpétuel d'évaporation et de précipitation.

Une partie de cette eau voyage dans ce circuit dynamique relativement rapide (quelques semaines), tandis qu'une autre partie prend des milliers d'années lorsqu'elle est tout au fond des actions ou stockée dans un glacier [4].

Puisque le cycle hydrologique forme une boucle il ne possède pas vraiment de début ou de fin. Partons du moment où, grâce à l'action chauffante du soleil, l'eau s'évapore des océans, rivières, fleuves et lacs de la terre.



Les plantes apportent également de l'humidité dans l'atmosphère appelée (transpiration végétale). Toute cette vapeur d'eau finit par se condenser dans l'atmosphère pour former des nuages. Après une semaine environ, les précipitations sous forme de pluie, de grêle ou de neige, rapportent l'eau vers la terre, la majeure partie de cette eau tombe dans la mer ou vient grossir les glaciers continentaux.

Le reste alimente les réserves d'eau douce avant de remonter vers l'atmosphère. Une partie s'évapore rapidement et les végétaux absorbent également une partie des précipitations avant de les rejeter par transpiration dans l'air.

La Pluie et la neige alimentent les rivières, les fleuves et les lacs de la planète, dont l'eau finit par prendre la direction de la mer. Toutefois, certaines proportions des précipitations s'infilte dans le sol et la roche pour rejoindre les nappes phréatiques, dont l'eau rejaillira un jour ou l'autre à la surface ou dans les océans du globe en attendant son tour dans l'atmosphère.

Entre la terre et l'atmosphère, la quantité d'eau demeure inchangée, pas une goutte en plus, pas une goutte en moins. C'est l'histoire d'une infinité circulaire, d'une planète qui se donne la vie. La figure (1.1) représente le cycle de l'eau dans la planète. [4]

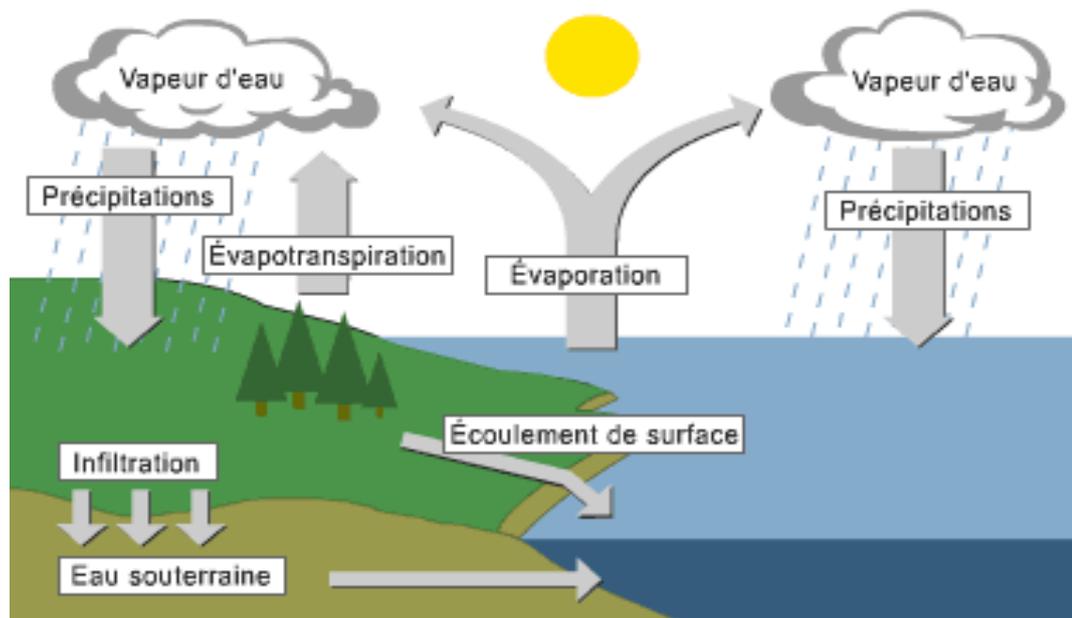


Figure (1,1) : Schéma du cycle de l'eau [5]



### **1.3.3 Les différents types de l'eau**

#### **1.3.3.1 Les eaux souterraines**

C'est la principale ressource en eau potable circulant dans les interstices du sous-sol, elles jaillissent parfois naturellement à la surface, formant les sources. Dans d'autres cas, on les extrait du sous-sol par pompage pour les exploiter.

Les eaux souterraines sont l'un des éléments du cycle de l'eau, elles se forment par infiltration des précipitations ou des eaux superficielles, comme les ruisseaux et les rivières. Elles sont naturellement protégées par les couches qui les recouvrent.

Le sol joue ainsi un rôle particulièrement important pour assurer leur qualité. Une épaisse couche de sol en bonne santé et biologiquement actif peut filtrer les particules et les agents pathogènes présents dans l'eau, elle peut également retenir voire même décomposer les polluants dissous.

Les eaux souterraines peuvent alimenter les eaux superficielles ou jaillir à la surface du sol sous forme de source, l'homme les exploite parfois au moyen de station de pompage, notamment pour s'approvisionner en eau potable [6].

#### **➤ les eaux de sources**

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, protégée contre les risques de pollution, elle est microbiologiquement saine. Elle respecte dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales naturelles ainsi que les caractéristiques de qualité physico- chimique des eaux destinées à la consommation humaine.

L'eau de source, exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées est obligatoirement embouteillée à la source. Aucun traitement de désinfection microbiologique n'est permis et elle ne contient bien entendu aucun désinfectant rémanent. [7]

#### **➤ les eaux minérales**

Les eaux minérales sont des eaux profondes qui peuvent contenir certains éléments en concentration supérieure à la concentration autorisée pour les eaux potables et qui sont doués de propriétés thérapeutiques reconnues.



Elles sont distribuées en bouteilles avec parfois certains traitements bien définis comme la décantation naturelle, la déferrisation par simple aération, l'élimination et, ou réincorporation du CO<sub>2</sub> original. [8]

### ➤ **Les eaux de puits**

Un puits est une fosse creusée ou forée profondément par l'homme pour intercepter la table de l'eau. Si le puits est creusé sous la table de l'eau, on pourra récupérer l'eau par les seaux ou par pompage. Un puits artésien est un puits profondément foré de sorte que l'eau soit entraînée vers le haut grâce à la pression.

L'eau d'un puits artésien ou d'une source est habituellement froide et exempte de contaminants organiques. [9]

### ➤ **Les eaux de forage**

Le forage est un ensemble d'opérations qui permet de creuser un trou profond en atteignant la nappe souterraine, généralement, il a un diamètre moins importants que celui du puits.

Le forage d'eau est un ouvrage réalisé par des professionnels et des particuliers pour des raisons économiques, il permet d'exploiter l'eau du sous-sol pour sa qualité (eau de source) et sa quantité (débit allant de 0.5 à 300 m<sup>3</sup>/h) [10].

## **1.3.3.2 Les eaux de surface**

Les eaux de surface ont deux origines : les eaux de pluies et les eaux souterraines. L'eau de pluie qui ne pénètre pas dans le sol reste à sa surface. Elle peut s'écouler et former les cours d'eau, ou rester stockée lorsqu'un obstacle s'oppose à l'écoulement (lacs, mares, étangs,...). Les eaux souterraines permettent la formation de sources, à l'origine de cours d'eau ou d'étendue aquatique.

On distingue deux types des eaux de surface :

### ➤ **Les eaux courantes**

Les eaux courantes sont les eaux qui subissent constamment un écoulement, de l'amont vers l'aval. Le cours d'eau dévale des pentes jusqu'à terminer sa course dans les mers et océans.



### ➤ Les eaux stagnantes

Les eaux stagnantes apparaissent quand il y'a une entrave à l'écoulement avec un obstacle naturel ou artificiel. Plusieurs types d'eaux se distinguent :

Les lacs sont des étendes naturelle des plans d'eaux artificiels, ils ont une profondeur beaucoup plus faible et peut s'élever au maximum à plusieurs dizaines de mètres. Ces derniers comprennent deux milieux : Les étangs qui sont des étendues plus petites que les lacs, ils ont été créés dans le but de faire de l'élevage de poisson (pisciculture).

Les retenues d'eau consistent à collecter de l'eau en montagne ou dans les vallées. Ces retenues ont plusieurs vocations : Elles peuvent servir à la production d'électricité (barrage hydroélectrique), à l'augmentation du débit des cours d'eau lorsqu'il devient faible (soutien d'étiage), à la rétention des crues ou des eaux pluviales, à l'irrigation, à l'approvisionnement en eau potable ou encore aux loisirs.

Les marais correspondent à un affleurement d'une nappe d'eau profonde sur un terrain fortement végétalisé. Une forte quantité de sédiments, c'est-à-dire de dépôts laissés par l'eau, s'est accumulée au fond.

#### **1.3.3.3 Les eaux de mer**

Les eaux de mer c'est une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsque il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce.

Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous, c'est ce qu'on appelle leur salinité, la salinité de la plupart des eaux de mer varie entre 33.000 à 37.000 mg/l [12].



Tableau (1,2) : Concentrations des différents ions d'une eau de mer [11].

Type d'ions	Salinité g/l	Quantité totale de matières en solution (%)
- Anions		
Chlorures	18.98	55.04
Sulfates	2.65	7.68
Bicarbonates	0.140	0.41
Bromures	0.065	0.19
Fluorures	0.0013	0.00
Acide borique	0.0260	0.07
- Cations		
Sodium	10.65	30.61
Magnesium	1.27	3.69
Calcium	0.40	1.16
Potassium	0.38	1.10
Strontium	0.013	0.04
Total	34.5	99.99



**1.3.4 Différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface**

Dans le tableau (1,3), nous avons représenté les différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface.

**Tableau (1,3) : Comparaison entre les caractéristiques de l'eau de surface et celles de l'eau souterraine en se basant sur les paramètres principaux d'analyses [12].**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Eaux superficielles</b>	<b>Eaux profondes</b>
Température	Variable selon les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faibles ou nulles (excepté dans les sols calcaires)
Couleur	Due principalement aux MES (argiles, algues) exceptée dans les eaux très douces ou acides (acide humique).	Due surtout aux solides dissous
Teneur en minéraux	Varie avec les sols, les précipitations, les effluents, etc.	Constante, généralement Plus élevée que pour l'eau de surface.
Fer divalent et Mn en solution	Souvent nul, excepté dans le fond des lacs et des étangs en cours d'eutrophisation	Souvent présent
CO2 Agressif	Souvent nul	Souvent présent
O2 Dissous	Souvent près du niveau de saturation, absent dans l'eau très polluées.	Souvent nul
H2S	Souvent nul	Souvent présent
NH4	Trouvé seulement dans les eaux polluées	Souvent détecté
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois élevé
Silice	Proportions modérés	Niveau souvent élevé
Micropolluants minéraux et organiques	Peut être présent mais disparaît rapidement une fois que la source est détecté	Habituellement aucun Mais une pollution accidentelle peut rester à très long terme.
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton	Bactéries de fer fréquemment trouvées.
Solvant Chlorés	Rarement	Souvent présent
Nature eutrophique	Souvent. Augmente avec la température	Nul



## **1.4 Substances contenues dans l'eau**

Les eaux naturelles contiennent toujours un mélange de substances d'une Grande diversité. Ces dernières peuvent parvenir dans les eaux superficielles ou souterraines par des voies naturelles, notamment par la dissolution des roches ou par le biais d'une activité biologique.

La composition de l'eau varie fortement selon sa provenance. L'eau brute arrivant à l'installation de traitement contient de nombreux éléments et composés chimiques, familles de composés, gaz dissous, etc.

L'installation de traitement elle-même y ajoutera d'autres substances, essentiellement des agents désinfectants et réducteurs, ainsi que certains sous-produits de réaction. [13].

### **1.4.1 Matières en suspension**

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables ,limons ,argiles) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales acides humiques ou fulviques par exemple) . A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues).

Ces substances sont responsables, en particulier de la turbidité et de la couleur [14].

### **1.4.2 Matières colloïdales**

Moins de 1 micron Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petit taille présents dans l'eau dans un état intermédiaire entre dissous et l'état solide (invisible à l'œil nu ),doté à leur surface de charges électrique qui maintient en suspension ,elles ne sont pas séparés par décantation ni par filtration ,leur élimination nécessite de neutraliser au préalable les charges électrique et les rassembler en particules plus grosses décantables et filtrables par ajout de coagulants et flocculant . [14].

### **1.4.3 Matières organiques dissoutes**

Moins de quelques nanomètres, ce sont généralement des cations ou des anions, une partie de la matière organique est également sous forme dissoute, on trouve aussi les gaz (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>S,...) [13].



Tableau (1,4) : Substances présente dans l'eau [14].

Etat et forme des éléments dans l'eau	Nature des éléments
M.E.S.	Sable, boues, argile, diverses roches en débris, matières organiques et végétales débris divers soluble
Sels minéraux	(Carbonates, bicarbonates, sulfate chlorures, nitrates ... etc) de Ca, Mg, Na, K, NH
Matières organiques solubles	Troubles, déchets végétaux, matières azotées produits de synthèse organique soluble.
Gaz	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S
Organismes vivants d'origine animale, Végétales, bactérienne et virale	Plancton, algues, champignons, vers, lames d'insectes, bactéries, virus

#### 1.4.4 Sels minéraux

Ils proviennent de la dissolution des roches rencontrées par l'eau au cours de son infiltration. Cette dissolution s'accompagne d'une transformation de la matière dissoute phénomène d'ionisation.

### 1.5 Usages de l'eau

#### 1.5.1 Usages domestiques

L'essentiel de l'eau que nous consommons à la maison (93%) est utilisée pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne présentent que 7% de notre consommation totale.

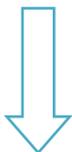
En plus des consommations à la maison, il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues... [15].

#### 1.5.2 Usages agricoles

Aujourd'hui, l'agriculture absorbe plus de 70% de l'eau consommée. Cette consommation conséquente dans ce secteur peut s'expliquer par différentes raisons :

- **L'élevage** dont le régime alimentaire implique la mobilisation de grandes quantités d'énergie et d'eau par ration produite.

- **L'irrigation** massive dans le but d'assurer des rendements maximums.



L'accroissement de la population qui nécessite la production de plus grandes quantités de denrées alimentaires.

**-Des régimes alimentaires** plus riches dus à une orientation croissante du mode de vie à l'occidental. [16]

### **1.5.3 Usages industriels**

Les usines sont souvent implantées au bord de l'eau (rivière, canal ou mer) pour des raisons diverses :

- les commodités de transport des matières premières et des produits finis
- la possibilité de faire accomplir à l'eau des tâches industrielles multiples et variées.
- les commodités de rejets de sous-produits ou de déchets générés au cours des opérations de fabrications.

En ce qui concerne les tâches industrielles, l'eau réunit un ensemble de propriétés physiques et chimiques : elle peut devenir solvant, fluide thermique ou simplement liquide facile à manipuler.

Ces propriétés expliquent pourquoi l'eau est impliquée dans la plupart des fabrications industrielles. [17].

### **1.6 Normes de qualité**

La qualité de l'eau est définie par sa conformité à des normes qui portent sur une cinquantaine de paramètres .les normes de qualité de l'eau potable sont rigoureuses c'est la garantie d'une eau de qualité ,elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les concentrations maximales admissibles (CMA) c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Les normes sont des documents de référence pour l'appréciation de la qualité (organoleptique, physicochimique et bactériologique) de l'eau sur le plan de sécurité sanitaire et le bien-être des populations. [18].

### **1.7 Critères de choix de la qualité de l'eau**

La caractérisation d'une eau brute repose d'une part sur ses paramètres physico-chimiques de base (température, pH, conductivité, etc.) et, d'autre part, sur sa composition chimique et microbiologique complète. Ses composants indésirables détermineront les méthodes de traitement à appliquer.



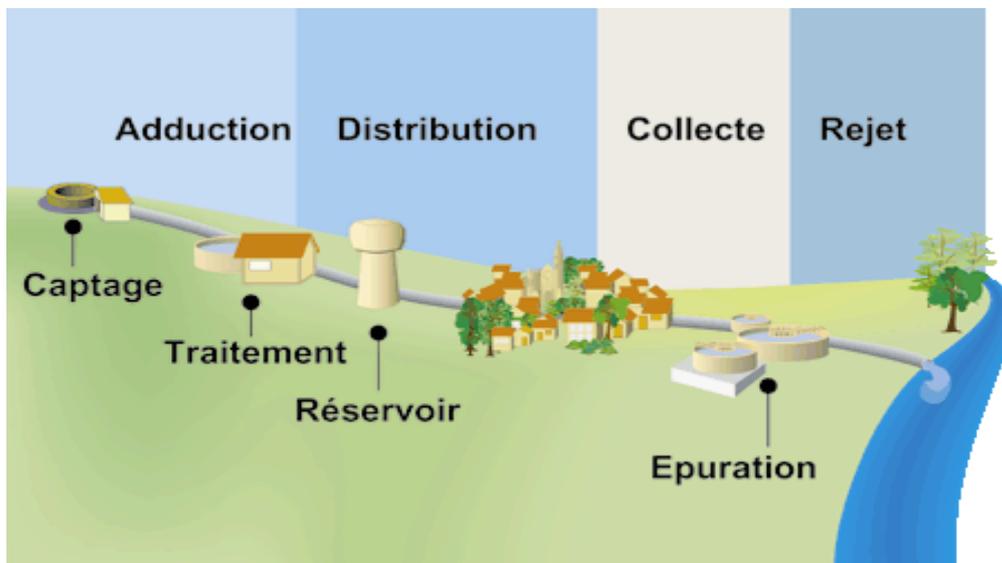
Parallèlement, les substances contenues dans l'eau influenceront les méthodes et procédés mis en œuvre. [11].

### 1.8 La situation de la zone d'étude

Le niveau de consommation de l'eau en Algérie s'est nettement amélioré ces dernières années avec la hausse des volumes stockés par les barrages en exploitation, estimé à 70%. La Wilaya de GUELMA à des capacités hydriques énormes, mais les habitants souffrent d'alimentation continue d'eau. Le seul moyen pour accompagner l'évolution des besoins des citoyens en matière d'eau à moyen et à long terme, c'est la réalisation d'ouvrage de grande capacité de réserve.

### 1.9 Le cycle de l'eau de consommation

Il est important de bien visualiser le cycle de l'eau de consommation à l'intérieur de la zone d'étude. La figure 02 Présente ce cycle. La consommation d'eau potable, depuis le captage de l'eau jusqu'à son rejet dans le milieu naturel, se caractérise par un cycle constitué de plusieurs phases : le captage, le traitement, la distribution, l'utilisation et l'évacuation et l'épuration.



**Figure (1,2) : Le cycle de l'eau de consommation**

On trouve d'abord la source qui peut être une eau de surface ou souterraine. L'eau de la source est acheminée par gravité ou par pompage vers une usine de production d'eau potable. Est dans cette usine que l'on traite l'eau brute de la source par diverses unités de traitement pour ainsi assurer l'approvisionnement en quantité suffisante d'une eau de qualité répondant à des normes stricts. L'eau est ensuite comprimée à l'intérieur d'un réseau de conduites



souterraines couvrant l'ensemble du territoire à desservir. On retrouve principalement quatre types de consommation : résidentiels, industriel, commerciale institutionnel. Malheureusement, le fait que l'eau soit sous pression à l'intérieur d'un réseau de distribution imparfait (étanchéité des joints, perforation, fissures...) occasionne la présence de fuites. Tout au long du cycle de l'eau de consommation, diverses données sont, dans la majorité des cas, recueillies systématiquement. Parmi celles-ci, on retrouve principalement les volumes de production d'eau potable. [19].

### **1.10 Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre, les différents types de l'eau et les composantes de chaque type. Nous avons abordé, par la suite, le cycle hydrologique de l'eau et les différentes utilisations de l'eau.



## 2.1 Introduction

L'eau potable doit répondre à de très grandes exigences de qualité. Cependant, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères requis en termes de qualité chimique et microbiologique.

Le choix du procédé de traitement le mieux adapté, à une eau brute bien définie, peut poser des problèmes car il existe plusieurs procédés de traitements possibles, chaque procédé ayant ses avantages et ses inconvénients et son plage d'application. En générale, la qualité des eaux brutes nécessite le plus souvent, un traitement plus ou moins complexe, visant à rendre l'eau potable c'est-à-dire propre à la consommation. [20].

Dans ce chapitre, nous allons présenter en détaille la théorie du principe de chaque procédé de traitement des eaux brutes et les techniques appliquées

## 2.2 Les techniques de traitement des eaux

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereux pour la santé. [20].

Avant d'arriver aux robinets, l'eau captée dans la nature doit subir une série d'opérations dans une usine de traitement afin de répondre à toutes les exigences de qualité.

Des procédés de traitements adaptés, souvent sophistiqués, sont nécessaires. En fonction de la qualité de l'eau brute, les procédés de base et les traitements sont multiples.

Les eaux de surfaces et les eaux souterraines subissent les procédés suivants (selon la qualité de l'eau brute à traiter) [14].

➤ **Procédés physiques** : Ces procédés consistent à faire passer l'eau à travers des filtres et des tamis, à la laisser décanter, à la filtrer sur des matériaux classiques (sable) ou absorbants (charbons actifs) et, parfois, à utiliser de l'air sous pression pour faire remonter diverses matières à la surface (flottation).

➤ **Procédés physico-chimiques**. Par l'ajout de réactifs, on parvient à une coagulation des matériaux en suspension, qui sont éliminés par la suite.



➤ **Procédés chimiques.** Certains éléments chimiques (chlore, ozone, gaz désinfectant) sont utilisés pour agir sur les métaux et pour détruire les germes. Enfin, des procédés de neutralisation ou d'acidification permettent de contrôler le pH de l'eau.

➤ **Procédés biologiques.** Certaines cultures bactériennes mises en contact avec l'eau éliminent des éléments indésirables.

Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations élevées en sels dissous, donc son traitement consiste à diminuer cette concentration pour avoir une eau de salinité acceptable répandant aux normes de potabilité dans ce cas-là on parle du dessalement de l'eau de mer.

### 2. 3 Les traitement standard pour les eaux de surface

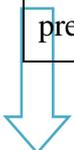
Il existe trois grandes lignes constituent le traitement des eaux de surface:

- Prétraitement
- Clarification
- Désinfection

Les principales étapes et unités de traitement d'une eau de surface sont représentées dans le tableau 2.1.

**Tableau (2,1) : Etapes et unités de traitement standard d'une eau de surface [13].**

Unité ou étape de traitement	Fonction	Commentaires
Prise d'eau	Relier la rivière ou le lac au puits d'eau brute ; acheminé l'eau à l'usine de traitement.	Aucun entrainement de la vase et des matières flottantes vers le puits
Grillage	Arrêter les impuretés grossières	Nettoyage manuel ou mécanique
Pompes à basse pression	Refouler l'eau du puits d'eau brute jusqu'à la premiers unité de traitement	Capacité totale de refoulement consommation quotidienne



Prédésinfection ou préoxydation	Réduire la concentration de microorganismes ; oxyder la matière organique.	Ozone, dioxyde de chlore ou Chlore.
Microtamisage	Arrêter les particules fines en suspension	Inutile en cas de clarification et de décantation
Coagulation	Déstabiliser les particules en suspension ; amorcer la formation d'un floc.	Dans un mélangeur rapide
Floculation	Agglutiner les particules d'impuretés ; augmenter le volume des particules de floc.	Dans un mélangeur lent
Décantation	Eliminer les floes.	Le liquides surnageant vers les filtres ; la boue formée par les particules de floc évacuée vers le réseau d'égouts
Filtration	Arrêter les petites particules de floc contenues dans l'effluent du décanteur	Dernière étapes permettant de réduire la turbidité et la couleur
Désinfection	Détruire les microorganismes nuisibles à la santé	Chlore, dioxyde de chlore ou ozone
Fluoruration	Ajouter des ions fluorures à l'eau traitée	Concentration optimale d'ions fluorures dans les eaux de consommation = 1,2 mg/l
Réservoir d'eau traitée	Conserver l'eau jusqu'à son utilisation	
Pompes à haute pression	Refouler les eaux traitées vers les consommateurs	Capacité = consommation horaire maximale



## 2.3.1 Approvisionnement en eau

### 2.3.1.1 Prise d'eau

La prise d'eau doit être idéalement installée suffisamment loin des rives et suffisamment en profondeur pour être sûr de ne jamais manquer d'eau et également pour protéger des bateaux ,elles doivent également être clairement identifiées à la surface lorsque des activités maritimes ou récréatives se trouvent à proximité , la hauteur d'eau minimale au-dessus de la prise doit être 1,5 m ou 2 à 3 fois le diamètre de l'ouverture, selon la plus grande valeur obtenue.

Néanmoins il faut s'assurer que la prise d'eau est suffisamment éloignée des sources de contaminations éventuelles ou identifiés, et qu'elle ne risque pas de porter des préjudices à l'environnement aquatique existant.

La prise d'eau doit également être positionnée pour empêcher l'aspiration des sédiments du fond, elle ne doit pas positionnée en face du courant, elle doit être équipée de barreaux.

### 2.3.2 Prétraitement

Ce procédé permet de rendre une eau traitable après avoir extrait la plus grande quantité possible des matières grossières décantables afin d'éviter leur aspiration pour protéger les ouvrages équipant l'usine de potabilisation contre tout colmatage rapide.

#### 2.3.2.1 Dégrillage

On dispose des grilles fixées permettant de retenir les plus gros débris, les matières flottantes et les animaux aquatiques à travers de barreaux espacés de 10-15 cm, ces grilles sont nettoyées, dès que l'on atteint une limite de perte de charge en raison du colmatage des grilles, par un jet d'eau sous pression.

#### 2.3.2.2 Microtamisage

Le microtamisage consiste en un traitement d'affinage, il permet de régler certaines problématiques particulières par enlèvement de matières en suspension nuisent au traitement subséquent.



Il s'agit généralement d'une toile métallique à mailles serrées avec une grosseur inférieure à 150 µm, on arrête des débris végétaux ou animaux, des algues, des herbes etc. il sert également à l'élimination de 70% du plancton permettant de retenir les particules ciblées. [21].

**2.3.3. Préchloration**

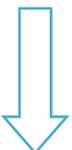
La préchloration est le type de préoxydation de l'eau le plus ancien, le plus simple à l'emploi, le moins couteux et donc le plus répandu. Elle consiste à injecter un désinfectant afin d'assurer en permanence une eau exempte de bactéries putrides et de germes pathogènes, conformément aux normes de potabilité.

Pour des considérations techniques et économiques, les produits de désinfection utilisés en Algérie se limitent aux produits suivants :

- Le chlore gazeux
- L'hypochlorite de sodium NaClO (eau de Javel)
- L'hypochlorite de calcium Ca(ClO)<sub>2</sub>
- Le chlorure de chaux Caocl<sub>2</sub>
- Le permanganate de potassium Kmno<sub>4</sub>

**Tableau (2,2) : les Avantages et les inconvénients des produits de désinfection les plus utilisés [22].**

<b>Désignation</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
-Chlore gazeux Cl <sub>2</sub>	-Peu couteux. -Disponible sur le marché. -Facilement liquéfiable et soluble dans l'eau. -Décompose les matières organiques -Oxydant puissant et rémanent. -Pouvoir bactéricide	-Odeur suffocante -Gaz asphyxiant -Gaz instable -Corrosif -Installation de stockage et de distribution spécifiques -Matériel adapté et strict pour le transport -Danger provoqué par le gaz du chlore en cas d'accident



<p>-Hypochlorite de sodium NaClO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Disponible sur le marché</li> <li>-Peu couteux</li> <li>-Facile à préparer</li> <li>-Appareillage de dosage simple</li> <li>-Mêmes propriétés bactéricides et oxydantes que le chlore</li> <li>-Utilisation domestique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Peu stable</li> <li>-Risque d'entartrage des canalisations et des doseurs</li> <li>-Perd son degré chlorométrique lorsqu'il est exposé à l'air et à la lumière</li> </ul>
<p>-Hypochlorite de calcium Ca(ClO)<sub>2</sub></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Très efficace pour la désinfection des ouvrages hydrauliques.</li> <li>-Utilisé pour la désinfection Des eaux de baignade.</li> <li>-Pouvoir bactéricide et oxydant analogue à celui du chlore.</li> <li>-Action stérilisantes durable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Très couteux</li> <li>-Non disponible</li> <li>-Produit importé</li> <li>-Risque d'entartrage</li> <li>-Perd son degré Chlorométrique à l'air libre et à et à la lumière</li> </ul>
<p>-Chlorure de chaux CaOCl<sub>2</sub></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Propriétés désinfectantes aussi énergétiques que celles du chlore</li> <li>-Soluble dans l'eau sous l'action des acides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Produit importé</li> <li>-Couteux</li> <li>-Abandonne lentement son chlore et se transforme en carbonate de calcium</li> <li>-Entartrant</li> <li>-Corps pulvérisant</li> <li>-Peu utilisé</li> </ul>
<p>-Permanganate de potassium Kmno<sub>4</sub></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Oxydant très périssant</li> <li>-Efficace sur le manganèse et le fer et le vibrons chlorérique</li> <li>-Désinfection de nouveaux ouvrages</li> <li>-Ne produit pas d'odeurs et de composés toxiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Couteux</li> <li>-Peu efficace sur les autres germes pathogènes</li> <li>-N'est pas un désinfectant proprement dit</li> </ul>



### 2.3.3.1 Le Chlore

Le chlore ( $\text{Cl}_2$ ) est un gaz jaune verdâtre, qui se liquéfie par refroidissement et par compression. Un (01) Kg de chlore dans les mêmes conditions de température et de pression, donne naissance à 314 litres de chlore gazeux et un litre de chlore liquide correspond à 356 litres de gaz.

Le chlore est doué d'un fort pouvoir oxydant, il favorise la destruction des matières organiques, il assure à la fois:

- Une oxydation chimique (algues, ammonium, fer, Mn...)
- Désinfection : rôles bactéricide et bactériostatique. [22].

### 2.3.3.2 Principe de la chloration

Le principe de la chloration consiste à appliquer une dose de chlore suffisante pour oxyder toutes les matières organiques. Il permet également d'éliminer certaines matières minérales (fer, manganèse) et détruire les germes pathogènes (désinfection).

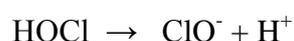
La chloration offre l'avantage, en premier lieu, d'assurer la persistance dans l'eau du chlore libre (chlore résiduel) ou combiné et en second lieu d'éviter une contamination ultérieure de l'eau traitée à l'intérieur du réseau. En effet dans toute eau destinée à la consommation humaine une bonne chloration doit permettre de retrouver une certaine quantité de chlore résiduel (0,2 à 0,5 mg/l) [22].

### 2.3.3.3 Les formes de chlore dans l'eau

Le chlore destiné à la désinfection se trouve normalement sous l'une des trois formes suivantes [26].

- a) Le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ )**
- b) Hypochlorite de sodium (eau de javel)  $\text{NaClO}$**
- c) Hypochlorite de calcium  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$**

Dissous dans l'eau, le chlore gazeux ou l'hypochlorite de sodium (eau de javel) donne lieu aux réactions suivantes :



Le sens de déplacement de ces réactions dépend du PH :

\* PH < 2, tout le chlore est sous forme moléculaire (Cl<sub>2</sub>).

\* PH = 5, tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux (HClO).

\* PH = 10, tout le chlore est sous forme d'hypochlorite (ClO<sup>-</sup>).

\* Entre PH =5 et PH = 10, cas habituel des eaux traitées par le chlore, il y'a un mélange d'hypochlorite et d'acide hypochloreux (HClO+ ClO<sup>-</sup>).

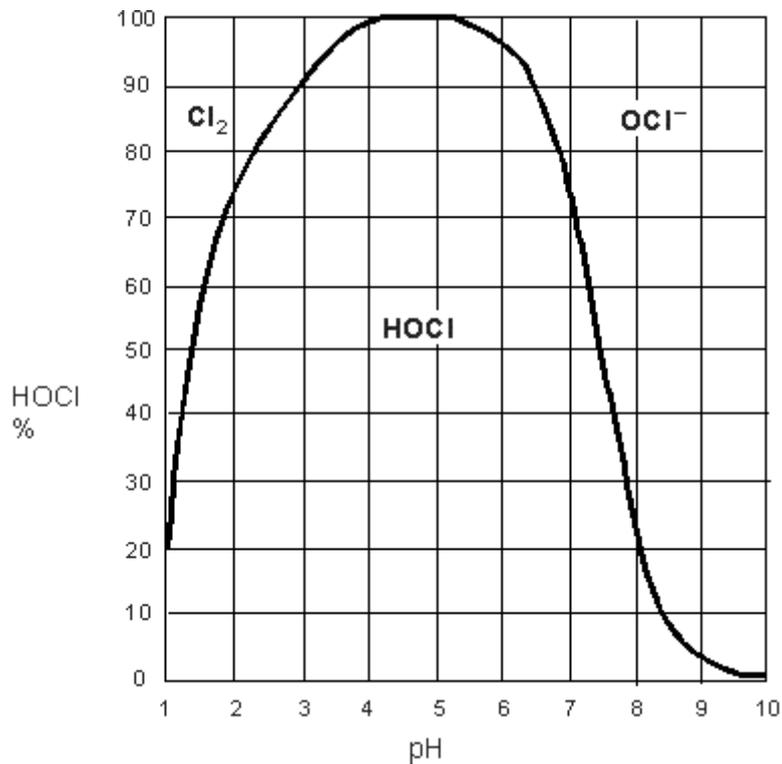


Figure 2.1 : les formes de chlore dans l'eau [23].

L'effet bactéricide du chlore est maximal lorsque le chlore est sous forme HClO (acide hypochloreux)

D'autre part, le chlore agit également sur les matières organiques dissoutes dans l'eau et sur l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).



### 1- Chlore actif libre

C'est la somme de l'acide hypochloreux et les ions hypochlorites ( $\text{HClO} + \text{ClO}^-$ ), alors que le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ) n'existe qu'à  $\text{pH} < 2$ .

### 2- Chlore actif combiné :

C'est l'ensemble des dérivés de N-chlorés (chloramines) dont l'action stérilisante et oxydante est faible, mais très rémanente (persiste dans le temps).

### 3-Chlore actif total :

C'est la somme du chlore libre et du chlore actif combiné. [24].

#### 2.2.3.4 Chloration au point critique -Break-point-

Cette méthode s'applique aux eaux de surface, eaux souterraines, eaux de mer, eaux usées épurées et aux eaux en cours de processus de potabilité.

C'est le point de rupture, ou point au-delà duquel l'ion  $\text{NH}_4^+$  est complètement oxydé par le chlore. Le chlore introduit se trouve alors sous forme de chlore libre. En effet, avant le point critique, le chlore va réagir d'abord avec les substances réductrices puis avec l'azote ammoniacal avant d'être disponible pour la désinfection, comme il est montré sur la **figure (2,2)**.



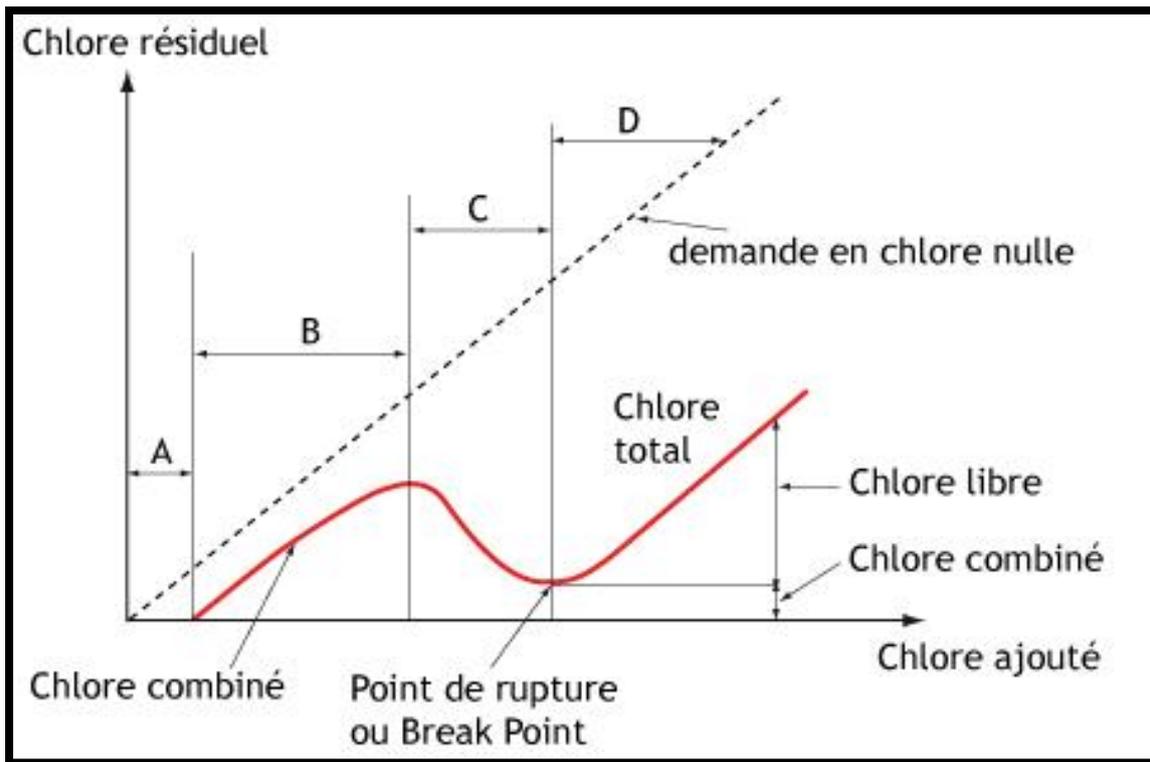


Figure (2,2) : Chloration au break-point

On peut découper la courbe de chlore résiduel en fonction du chlore ajouté en quatre phases A, B, C et D.

**A :** Ce palier se caractérise par la destruction du chlore par les composés minéraux (fer, manganèse...)

**B :** Ce palier se caractérise par la formation de composés chlorés organiques et de chloramines,

**C :** Destruction des chloramines par ajout d'une quantité de chlore supplémentaire.

**Au point de rupture (break-point)** les mono-, di et trichloramines sont pratiquement disparus .

**D :** production du chlore actif, tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux (HClO), mais il reste du chlore combiné (tri-chloramines et autres sous-produits de



désinfection). Les tri-chloramines ont un très léger effet désinfectant, mais ils donnent un gout de chlore à l'eau. [25].

La demande en chlore correspond à la quantité de chlore consommée par l'eau pour sa désinfection et pour l'oxydation des autres composés qui réagissent avec le chlore.

➤ **Avantages et inconvénients du chlore**

- Efficace contre de nombreux agents pathogènes
- Bien connu
- Garantit un résiduel
- Economique
- Peut former des sous-produits dangereux
- Peut laisser un gout et une odeur à l'eau

➤ **Applications**

- Désinfection
- Elimination des goûts et odeurs
- Prévention de la croissance des algues
- Nettoie les filtres
- Enlève le fer et le manganèse
- Détruit le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)
- Provient à la formation d'un film biologique dans les réseaux
- Aide à la filtration et à la décantation

➤ **Points d'injections**

- A l'eau brute pour éliminer les moules zébrées oxyder l'ammoniac
- Lors d'un mélange rapide ou à l'entrée des filtres pour la désinfection, l'oxydation du fer et du manganèse, l'élimination des goûts et odeurs des algues et la couleur
- Dans la réserve de distribution pour la désinfection
- Dans le réseau de distribution pour le maintien d'un résiduel en réseau. [22].

## **2.4 La clarification**

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques

A cet effet trois étapes sont nécessaires :

- Coagulation-floculation
- Décantation
- Filtration



### 2.4.1 La coagulation-Floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, elles peuvent également traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. [26]

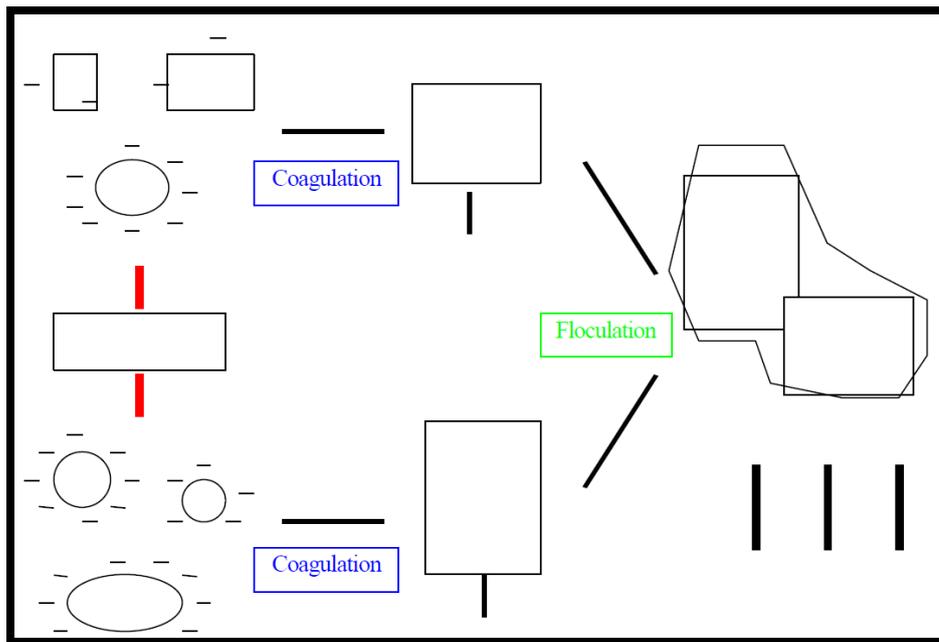


Figure (2,3) : But de Coagulation-Floculation

#### Quelques ordres de grandeurs

- Quelle est la taille de ces petites particules dites colloïdales?



**Tab (2,3) : Les tailles des particules colloïdales [27].**

Diamètre des particules (micromètre)	Etat	Exemple
< 0,001	Etat dissous	.
0,001 à 1	Etat colloïdal	Oxydes et hydroxydes Argile Huiles et graisses Bactéries
> 1	Solides décantables	Limon Sables Pollen

- Quel est le temps mis par ces particules pour chuter naturellement d'un mètre dans l'eau?

**Tableau (2,4) : Temps de décantation des différents particules . [27].**

Type	Diamètre des particules (micromètre)	Temps de décantation
Gravier	10 000	1 s
Sables grossiers	1 000	10 s
Sables fins	100	2 min
Argile	10	2 h
Bactéries	1	8 j
Colloïdes	0,1 à 0,001	2 à 200 ans



## **A. La coagulation**

Les particules colloïdales en solution sont chargées “ naturellement ” négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement. On dit qu’il y a stabilisation des particules dans la solution.

C’est une transformation des substances organiques liquides en une masse plus ou moins solide, cette transformation est rendue possible par un phénomène de déstabilisation des molécules colloïdales et particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives sous l’effet d’un coagulant. [27].

La coagulation nécessite une agitation importante.

### **✓ Les coagulants**

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l’eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l’eau de consommation doit tenir compte de l’innocuité du produit, de son efficacité et bien sûr de son coût.

Le coagulant et la dose de coagulant ont une influence sur :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l’eau clarifiée
- Le bon ou le mauvais fonctionnement des décanteurs
- Le coût d’exploitation

### **Remarques pratiques**

- \* Le choix du point d’injection est fondamental.
- \* Certains coagulants doivent être dilués avant injection.
- \* Le mélange du réactif avec l’eau brute est d’importance capitale.



**✓ Les Principaux types de coagulants****\* Sels de fer**

- Chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ), gamme de pH 5-8.5, le taux utilisé au traitement allant de 5-100g/m<sup>3</sup>.
- Sulfate ferrique ( $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ ), gamme de pH 5-8.5, le taux utilisé au traitement variant de 5-100g/m<sup>3</sup>.

**\* Sels d'aluminium**

- Sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , gamme de pH 5.7-7.5, le taux de traitement 10-150g/m<sup>3</sup>
- PCBA (polychlorures basiques d'aluminium), gamme de PH étendue, taux de traitement 10-100g/m<sup>3</sup>
- Chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ )

**✓ Paramètres influençant la coagulation****\* Le pH**

La variable primordiale d'une bonne coagulation est le pH. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau.

La plage du pH optimal (à l'intérieur de laquelle la coagulation a lieu suffisamment rapidement) correspond en général au minimum de solubilité de l'hydroxyde considéré.

**\* La dose de réactif**

Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau.

Avec la diminution de la dose du coagulant, le floc devient plus sensible aux variations du pH. En augmentant la dose de coagulant, le pH optimal reste pratiquement le même, mais la fourchette du pH s'élargit.

Pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base. Enfin, on peut veiller à respecter l'équilibre calco-carbonique de l'eau à la fin de la chaîne de traitement.



**\* La nature de l'eau**

Les sels dissous dans l'eau exercent une influence sur :

- La modification de la plage de pH optimal (réduction de la plage de pH optimal, difficulté à se placer à ce pH optimal).
- Le temps de coagulation
- La quantité requise de coagulant
- La quantité résiduelle de coagulant

Il a été démontré que les cations comme  $\text{Ca}^{2+}$  entraînent un élargissement du domaine optimal de pH vers les pH plus basiques. Au contraire, les anions ont tendance à déplacer la plage vers le domaine acide.

**\* La nature des particules**

La nature des particules influe sur l'efficacité de la coagulation. Par exemple, les argiles sont des particules beaucoup plus faciles à traiter par coagulation-floculation que les matières humiques (responsable des couleurs).

**\* L'alcalinité de l'eau**

Une eau faiblement minéralisée possède un faible pouvoir tampon. En conséquence, un ajout de coagulant (acide) dans une eau faiblement minéralisée provoque une chute de pH plus importante que dans une eau fortement minéralisée.

**\* La nature du coagulant**

L'action des sels d'aluminium ou de fer est prépondérante dans les filières modernes de traitement de l'eau, il reste à faire le choix du coagulant, en fonction de la nature de l'eau à traiter.

Le domaine optimum plus étroit de pH dans le cas de l'aluminium, conduit à traiter l'eau de façon plus fine qu'avec le fer.

Pour déterminer correctement le type de coagulant et la dose optimale pour une eau donnée, il faut obligatoirement effectuer l'essai du “**JAR-TEST**”.



**\* L'aluminium résiduel**

Un taux élevé d'aluminium résiduel dans l'eau est nocif pour la santé. Devant ce problème, la législation de normalisation de l'OMS a adopté, la valeur limite admissible (CMA) de 200 µg/l d'aluminium.

L'aluminium introduit en solution subit de nombreuses réactions. Une certaine partie de l'aluminium reste en solution. Pour préserver la qualité des eaux sans dépasser la concentration limite admissible en aluminium, il faut se placer le plus près possible du pH optimal.

Les facteurs qui concourent à un résiduel d'aluminium inférieur à 100 µg/l (objectif de traitement sur les usines) sont :

- L'acidification de l'eau brute jusqu'à un pH de 7.1-7.5 qui limite la solubilité de l'aluminium
- La gestion optimale des filtres afin d'éliminer l'aluminium floculé
- L'utilisation d'un adjuvant de floculation adéquat

**\* La température**

Une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus :

- La coagulation est ralentie
- La décantation du floc est ralentie
- Le floc a tendance à se briser et à être entraîné dans les filtres
- La plage du pH optimal diminue

Comment éviter les difficultés liées à une diminution de température ?

- Corriger la valeur du pH de floculation puisque la température a un effet sur le Ph de l'eau brute.



- Déplacer le point d'injection en fonction des saisons et ainsi faire varier le temps de coagulation.

- Changer de coagulant en fonction des saisons

- Optimiser les conditions de mélange (énergie)

**\* La concentration en particules**

Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie par l'augmentation de la dose de coagulant.

Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES favorise une meilleure décantation.

Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation.

**\* La minéralisation de l'eau**

Les eaux douces ont un faible pouvoir tampon. Cependant, l'ajout de coagulant provoque de fortes variations de pH. De plus, les floccs obtenus sont généralement fins et décantent difficilement.

Dans ce cas, les polychlorures d'aluminium sont préférables par rapport au sulfate d'aluminium. Si l'eau est riche en matières organiques, il faut plutôt choisir un pH de floculation faible et les sels de fer sont bien souvent plus efficaces dans ce cas.

Les eaux dures ont, elles, un fort pouvoir tampon. Les variations de pH lors de l'ajout de coagulant sont donc plus faibles.

**\* Les conditions de mélange**

Les conditions de mélange sont aussi importantes pour la coagulation que pour la floculation.

L'opération de coagulation doit s'effectuer dans un temps très bref car le processus de déstabilisation est réversible. Le réactif doit être réparti le plus rapidement et de façon la plus homogène possible dans toute la masse de l'eau [27].



### **C. L'essai de " JAR-TEST ".**

Cette méthode d'essai de coagulation (jar test) a pour objet la détermination des doses optimales du coagulant et flocculant. Ce test permet en outre de visualiser la floculation et de connaître ses effets aussi bien sur l'eau décantée que sur la boue [28].

#### **✓ Domaine d'application**

La présente méthode d'essai est limitée à la traitabilité des eaux brutes pour la production d'eau potable.

#### **✓ Principe**

A des volumes identiques d'eau à traiter, on injecte des quantités croissantes de coagulant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau de meilleure qualité possible.

Une fois la dose optimale de coagulant obtenue, à des volumes identiques d'eau (avec dose optimale de coagulant) à traiter, on injecte des quantités croissantes de flocculant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau clarifiée de meilleure qualité possible.

#### **✓ Détermination de la dose optimale en coagulant**

-Agiter l'échantillon prélevé et remplir chaque bécher du flocculateur d'un litre d'eau à tester, mettre les pales d'agitation en place.

-Noter la température de l'eau brute et les autres paramètres physiques de l'eau brute : PH, turbidité, conductivité, taux de la matière organique.

-A l'aide d'une pipette graduée, ajouter le coagulant le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque bécher.

-Les doses appliquées dans chaque bécher sont croissantes de façon à encadrer la dose optimale présumée.

L'écart entre deux doses successives de coagulant doit être suffisant pour obtenir des variations significatives de la qualité de l'eau décantée (exemple une différence de 10 mg/l entre chaque bécher).



-Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min ; les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les béchers.

- Déclencher le chronomètre (t=0)

-Après 2 min (t=2 min) d'agitation rapide (dispersion du réactif, coagulation), réduire la vitesse de rotation des pales à 40 tours/min (agitation lente). Dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min.

-Au temps t = 20 min, relever les pales des agitateurs (doucement en prenant soin de ne pas casser les flocs formés) en respectant un décalage de 15 à 30s entre chaque bécher.

-Attendre 45 min de décantation. Ce temps doit être suffisant pour obtenir une bonne décantation des flocs mais pas trop long pour conserver des variations significatives de la qualité des eaux traitées (en particulier la turbidité).

-Prélever, à l'aide d'un siphon, 0,5 l dans chaque bécher, homogénéiser et procéder aux analyses du turbidité, PH, taux de matières organiques, température

-Tracer les courbes de turbidités en fonction de la dose de coagulant.

-On détermine donc la concentration optimale de coagulant en (mg/l)

✓ **Détermination de la dose optimale en flocculant**

-Vider les bécher, les rincer et remplir chacun avec un litre d'eau à analyser

-Injecter la dose optimale de coagulant obtenue dans chaque bécher

-Déclencher le chronomètre (t = 0).

-Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min, pendant 90 secondes. Les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les béchers

-Arrêter l'agitation et injecter le flocculant le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque bécher.

Les doses appliquées dans chaque bécher sont croissantes de façon à encadrer la dose optimale présumée.



L'écart entre deux doses successives de flocculant doit être suffisant pour obtenir des variations significatives de la qualité de l'eau décantée (exemple : une différence de 0,025 mg/l entre chaque bécher).

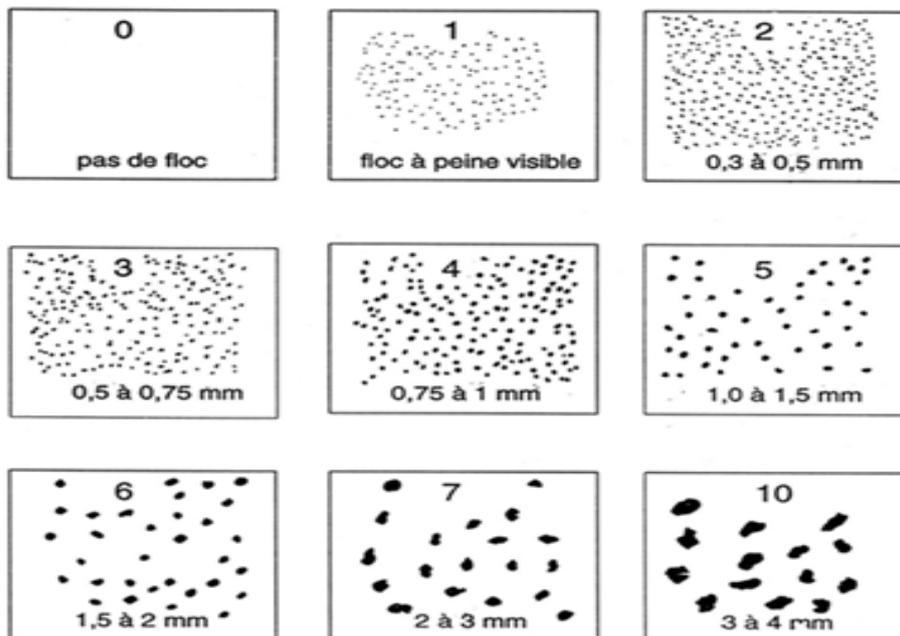
-Redémarrer l'agitation à 180 tours/min pendant 30 secondes, puis à la vitesse de 40 tours/min (agitation lente), dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min

-Noter le temps d'apparition du floc après introduction du flocculant.

-Au temps  $t = 10\text{min}$  et  $t = 20\text{min}$ , noter l'aspect de la floculation exprimée par la note suivante :

Cette méthode qui donne une idée de la taille des flocons est évaluée de la façon suivante :

0 - pas de floc ;                    1 - floc à peine visible ;  
4 - petits points ;                5 - floc de dimension moyenne  
7 - bon floc ;                      10 - très gros floc



**Figure (2,4) : Evaluation de la taille des flocons**

-Au temps  $t = 20\text{min}$ , relever les pales des agitateurs (doucement en prenant soin de ne pas casser les flocs formés) en respectant un décalage de 15 à 30 s entre chaque bécher, homogénéiser et procéder aux analyses de turbidité, PH, taux de matière organique, température.



-Déterminer la concentration optimale en flocculant (en mg/l) de la même manière que pour la concentration optimale en coagulant. [28].

## **B. La floculation**

Après être déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules. [27].

La floculation est accélérée à l'aide des flocculants ou des adjuvants tout en respectant une vitesse lente d'agitation.

### **✓ Les flocculants**

Les flocculants ou adjuvants de floculation sont dans leur plus grande partie des polymères avec un poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature : minérale, organique naturelle, organique de synthèse.

#### \* Les flocculants minéraux

-Silice activée (le plus utilisée)

#### \* Les flocculants organiques naturels

Ce sont des polymères naturels extraits de substances animales ou végétales.

- Alginates (extrait d'algues)

- Amidon (extraits de grains végétaux)

#### \* Les flocculants organiques de synthèse

Ce sont les plus utilisés actuellement en raison de leur grande efficacité. Les flocculants organiques de synthèse sont des macromolécules à grande chaîne. Obtenues par association de monomères synthétiques à très haute masse molaire de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup>. [27].



✓ **Paramètres influençant la floculation**

**\* Les conditions de mélange**

Le mélange doit être lent afin d'assurer le contact entre les floes engendrés. Si le mélange dépasse une certaine puissance, les floes risquent de se briser. Il y a un temps de séjour minimal nécessaire pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. Les points d'injection du coagulant et du floeulant sont en général séparés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau (attention aux eaux froides < 5°C).

**\* La densité et la taille du floe**

L'utilisation d'un floeulant de masse molaire importante permet d'obtenir des floes de densité supérieure. On a déjà parlé des conditions qui conduisent à la formation des floes volumineux.

**\* Le volume des boues**

Les boues formées pendant la coagulation - floculation aboutissent après décantation dans des concentrateurs. Des floeulants de masse molaire importante permettent l'obtention de boues ayant une vitesse d'épaississement plus grande, et donc un volume de boues final réduit. Les boues purgées de décanteurs sont plus concentrées dans ce cas, ce qui conduit à une perte d'eau réduite.

**\* Dosage et injection**

Respecter les consignes de décalage et de mélange : ils sont en fonction des réactifs et objectifs du traitement (prétraitement, coagulation, floculation) [29].



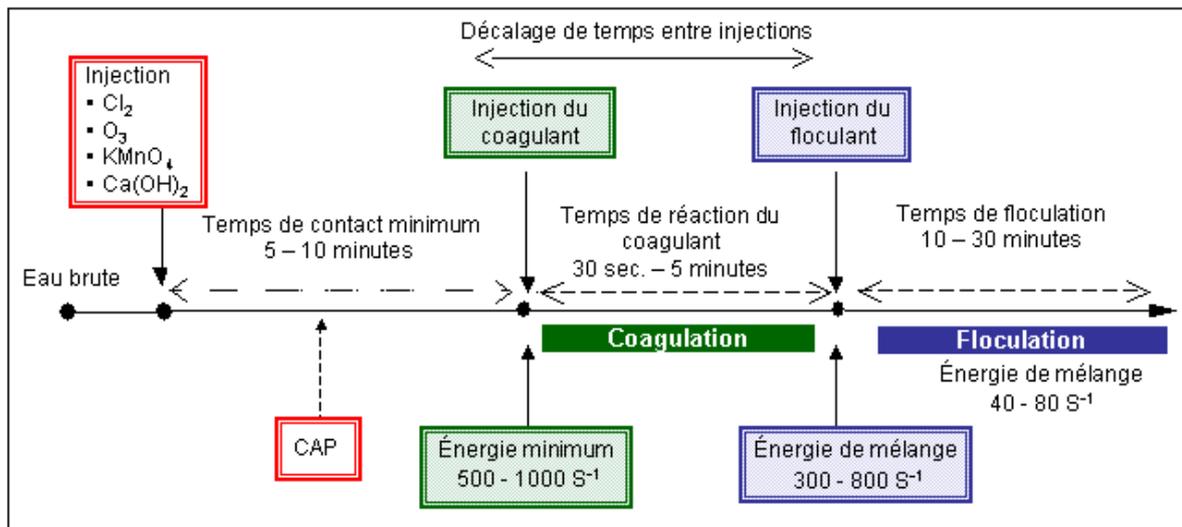


Figure (2,5) : Consignes de décalage et de mélange

## 2.4.2 La décantation

L'étape de sédimentation est l'aboutissement des étapes préliminaires de coagulation et de floculation puisque le floc formé par l'agglomération de particules peut maintenant être plus facilement séparé de la phase liquide.

Pour cela un temps de rétention suffisant et une vitesse de passage idéale dans le bassin de sédimentation sont les paramètres clés.

Cette étape est nécessaire avant les filtres si la charge en particules à l'eau est trop importante pour envoyer l'eau floculée directement sur les filtres.

Dans le cas contraire, on pourrait procéder à une filtration directe sans décantation préliminaire.

Il apparaît clairement que plus le diamètre et la masse volumique de la particule sont grands, plus la vitesse de chute de celle-ci sera importante.

Le but est d'augmenter la taille et la masse volumique des particules pour que le temps de décantation devienne acceptable. [21]



La décantation, procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée.

### **2.4.2.1 Types de décantation**

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

- la décantation de particules discrètes

Les particules conservent leurs propriétés initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est alors indépendante de la concentration en solide.

- la décantation de particules floculantes

Ont des tailles et des vitesses de décantation variables. Lorsque la concentration est faible, la vitesse de chute augmente au fur et à mesure que les dimensions du floc s'accroissent par suite de rencontres avec d'autres particules, c'est **la décantation diffuse**.

- la décantation freinée

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

- la décantation en compression de boues

Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures.

Etant donné que notre bassin de décantation est indépendant de celui de coagulation, nous supposerons que le régime laminaire du décanteur ne contribue plus à la floculation et que nous sommes dans le cas d'une décantation de particules discrètes [11].



### 2.4.2.2 Principe de la décantation

#### - Décantation des particules grenues

C'est le cas le plus simple, le seul facilement décrit par des équations

#### - Théorie

Lorsqu'une particule grenue est laissée dans un liquide au repos, elle est soumise à une force motrice (pesanteur) et à une force résistante (traînée du fluide) résultante des forces de viscosité et d'inertie (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation-floculation).

Dans un fluide, un solide en mouvement libre est soumis à :

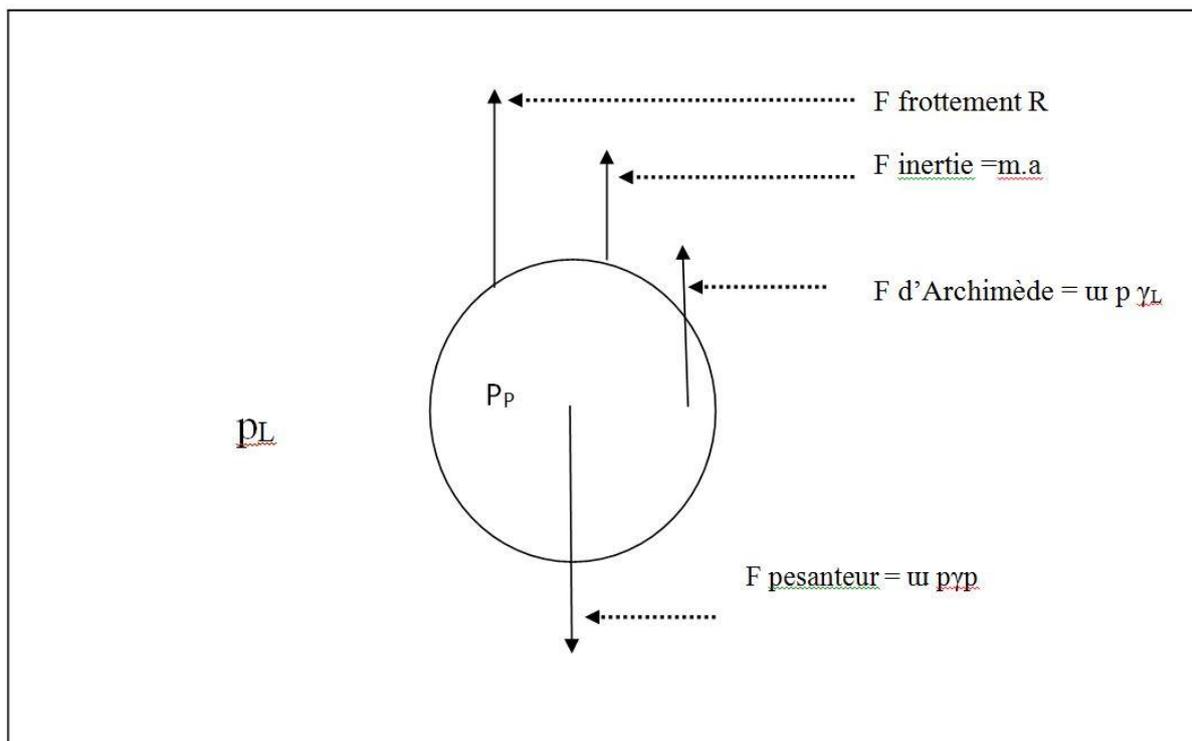


Figure (2,6) : Forces agissant sur une particule d'eau

- La pesanteur :

$$G = w_p P_p g = w_p Y_p$$

- La poussé d'Archimède :

$$W_p P_L g = W_p Y_L$$



- La résistance à l'avancement :

$$R = C_D / 2 \ Sp P_L V_C^2$$

- La force d'inertie :

$$m.a = W_p P_p dV_C / dt$$

Avec :  $\gamma_p, \gamma_L$  : poids volumique de la particule et du fluide .

$P_p, P_L$  : massa volumique de de la particule et du fluide .

$W_p, S_p, d$  : volume, surface, diamètre de la particule.

$V_C$  : vitesse de décantation de la particule.

$G$  : accélération de la pesanteur.

$C_D$  : Coefficient de trainée (adimensionnel) dépend du nombre de Reynolds.

$$Re = V_C d / \nu$$

Avec :  $\nu$  : viscosité cinématique du liquide.

$$\nu = \eta / P_L$$

$\eta$  : viscosité dynamique du liquide.

Pour l'équilibre la somme des forces est égale à zéro.

$$W_p P_p dV_C / dt = W_p g (P_p - P_L) - C_D / 2 \ Sp P_L V_C^2 \quad (1)$$

La particule qui chute accélère jusqu'à ce que  $dV_C / dt = 0$  donc (1) = 0 d'où :

$$V_C^2 = 2W_p g (P_p - P_L) / C_D Sp P_L \quad (2)$$

Avec :

$$W_p = \pi d^3 / 6 \quad , \quad S_p = \pi d^2 / 4 \quad \text{donc :}$$

$$V_C^2 = 4 g (P_p - P_L) d / 3C_D P_L \quad (3)$$



Le coefficient frottement  $C_D$  dépend du régime d'écoulement hydrodynamique (nombre de Reynolds  $Re$ ) et de la forme de la particule figure 5.2 ce coefficient peut être calculé par la formule  $C_D = a Re^{-n}$  avec  $a$  et  $n$  des constantes voir tableau 2.2

**Tableau (2,5) : Détermination du coefficient de frottement en fonction du nombre de Reynolds**

$Re$	Régime	A	n	$C_D$	Formule
$10^4 < Re < 1$	Laminaire	24	1	$24 Re^{-1}$	Stockes
$1 < Re < 10^3$	Intermédiaire	18.5	0.6	$18.5 Re^{-0.6}$	Allen
$10^3 < Re < 2.10^5$	Turbulent	0.44	0	0.44	Newton

En régime laminaire et en utilisant

$$C_D = 24 / Re = 24\eta / P_L V_C d \tag{4}$$

On obtient l'expression de la loi de stockes soit :

$$V_C = g / 18 \eta ( P_p - P_L ) d^2 \tag{5}$$

**- Particules réelles :**

De nombreuses formules existent dans la littérature. Toutes ces formules sont différentes les unes des autres ; donc beaucoup de facteurs influencent ce phénomène. Ces formules sont valables pour des cas particuliers et on a du mal à faire un choix, on cite quelques formules à titre d'exemple.

Steinour

$$V_C = V_i (1 - e) / e^3 f(e) \tag{5}$$

Raise

$$V_C = V_i / b [1 - \{1 - e / a\}^3]$$

$V_C$  : vitesse de sédimentation de la suspension.

$V_i$  : vitesse de sédimentation individuelle d'une particule.

$e$  : volume du vide sur le volume totale de la suspension.



On utilise aussi le facteur de sphéricité :

La forme d'une particule réelle a une surface plus grande que la surface d'une sphère de même volume, il en résulte que la vitesse de chute  $V_C$  diminue, on corrige le facteur de trainé  $C_D$  à l'aide d'un facteur de forme ou de sphéricité ( $\psi$ ) tel que :

$$C_D' = \psi C_D$$

Ce facteur  $\psi$  est donné par :

$$\Psi = \text{volume de la sphère de même surface} / \text{volume du grain}$$

**Le tableau (2,6) :** Les valeurs de  $\psi$  pour différents matériaux.

Sable	2
Charbon	2.25
Talc	3.25
Gypse	4
Lamelle de graphite	22
Mica	170

Ces formules sont à la base du calcul du mouvement des grains dans un fluide et sont utilisées en décantation (solides grenus dans un liquide, gouttes d'eau dans l'air), en ascension (bulles d'air dans l'eau, gouttes d'huile dans l'eau), en centrifugation, en fluidisation [13].



### 2.4.2.3 Conditions de capture et méthode de dimensionnement des décanteurs

- **Décantation à flux vertical**

Les particules dont la vitesse de sédimentation est supérieure à la vitesse ascendante du liquide sont retenues.

- **Décantation à flux horizontal la** : comme il est indiqué à la figure (2,7)

-Soit un décanteur rectangulaire de longueur L et de section verticale s (où H est la hauteur d'eau et l la largeur), traversé uniformément par un débit Q.

- La vitesse d'une particule entrant dans le bassin à son niveau supérieur a deux composantes

$V_I$  : vitesse horizontale du fluide égale à  $Q/s$ ,

$V_O$ : vitesse verticale limite donnée par la loi de Stokes.

Cette particule est retenue dans le bassin si

$$\frac{V_o}{H} > \frac{V_1}{L} = \frac{Q}{H.l.L}$$

$$\text{Soit : } V_o > \frac{Q}{S_H} = V_H$$

$S_H$  : surface horizontale du bassin,

$V_H$  : vitesse de Hazen (ou charge hydraulique superficielle).

Il est à noter que  $V_H$  est indépendant de la profondeur du bassin.

Toutes les particules ayant des vitesses de sédimentation supérieures à  $V_H$  Seront théoriquement éliminées. Toutefois, si l'alimentation en eau est répartie sur toute sa hauteur, une partie des particules ayant une vitesse de décantation  $V$  inférieure à la vitesse de Hazen sera aussi retenue dans le rapport  $V/V_H$ . Dans un décanteur à flux vertical, ces particules ne seraient pas retenues [30]



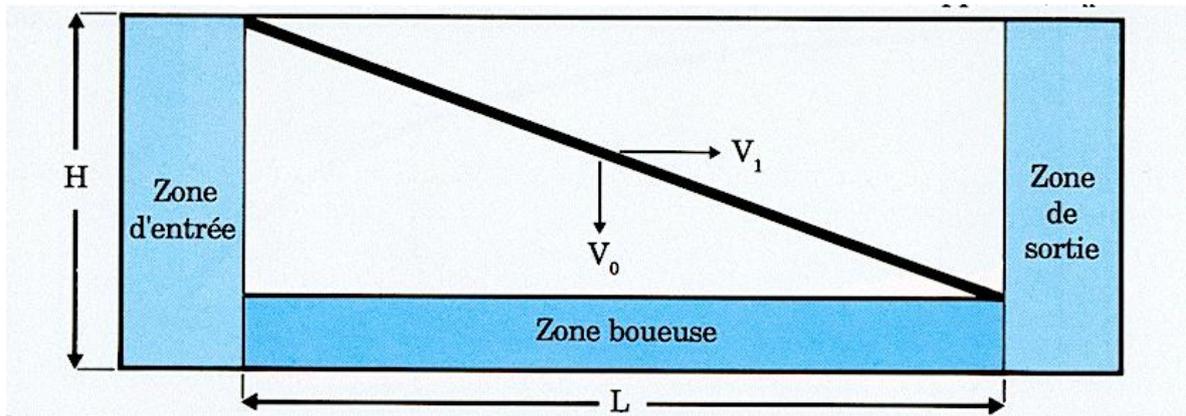


Figure (2,7) : Schéma de la décantation à flux horizontal (particules grenues)

#### - Décantation des particules floculées

Lors de la décantation, la floculation se poursuit et la vitesse de sédimentation des particules  $V_0$  augmente ( figure 2.8).

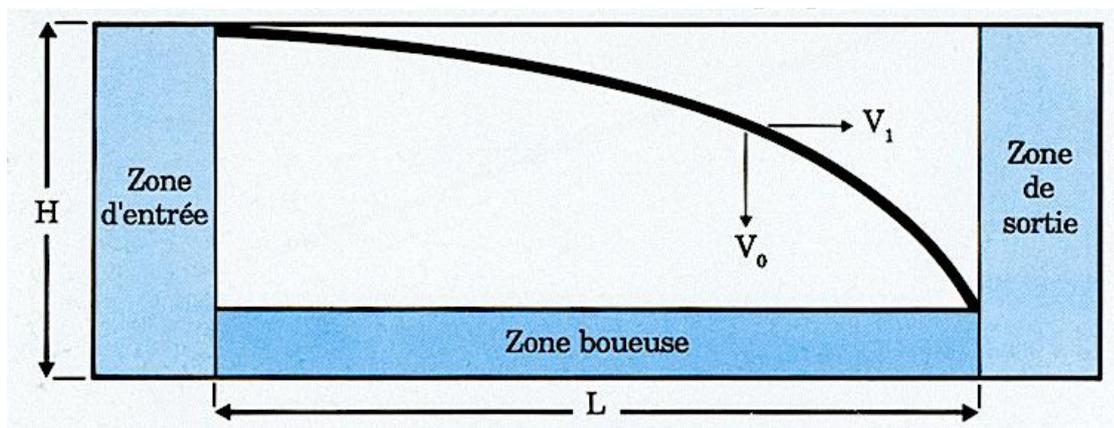


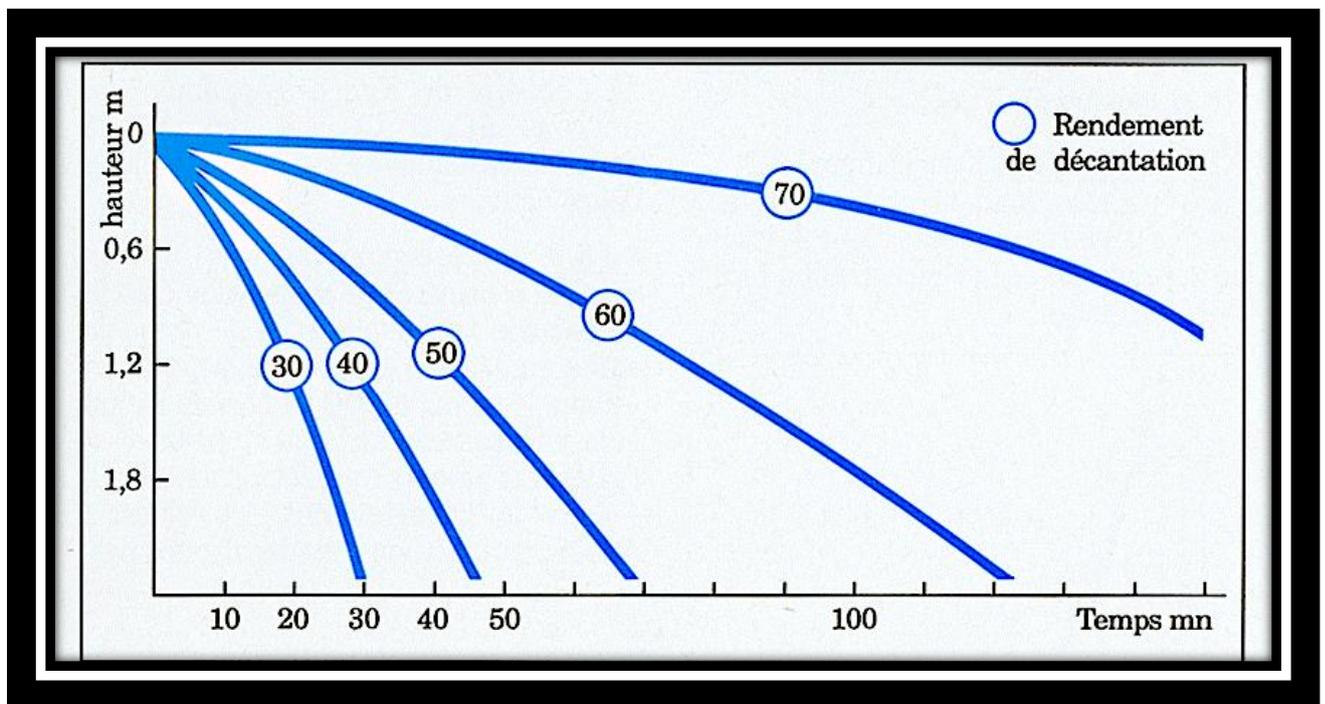
Figure 2.8 schéma de décantation à flux horizontale (particules floculées)

Ce processus se produit dès que la concentration en matières floculées est Supérieure à environ  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ .



L'efficacité de la décantation diffuse est liée non seulement à la charge hydraulique superficielle, mais aussi au temps de séjour.

Il n'existe pas de formule mathématique permettant le calcul de la vitesse de décantation. Des essais de laboratoire et des méthodes graphiques permettent alors de connaître cette vitesse. La figure 2.9 donne les résultats d'un tel essai [13] .



**Figure (2,9) : Influence du temps de séjour et de la hauteur du décanteur sur L'élimination des particules floculées en décantation diffuse**

#### - Décantation en piston des particules floculées

Dès que la concentration en particules floculées devient importante, les Interactions entre particules ne sont plus négligeables. La décantation est **Freinée**. On retrouve ce type dans la partie profonde des décanteurs.

Les particules adhèrent entre elles et la masse décante en piston avec Formation d'une interface nette entre les floccs et le liquide surnageant.

Ce phénomène est caractéristique des boues activées et des suspensions chimiques floculées quand leur concentration est supérieure à environ 500 mg.l-1.



### 2.4.3 La filtration

La filtration est le procédé qui consiste à faire passer un liquide qui contient des matières solides en suspension à travers une masse filtrante poreuse pour retenir les particules en suspension.

La filtration est un procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat).

Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent en surface et dans la masse filtrante.

Il faut donc nettoyer ce milieu de façon régulière.

Un filtre aura donc des cycles de filtration d'autant plus longs que les traitements préalables auront été efficaces [32].

On distingue trois grandes catégories de processus de filtration selon le mode de mise en oeuvre

- **La filtration sur support** : filtration sur membrane (microfiltration; ultrafiltration, nano filtration et osmose-inverse)
- **La filtration sur lit granulaire** : (sable, anthracite, charbon actif.....)
- **La filtration avec gâteau** : (la filtration des boues qui incluse plusieurs techniques avec formation gâteau)

Dans la filtration en vue de produire un eau potable on rencontre deux types de particules:

\*\* Les floccs résiduels non retenus dans la zone de décantation/flottation.

\*\* Les micro floccs spécialement créés au contact du médiateur filtrant (coagulation directe)



La filtration de clarification fait intervenir les différents mécanismes suivants:

- La capture des particules
- Rétention physique (décantation, interception).
- Support de développement biologique.

✓ **Principe de la filtration**

\*Etat d'encrassement du médium filtrant

Au cours du cycle de filtration, le médium se charge en particules modifiant la qualité de l'eau et le niveau de pression dans le médium

On distingue trois périodes dans un cycle complet de filtration

**1. Maturation**

**2. Début de crevaisson**

**3. Limite de turbidité**



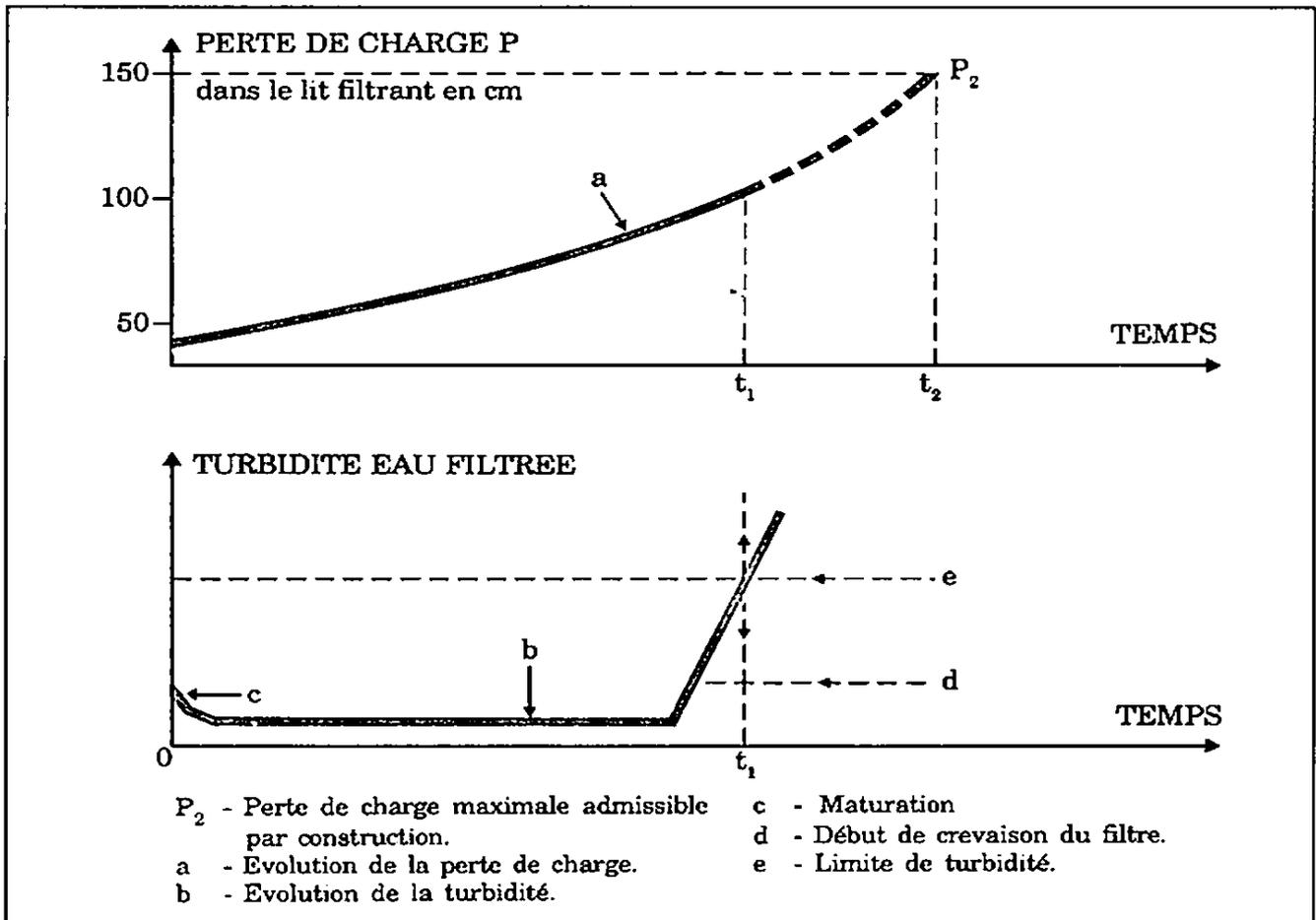


Figure (2,10) : Courbe de perte de charge et turbidité sur lit granulaire

Le graphique du bas représente l'évolution de la turbidité en fonction du temps. Si on se fixe comme limite maximale tolérable une turbidité, cette turbidité est atteinte au bout du temps  $t_1 < t_2$ .



Ceci montre que le filtre est mal conçu et que sa hauteur de couche est insuffisante pour pouvoir disposer de la perte de charge maximale, cette hauteur doit être augmentée jusqu'à ce que  $t_1$  soit supérieur à  $t_2$ . [32]

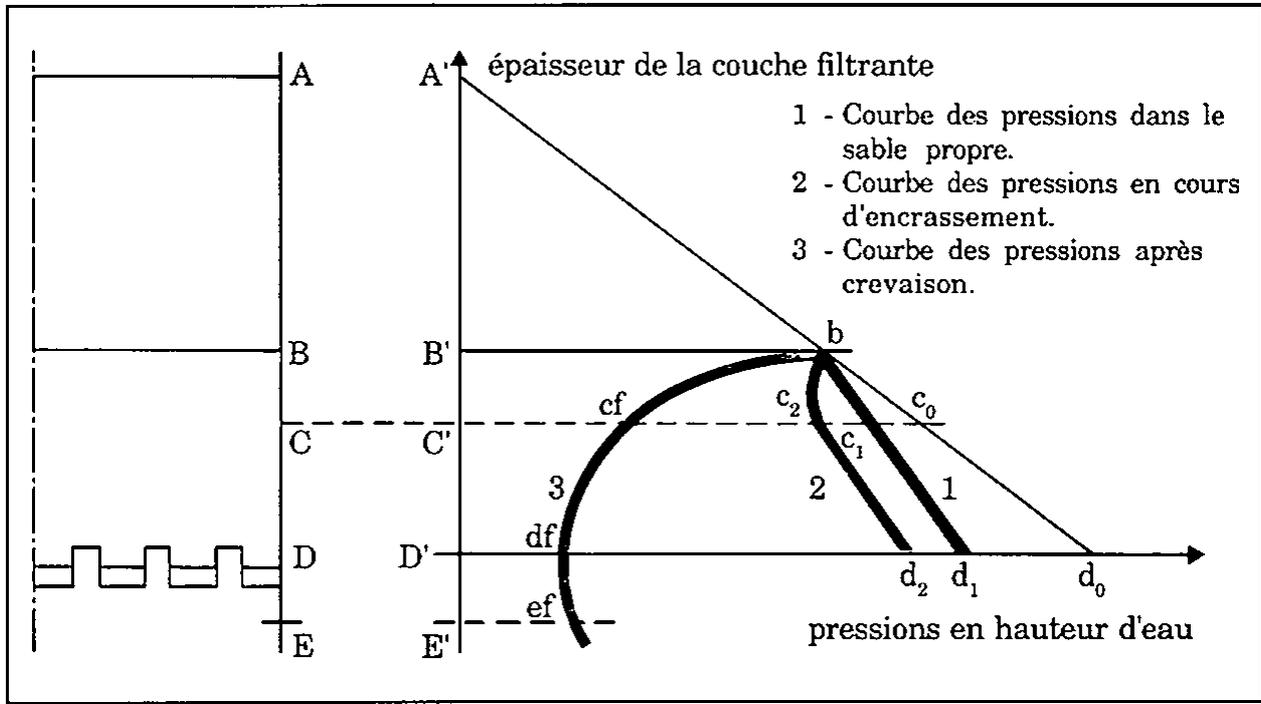


Figure (2,11) : Pressions dans un lit filtrant



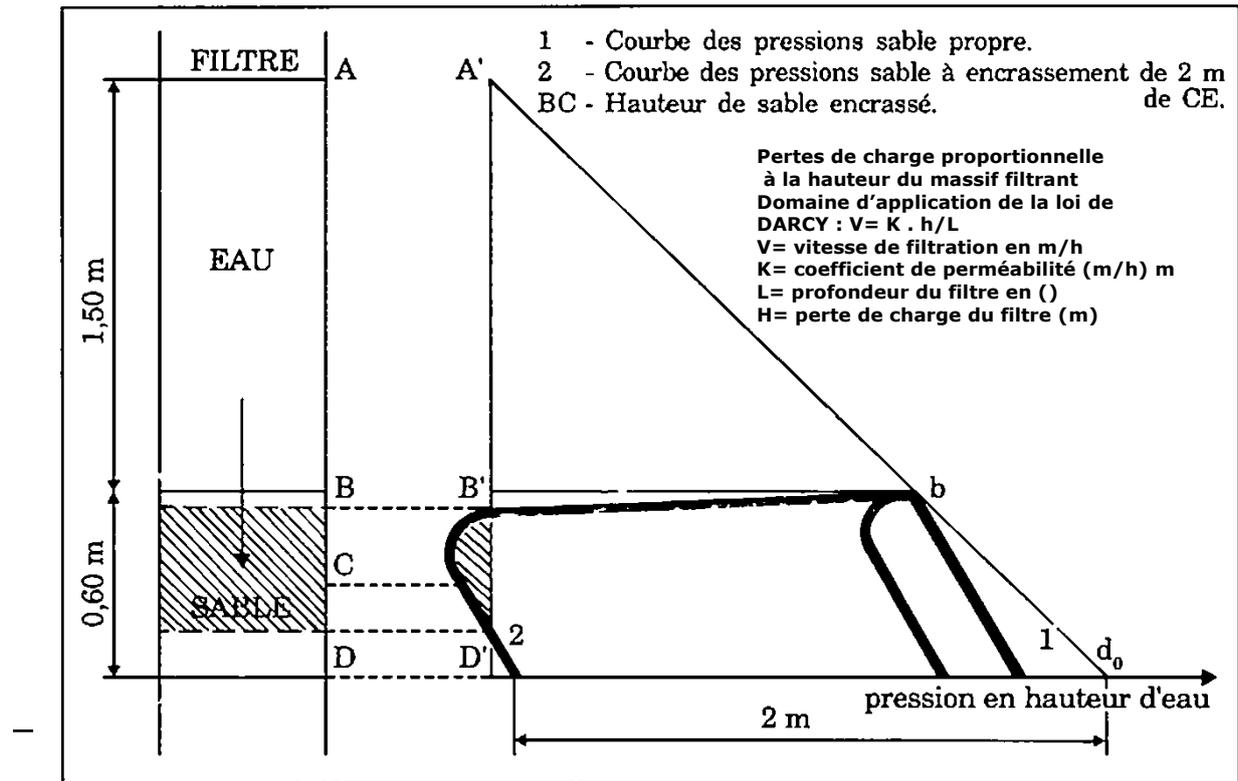


Figure (2,12) : Courbes de pressions dans un filtre à couche unique hétérogène (la portion de sable hachurée se trouve sous vide)

✓ paramètres de fonctionnement

On distingue les filtres fermés sous pression et les filtres ouverts

- Un filtre ouvert : est en général en béton et à l'air libre.

-La vitesse de filtration qui donne le débit admissible est de l'ordre de 5 à 6 m/h

Pour un matériau filtrant unique de type sable et d'environ 10 m/h pour les filtres bicouches et entre alternent sable et anthracite.

$$\text{Vitesse de filtration } V_f \text{ ( en m/h )} = \frac{\text{débit en m}^3/\text{h}}{\text{surface filtrante en m}^2}$$

-La hauteur du matériau filtrant est comprise entre 0.8 et 1m pour les monocouches et entre 1.2 et 1.5 pour les bicouches avec égalité d'épaisseur des matériaux.

-Les constructeurs recommandent une granulométrie entre 0.7 et 1.35 m



- ✓ **filtres sous pression** : filtres fermé et compactes en acier ou la vitesse peut atteindre les 25 m/h en monocouche ou en bicouche.

- Temps de contact  $t_c$  (en minutes) = (volume de matériaux filtrants en  $m^3$  /débit en  $m^3/h$ ) x 60

- Vitesse de filtration

Filtres rapides (4 à 20 m/h)

Filtres lents (0,5 à 15 m/j)

- La perte de charge peut atteindre 1.5 bars

### 2.4.3.1 Caractéristiques du sable de filtration

Le sable peut être extrait des rivières ou provenir de régions côtières (mers et océans) ou de carrières. [32].

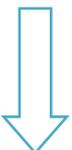
**Composition chimique** : la teneur en silice doit être la plus élevée possible et en tout cas supérieur à 80% (m/m).

**Tableau (2,7) : Eléments chimiques constitués le sable de rivière et le sable de Tebessa**

Eléments chimiques	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cao	MgO	FeO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
% Sable de rivière	87.00	6.62	0.11	0.07	0.45	1.10	3.51	0.03
% Sable de Tebessa	97.59	0.37	0.39	0.05	0.17	0.05	0.17	0.50

#### **Courbe de répartition granulométrique**

la courbe de répartition granulométrique (voir fig.) est obtenue en faisant passer l'échantillon de sable à travers une série de tamis normalisées (voir normes NF X 45-101) puis mesurant la masse retenue sur chacun d'eux et en calculant la masse de matériau qui a traversé chaque tamis, en exprimant le résultat en pourcentage de la masse totale de l'échantillon analysé.



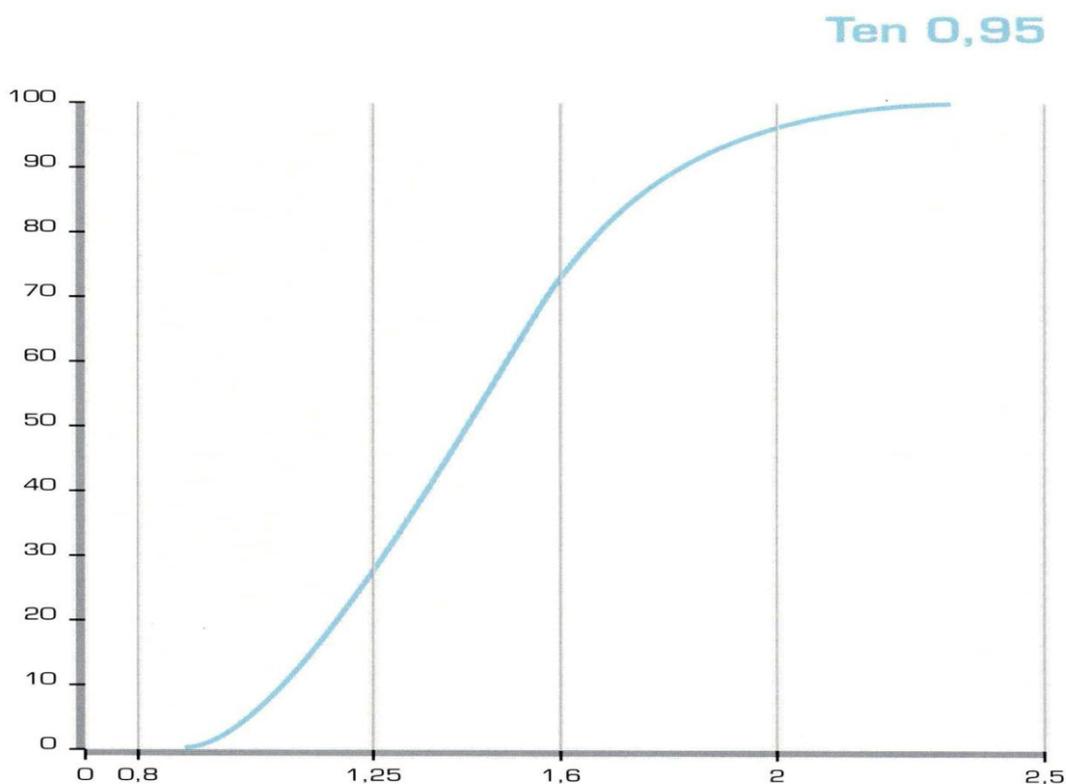
La répartition granulométrique permet de déduire les deux valeurs ‘clés ‘ caractérisant le sable la taille effective (TE) et le coefficient d’uniformité (CU)

- **La taille effective**

le diamètre effective ( ou d10) ou taille effective ( TE ) et le coefficient d’uniformité (CU) sont les caractéristiques granulométriques les plus importants caractérisant un media filtrant . La taille effective TE correspond à l’ouverture de maille théorique du tamis qui laisse passer 10 % de la masse de l’échantillon (grains de sable) donc 90 % de la masse ont un diamètre supérieur à TE.

En générale, la taille effective du sable pour le traitement des eaux potable la plus couramment utilisée est de 0.95 mm.

- **d60 = 1.33**
- **TE = 0.95**
- **CU = 1.40**



**Figure (2,13) : La courbe granulométrique**



- **Le coefficient d'uniformité**

C'est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et celui qui laisse passer 10% :  $CU = D_{60} / D_{10}$  ou  $CU = D_{60} / TE$

- **Forme des grains**

Une forme ronde des grains améliore la qualité du traitement : ces grains de sable s'imbriquent mieux les uns sur les autres que les grains anguleux, ce qui diminue les espaces entre grains; et donc améliore l'effet tamisage. On préférera donc un sable de rivière roulé par rapport un sable de mer ou de carrière broyé présentant des arêtes vives.

- **Masse volumique vraie et apparente**

La masse volumique vraie est égale à la masse divisée par le volume, à l'exclusion du volume inter particulaire d'un matériau non poreux comme c'est le cas du sable, par contre La masse volumique apparente est égale à la masse divisée par le volume incluant le volume inter particulaire).

La comparaison entre les deux masses volumiques, vraie et apparente, permet de définir le volume interarticulaire servant à la rétention des matières en suspension de l'eau à filtrée.

**La friabilité**

le sable de filtration doit être peu friable, afin de produire le moins de fines possible par attrition lors des lavages, car elle pourraient se trouver en surface et provoquer un encrassement rapide du lit filtrant.

:



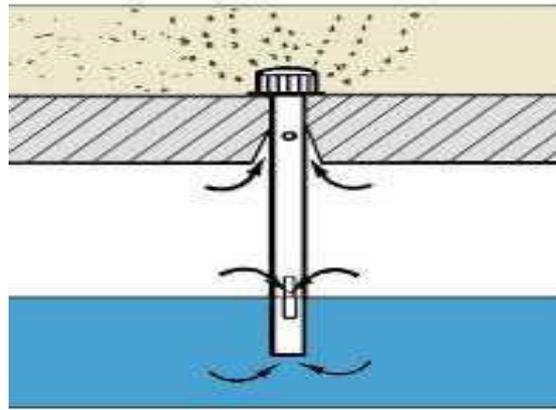


Figure (2,14) : Mécanismes de fonctionnement d'une buselure



Figure (2,15) : Plancher de buselures

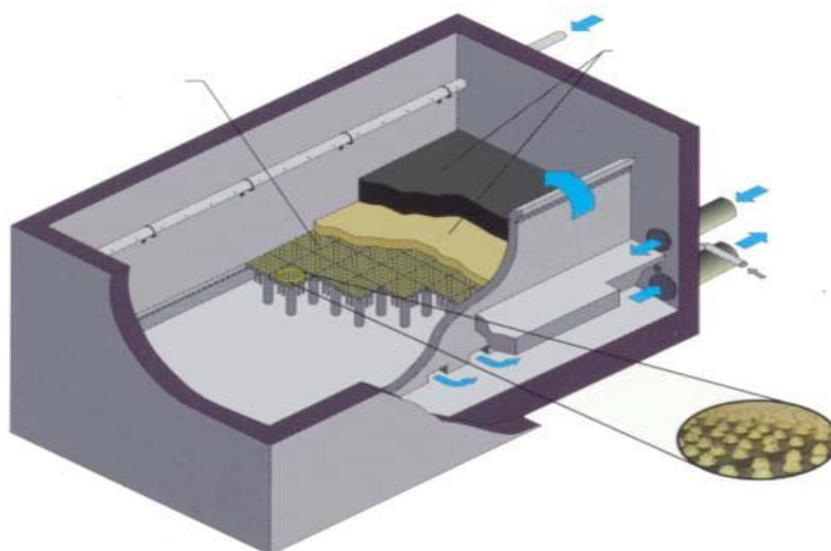


Figure (2,16) : Composition d'un filtre à sable gravitaire



### 2.4.4 La désinfection

Parmi les processus composants une chaîne de traitement (comme la coagulation, la filtration, la stabilisation, etc...), la désinfection occupe une position particulière, il s'agit en effet de l'opération minimale, pratiquement toujours nécessaire, pour le traitement des eaux.

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

◇ **Effet bactéricide** : capacité de détruire les germes en une étape donnée du traitement.

◇ **Effet rémanent** : c'est un effet de désinfectant qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité biologique de l'eau

**Tableau (2,8) : les effets de différents désinfectants [30]..**

Effet/désinfectant	O <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub>	ClO <sub>2</sub>	Chloramines	UV
Effet bactéricide	+++	++	++	+	++
Effet rémanent	0	+	+	++	0

+++ : Un fort effet

++ : Moyen effet

+ : Faible effet

0 : Pas d'effet



Pour atteindre une eau bactériologiquement potable, le traitement des eaux fait appel à des procédés chimiques ou physiques.

## **A- La désinfection par voie physique**

### **✓ Les rayons ultra-violet**

L'action germicide des rayons ultra-violet est bien connue puisqu'elle a été appliquée depuis longtemps à la désinfection de l'eau

L'eau est soumise à un rayonnement ultraviolet à une longueur d'onde ayant un pouvoir biocide (UVC, longueur d'onde environ 254 nm). [33].

#### **a- Avantages**

-Le système est économique à l'investissement et à l'utilisation

-IL n'y'a pas de stockage de produit chimique, le traitement ne laisse aucun dérivé dans l'eau.

#### **b- Inconvénients**

-Les U.V inactive mais n'élimine pas les bactéries. L'eau doit donc être consommée directement après traitement

-Les particules dans l'eau stoppent les rayons U.V et diminuent l'efficacité du traitement.

### **✓ La microfiltration**

La microfiltration est une technique de séparation sur membrane dans laquelle les particules, ou autres matières en suspension, dont la dimension particulaire est comprise entre 0,1 et 1,5 microns, sont séparées d'un liquide. Elle permet d'éliminer la matière en suspension, les bactéries ou autres impuretés. La taille nominale des pores d'une membrane microfiltration est de 0,2 microns. [34].

#### **a- Avantages**

- L'investissement est très faible

- Le système est très simple

- Les bactéries sont enlevées de l'eau et pas seulement inactivées.



**b-Inconvénients**

Le système est couteux à l'utilisation, car il faut renouveler régulièrement les cartouches filtrantes .La microfiltration n'a aucun effet sur les virus, qui sont plus petits que les bactéries.

Actuellement les nouvelles méthodes sont :

**✓ L'ultrafiltration**

Est une technique de séparation sur membrane, elle permet d'éliminer les sels, les protéines et d'autres impuretés. Les membranes d'ultrafiltrations ont une taille nominale de pore de 0,0025 à 0,1 microns. [30].

**✓ La nanofiltration**

C'est une technique de séparation sur membrane semi-perméable, ce procédé est caractérisé par une forte filtration dans laquelle les particules, ou autres matières en suspension ,dont la dimension particulaire est comprise entre approximativement 0,0001 et les 0,005 microns ,sont séparés d'un liquide. Elle permet d'éliminer les virus, les pesticides et les herbicides.

Elles constituent certainement des solutions de l'avenir pour une meilleure qualité de l'eau de boisson car elles ne nécessitent aucune adjonction de produits désinfectants.

Cependant le cout très élevé pour l'entretien des procédés, l'avantage de ces méthodes ne permet pas encore leur généralisation, leur emploi reste limité à quelques centres pilotes de traitement de l'eau en Europe et aux USA [30].



## **B- La désinfection par voie chimique**

Elle consiste à injecter un désinfectant en permanence une eau exempte de bactéries putrides et de germes pathogènes conformément aux normes de potabilité établie. Les réactifs généralement utilisés dans un traitement de désinfection par voie chimique sont : [30].

\*Le chlore et les composés chlorés.

\*L'ozone

\*Le brome

\*Permanganate de potassium

\*Mélange chlore-brome

\*l'iode

\*L'eau oxygénée

### **✓ L'ozonation**

L'ozone, molécule composée de trois atomes d'oxygènes, possède un pouvoir désinfectant très grand (plus efficace que le chlore, les chloramines et mêmes le dioxyde de chlore). Il est instable et se décompose naturellement en oxygène

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation permettant d'hydrolyser les grosses molécules carbonées en petites chaînes carbonées biodégradables. [30].

#### **a-Avantages**

L'ozone a l'avantage de permettre des actions complémentaires dans la destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et des couleurs. Il détruit des composés toxiques tels que les cyanures et les phénols ainsi que les colorants artificiels et organiques naturels comme les acides humiques.

\*L'ozone se décompose en oxygène, sans laisser de produits dérivés dans l'eau

\*L'ozone se produit sur place (pas de transport de produit toxiques ni de consommable à changer régulièrement).



### **b-Inconvénients**

- \*La production d'ozone consomme de l'énergie
- \*Le système est assez complexe
- \*Certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone
- \*Ce système demande un investissement de départ important

#### **✓ Le chlore**

Le chlore est un désinfectant puissant, traditionnellement utilisé pour le traitement municipal.

Le traitement des eaux (particulièrement les eaux de boisson) par le chlore a pour but principal la destruction des organismes pathogènes de manière à parvenir les MTH.

Il joue en outre différents rôles secondaires mais néanmoins importants, oxydation de fer, du manganèse, du sulfure d'hydrogène et la destruction de certains composés engendrant des goûts et des odeurs désagréables à la fin de leur développement et de leur reproduction. Quand les microorganismes ne sont pas éliminés de l'eau potable, l'utilisation de cette eau provoquera des maladies.

### **Conclusion**

Nous avons illustré dans ce chapitre les théories des principales étapes de traitement des eaux de surface, tout en respectant les lignes directrices de traitement, le choix des produits nécessaires au traitement et également les différentes techniques utilisées dans une chaîne de traitement.



## **3.1 La solution de l'extension de la station est-un remède efficace**

### **3.1.1 Introduction**

La consommation mondiale se multipliée tous les 20 ans plus de deux fois la vitesse de croissance de la population humaine, selon les différentes agences de recherche de l'eau l'utilisation mondiale sera triplée dans les 50 prochaines années pour une utilisation rationnelle de l'eau, de nombreux pays ont commencé à construire des barrages et des retenues collinaires dont le seul but d'emmagasiner et de stocker cet élément afin de pouvoir l'utiliser ultérieurement

La plaine de Guelma possède actuellement des ressources hydriques relativement limitées notamment les eaux souterraines .Ces dernières années, un essor économique particulièrement agricole, a eu lieu ce qui a entraîné, d'une part l'accroissement des besoins en eau et a provoqué, d'autre part la dégradation de la qualité des eaux.

Les eaux souterraines qui ne suffisent à satisfaire la demande en eau potable et vu les problèmes rencontrés dans les ressources actuelles d'une part, et l'insuffisance du débit fourni par la station de traitement actuelle, il s'est avérée nécessaire de trouver d'autres solutions pour faire face à ce problèmes, l'extension de la station actuelle est parmi les solutions à entreprendre.

En général, la qualité des eaux brutes nécessite le plus souvent, un traitement plus ou moins complexes, visant à rendre l'eau potable c'est-à-dire propre à la consommation.

### **3.2 Ressource pour Guelma**

La production quotidienne d'eaux destinée à l'alimentation en eau potable de la population de Guelma est de l'ordre de 84.500 m<sup>3</sup>/j dont :

43.000 m<sup>3</sup>/j des eaux de surface qui sont assurées à partir du barrage de Bouhamdane, et 41.500 m<sup>3</sup>/j à partir des eaux souterraines [1].



#### **➤ Champ de captage Guelma**

Le champ captant de la plaine de Guelma, est constitué d'une batterie de sept forages d'une capacité totale de 6000 m<sup>3</sup>/j, les deux tiers de ce volume alimentent les communes de Boucheghouf, Jeballa et Beni Mezline, le un tiers soit 2000 m<sup>3</sup>/j est destiné à la ville de Guelma.

Ce système d'alimentation est caractérisé par :

- La vétuste très avancée de la conduite d'adduction en fonte de diamètre 250 mm sur un linéaire de 3000 ml.
- Les quartiers de la ville alimentés à partir de cette adduction sont directement raccordés sur refoulement
- Cette nappe présente des rabattements pendant la période d'été.
- La vétusté de la station de pompage qui nécessite une rénovation.

#### **➤ Barrage Bouhamdane**

La ville de Guelma est alimentée à partir du barrage des eaux superficielles du barrage de Bouhamdane traitées à travers la station de traitement de H/Debagh, d'une capacité de 42 000 m<sup>3</sup>/j, se volume est répartie entre les localités suivantes H/Debagh, Ain Hsainia, Mjez Amar, Salah Serfani, Doghmane, Salah Salah, Ben Jarah et la ville de Guelma

Ce système est caractérisé par la fragilité de certains tronçons de l'adduction en béton de diamètre 1000mm. La dégradation de la station de pompage SP2, suite au glissement de terrain.

#### **➤ Le champ captant Hlia /Guelma**

Constitué de deux forages, d'un débit moyen de 60 l/s, était destiné a l'alimentation de la ville de Guelma, mais les raccordements des localités au long de l'adduction, et aussi le taux de déperdition élevé, font que le volume qui parviens à la ville de Guelma est devenu insignifiant.



➤ **Le champ captant Hammam Bradaa /Guelma**

Au même titre que le system Hlia, le system H/Bradaa, est caractérisé par la vétusté de son adduction en acier diamètre 400 mm, et des piquages en route, et il faut noter également l'état délabré de la station de pompage.

**3.2.1 Ressource pour Oued-Zenati**

➤ **Champ captant Tamlouka** : Constitué de 09 forages, d'un débit moyen de 134 L/S , alimentant Tamlouka, O/Zenati, Ain Regada, Bordj Sabath, Ain Makhlouf.

➤ **Champ captant Ras el Agba** : 01 forage, d'un débit (05 L/S) alimentant : Ras el Agba, sellaoua il est Caractérisé par :

- Un système vétuste qui nécessite une réhabilitation.
- La nappe présente des rabattements avec la demande qui ne cesse d'augmenter [A].

**3.3 Principales caractéristiques technique du bassin versant d'Oued Bouhamdane**

Les principales caractéristiques techniques de l'Oued Bouhamdane sont données comme suit :

➤ **Bassin versant**

- Surface du bassin versant : 1070 km<sup>2</sup>.
- Précipitations moyennes annuelles : 550.70 mm.
- Forme du bassin Kc : 1.18
- Longueur du rectangle équivalent Le : 46.00 Kms
- Temps de concentration Tc : 10.02 heures
- Affluent le plus important de Oued Seybouse. : 99.00 kms
- Altitude moyenne H moy : 800.00 m NGA
- Altitude minimale H min : 285.00 m NGA
- Altitude maximale H max : 1289.00 m NGA
- Apport annuel moyen A0 : 69.00 Hm<sup>3</sup>
- Lamé d'eau écoulee Lr : 81.30 mm



- Taux d'envasement spécifique sans facteur de correction Es : 54.84 t / km<sup>2</sup> / an
- Taux d'envasement spécifique avec facteur de correction Es : 116.95 t / km<sup>2</sup> / an [B].

**Barrage de Bouahamdane**

- Type : Terre à noyau central
- Début, fin des travaux : 1980-1988
- Capacité initiale : 200 Hm<sup>3</sup>
- Capacité au dernier levé 2004 : 185 Hm<sup>3</sup>
- Apport moy. Annuel : 63 Hm<sup>3</sup>
- Mise en eau du barrage : déc. 1987
- Hauteur de la digue : 93.0 m.
- Volume total de la retenue : 220 hm<sup>3</sup>
- Volume mort : 16.0 hm<sup>3</sup>
- Volume utile : 200 hm
- Volume régularisable : 55 à 60 hm<sup>3</sup>/an
- Longueur du couronnement : 430.00 m
- Largeur à la base : 516.00 m
- Largeur en crête : 9.00 m
- Sécurité : 16.0 hm<sup>3</sup>
- Revanche : 5.0 m
- Destination AEP : Couloir Guelma, Oued-Zenati

IRRIG : Plaine Guelma-Bouchehouf 13 000 Ha



### **Les cotes du barrage**

- Crête : 372.15 m NGA
- Evacuateur de crues N°01 : 365.00 m NGA Correspond à 220hm
- Evacuateur de crues N°02 : 360.00m NGA Correspond à 200hm<sup>3</sup> [1].

### **3.4 Situation géographique de la station**

Le site réservé à la réalisation de l'extension de la station de traitement des eaux sis sur la rive droite de Oued Bouhamdane, est situé à HAMMAM DEBBAGH, à environ 2 kms au NORD-OUEST de l'agglomération chef-lieu de commune et à 40 m de Oued Bouhamdane sur la rive droite et est mitoyen avec la station de traitement existante .

- Et sur la base de la carte topographique – GUELMA -, NJ.32-II-5. EST Ech. = 1/150000, les coordonnées – U.T.M (10) du site de l'extension de la station de traitement sont localisées et déterminées comme suit:

1- site réservé à l'extension de la station de traitement des eaux.

2- Pont existant, en aval du site réservé à l'extension de la station de traitement des eaux qui sont localisées et déterminées comme suit : .

Le site de l'extension de la station de traitement des eaux, est situé au NORD OUEST de l'agglomération DE HAMMAM DEBBAGH, sur la rive droite d'Oued Bouhamdane, et est limité:

- au NORD, par Oued Bouhamdane;
- au SUD, par la station de traitement existante + CW 122;
- à l'EST par les terres agricoles ;





**Figure (3,1) : Désignation du site - vue aérienne récente**



### 3.5 Résultats d'analyses de l'eau du barrage de Bouhamdene

#### 3.5.1 Analyses physico-chimiques de l'eau brute

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux brute et traitée, des années 2013 et 2014, sont représentés dans les tableaux (3,1), (3.2), (3,4) et (3,5).

**Tableau (3,1) : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute (Année 2013)**

Mois Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Tur (NTU)	11,07	12,42	11,48	7,27	5,1	4,31	6,83	10,7	8,62	8,83	9,02	10,85
PH	7,6	7,74	7,79	7,98	8,37	7,78	8,05	7,51	7,28	7,8	7,51	7,51
Cond ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	484	479	511	599	613	614	614	684	694	746	731	735
TDS mg/l)	310	316	310	310	316	315	315	316	319	344	336	336
T( $^{\circ}\text{C}$ )	10,81	9,79	12,36	14,6	18,08	21,78	18,37	16,5	16,9	20,31	16,68	11,94
TH (F $^{\circ}$ )	24	24	23	24	24	24	25	23	24	22	24	24
TAC (F $^{\circ}$ )	11.8	12	10.9	11.9	12.4	11.8	11.6	12.1	11.7	9.3	13.4	13.5
TA (F $^{\circ}$ )	00	00	00	00	0.9	0.4	0.5	00	00	00	00	00
Ca $^{+2}$	59.58	60.36	58.8	58.8	61.15	61.15	59.58	62.72	63.5	-	-	-
Mg $^{+2}$	22.10	22.10	22.57	22.10	21.63	21.63	20.69	19.75	21.16	-	-	-
Cl $^{-}$	85.2	99.4	85.2	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4
MES(mg/l)	7.00	5	3	3	2.5	3	1.5	10	3.5	7	7	7
R.S (mg/l)	334	466.5	470.5	411	510.5	472	465.5	422	452	507.5	524	520
MO (mg/l)	1.2	0.7	2.3	1.5	2.1	1.8	1.6	1.4	-	-	-	-



**Tableau (3,2) : Les résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau traitée (Année 2013)**

Mois Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Tur (NTU)	1,54	1,95	1,51	1,06	0,72	0,86	1,9	2,16	1,65	0,92	1,43	1,45
PH	7,37	7,42	7,45	7,54	8,02	8,6	7,92	7,52	7,32	7,36	7,41	7,51
Cond(µs/cm)	493	485	514	608	621	657	621	691	701	722	740	741
TDS mg/l)	314	318	313	316	320	328	319	319	322	326	340	338
T (°c)	11,16	9,95	11,79	14,14	17,8	21,95	22,49	15,2	16,1	19,05	16,57	12,18
TH (F <sup>0</sup> )	24	24	23	24	24	24	24	23	24	22	24	24
TAC (F <sup>0</sup> )	11.8	12	10.9	11.9	13	12.2	11.9	12.1	11.7	10.3	13.4	13.5
TA (F <sup>0</sup> )	00	00	00	00	0.2	0.4	0.3	00	00	00	00	00
Ca <sup>+2</sup>	59.58	60.36	58.8	58.8	61.15	61.15	59.58	63.5	63.5	--	-	-
Mg <sup>+2</sup>	22.10	22.10	22.57	22.10	21.63	21.63	20.69	20.69	21.16	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	85.2	99.4	85.2	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4	99.4
MES(mg/l)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
R.S (mg/l)	351	425.5	444.5	383.5	517	475	458	467.5	456.5	499.5	539.5	534
MO (mg/l)	0.5	0.3	2	0.8	1	0.9	0.8	1	-	-	-	-

Les résultats des analyses des paramètres bactériologiques des eaux brute et traitée, des années 2013 et 2014, sont représentés dans les tableaux (3,3) et (3,6).

**Tableau (3.3) : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute (Année 2013)**

Mois Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
GT à 37 <sup>0</sup> c (UFC/100ml)	-	24	-	25	-	63	-	88	-	26	136	26
CT (UFC/100ml)	10	00	09	15	-	24	05	00	148	03	03	02
CTT (UFC/100ml)	00	00	00	15	-	24	00	00	00	00	00	00
S F (UFC/100ml)	00	00	09	00	-	00	00	00	00	00	00	01
A S R (UFC/20ml)	-	00	00	-	-	-	-	00	-	-	00	-

\* Pour les Analyses bactériologiques de l'eau traitée (Année 2013) : on constate une absence de tous genres des paramètres bactériologiques.



**Tableau (3,4) : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute (Année 2014)**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Paramètre												
Tur (NTU)	10,45	12,88	31,05	11,84	5,77	8,12	10,38	8,93	7,03	5,92	8,5	10,23
PH	7,73	7,88	7,84	7,83	7,91	8,39	8,13	8,17	8,1	8,01	7,85	7,76
Cond( $\mu$ s/cm)	744	728	660	622	642	633	626	638	640	629	581	541
TDS mg/l)	339	335	315	298	309	304	300	305	314	327	334	338
T( $^{\circ}$ c)	11,21	10,24	11,22	14,89	18,6	16,6	14,96	16,12	18,6	21,21	16,81	11,8
TH ( $F^{\circ}$ )	25	25	22	24	24	24	24	22	24	25	24	25
TAC ( $F^{\circ}$ )	13.8	13.9	12.5	12.5	13.5	11.3	11.3	12.1	11	11	11.5	11.5
TA ( $F^{\circ}$ )	00	00	00	00	00	0.7	0.5	00	0.5	1.5	0.5	0.6
Ca <sup>+2</sup>	65.07	65.07	54.88	57.23	58.8	58.8	58.01	55.6	58.01	59.58	59.58	59.58
Mg <sup>+2</sup>	24.46	23.04	23.04	20.69	26.81	16.46	19.28	19.28	21.63	22.57	21.63	25.4
Cl <sup>-</sup>	99.4	99.4	85.2	85.2	99.4	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2
MES(mg/l)	2	9	25	4	0.5	8	4	3	3	2.5	3	4
R.S (mg/l)	492.5	508	444	390.5	471.5	353.5	369	460	369.5	477.5	484	607
MO (mg/l)	3.8	4.5	4.2	4.9	5.9	4.3	6	5.5	4.3	3.70	5.4	3.6



### ***CHAPITRE III: Conception de l'extension de la station de traitement de Hammam Debagh***

**Tableau (3,5) : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée (Année 2014)**

Mois Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Tur (NTU)	1,17	1,99	3,7	1,86	1,02	2,7	2,87	2,21	1,38	1,46	2,23	1,81
PH	7,74	7,88	7,54	7,5	7,93	8,29	8,20	8,24	8,1	7,71	7,84	7,67
Cond(µs/cm)	749	732	659	621	653	638	631	641	641	641	585	546
TDS mg/l)	342	339	314	297	314	306	303	307	315	331	336	342
T(°c)	10,99	10,64	11,01	14,05	18,26	15,66	14,22	15,45	17,6	21,11	16,79	13,4
TH ( F <sup>0</sup> )	25	25	22	24	24	24	24	22	24	25	24	25
TAC ( F <sup>0</sup> )	13.8	13.6	11.3	12.2	12.5	11	11.3	11.8	12	10.9	11.5	11.5
TA ( F <sup>0</sup> )	00	00	00	00	00	0.8	0.7	00	00	0.8	0.5	0.5
Ca <sup>+2</sup>	65.07	65.07	54.88	57.23	60.36	60.36	58.01	55.6	59.58	59.58	59.58	61.15
Mg <sup>+2</sup>	24.46	23.04	23.04	20.69	20.22	15.05	19.28	19.28	22.57	20.69	20.69	24.93
Cl <sup>-</sup>	99.4	99.4	85.2	85.2	99.4	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2
MES(mg/l)	00	00	4	00	00	1.5	00	00	00	00	00	00
R.S (mg/l)	439.5	560	549.5	361	461.5	316.5	393	473.5	433.5	518	478	615.5
MO (mg/l)	3.2	3.6	3.5	4.2	4.8	3.8	4	4.9	3.8	1.9	5	2.5

**Tableau (3,6) : Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute (Année 2014)**

Mois Paramètre	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
GT à 37 <sup>0</sup> c (UFC/100ml)	15	66	76	75	26	-	33	35	-	-	93	54
CT (UFC/100ml)	07	38	25	54	02	00	00	00	15	-	36	27
CTT (UFC/100ml)	00	00	00	00	00	00	00	00	15	-	36	27
S F (UFC/100ml)	00	00	00	00	00	00	00	00	13	-	00	00
A S R (UFC/20ml)	00	-	-	-	00	-	00	00	-	-	00	-

**\* Pour les Analyses bactériologique de l'eau traitée (Année 2014) : on constate une absence de tous genres des paramètres.**



### **3.6 Interprétations des résultats et choix de la filière de traitement**

#### **a- Normes de référence**

Plusieurs pays ont leurs propres normes de potabilité, dont l'Algérie est vu l'intensité de notre pays et son degré de développement qui possède des normes plus tolérants que l'union européenne, et prend aussi comme référence les normes de l'OMS.

#### **b- Normes de potabilité**

L'eau avant d'être déclarée potable, doit subir un certain nombre de tests qui respectent une certaine conformité aux normes.

Les normes visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé, et présente également des objectifs esthétiques car une eau de mauvaise qualité esthétique fait naître un doute sur sa salubrité dans l'esprit du consommateur.

Ces normes sont représentées par des chiffres qui furent la limite à ne pas dépasser ou limite inférieure à atteindre (voir l'annexe).

#### **c- Résultats d'analyses**

Les analyses physico-chimiques et les analyses bactériologiques sont effectuées de façon continue sur l'eau du barrage au niveau de la station de traitement actuel, nous avons exploité les données des résultats d'analyses d'eau brute et d'eau traité pour le choix d'une filière de traitement adéquat et d'éviter les lacunes constatés dans le procédés du traitement actuel.

### **3.7 Importance des paramètres physico-chimiques de l'eau brute**

Les procédés de traitement à utiliser dans un cas particulier doivent tenir compte de la qualité, de la nature et de la source d'approvisionnement en eau.

Donc il est nécessaire d'analyser et de contrôler les divers paramètres afin d'évaluer l'efficacité de traitement.



### **3.7.1 La température**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, pour les eaux de barrage elle varie entre 9<sup>0</sup>C et 22<sup>0</sup>C selon les saisons.

L'augmentation de la température accélère la prolifération microbologique, ce qui traduit par une consommation excessive de désinfectant.

### **3.7.2 Le potentiel d'hydrogène pH**

Le terme pH désigne le rapport (acide/base) existant dans l'eau, il joue un rôle primordial dans le domaine de l'eau, à la fois dans :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité)
- Les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites des pH,
- L'efficacité de certain traitement (coagulation, adoucissement, contrôle de la corrosion, chloration).
- Les mécanismes de la coagulation

La détermination du pH est donc la mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment.

Pour les eaux du barrage Bouhamdene le pH varie entre 7 et 8.60.

### **3.7.3 La turbidité**

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. 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 de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une faible part de turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

Pour les eaux du barrage de Bouhamdene, elles ne présentent pas une forte turbidité sauf des cas exceptionnels comme l'arrivée d'une crue où les valeurs de la turbidité seront > 300 NTU. Dans ce cas-là on doit arrêter complètement le traitement jusqu'à rétablissement de la situation.



### **3.7.4 Les matières en suspension**

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau, elles sont le résultat de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des rejets. Le poids se détermine après filtration (filtre papier fin) dans une rampe de filtration.

Pour les eaux du barrage la quantité du MES varie entre 2 et 9 mg/l.

### **3.7.5 La Conductivité**

La conductivité d'une eau liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdes ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température.

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissous dans l'eau. Une élévation entraîne souvent des pH hors norme et une salinité élevée lorsqu'elle est due à un excès d'ions de calcium elle entraîne l'entartrage des conduites.

Pour les eaux du barrage de Bouhamdane les valeurs de la conductivité oscillent entre 450 et 750  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

### **3.7.6 La dureté**

La dureté totale est la somme des ions alcalino-terreux, dissous dans l'eau, la plus grande partie est constituée par les ions calcium et magnésium.

Lorsque le TH d'une eau est élevé, elle est dite dure et douce dans le cas inverse, pour les boissons domestiques.

Pour l'eau du barrage en question la dureté varie entre 20 et 25  $^{\circ}\text{F}$ .



### **3.7.7 L'alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), et hydroxyde (OH).

Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- Alcalinité au virage du rouge de méthyle : elle correspond à l'alcalinité totale au pH 4.5, ce qui revient à déterminer les ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{OH}^-$ . Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet TAC.

- Alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) :

Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $\text{OH}^-$  et la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA).

### **3.7.8 Les paramètres indésirables**

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût et odeur (matières organiques, phénols, fer ...), couleur (fer, manganèse ...), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, nitrites, fluor ...).

On surveille donc prioritairement la contamination des eaux par des matières organiques (mesurée par l'oxydabilité au permanganate de potassium), la concentration en ammonium, la présence de nitrites et de nitrates qui interviennent dans le cycle d'oxydation des matières organiques, et la concentration de fer.



### 3.8 Etude de pré-chloration

#### 3.8.1 Détermination du point critique –Break point-

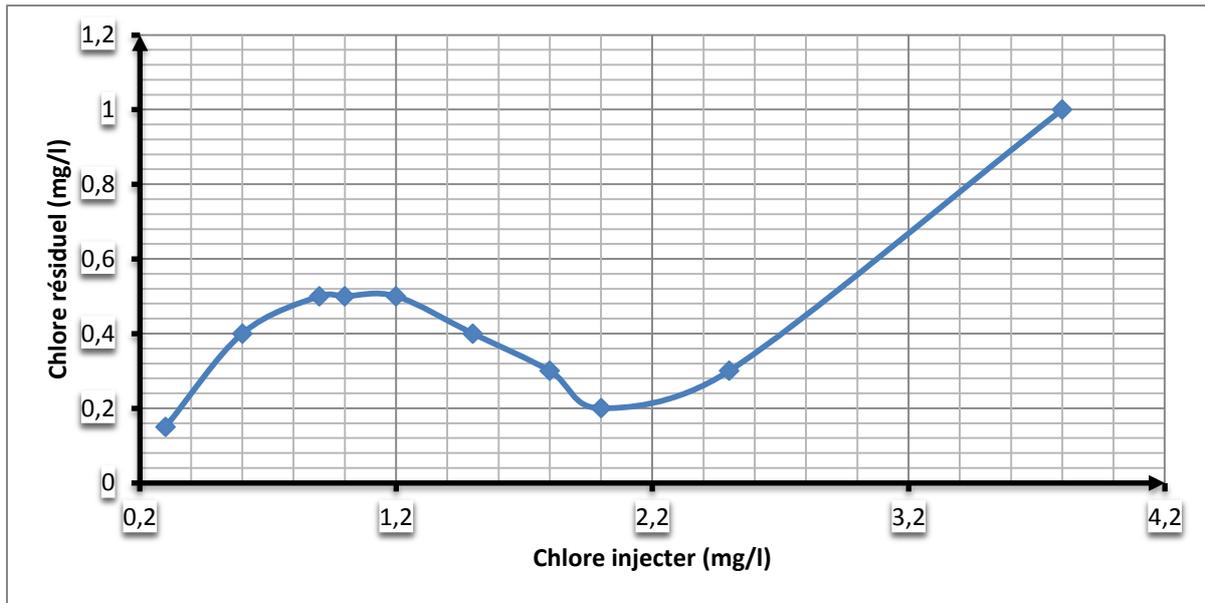
la dose de la demande en chlore se détermine à partir du break-point comme suit :  
On introduit des doses croissantes de chlore dans 10 béchers homogène d'eau brute ,et qu'on mesure le chlore résiduel et combinée béchers après un temps de contact d'une heure puis deux heures .

**Tableau ( 3,7 ) : Résultats de l'essai du break-point**

N <sup>o</sup> du flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chlore libre mg/l après 1h	00	00	00	00	00	00	Traces	Traces	0,45	1
Chlore combinée mg/l après 1h	0,15	0,35	0,6	0,5	0,5	0,45	0,4	0,3	0,7	1
Chlore libre (mg/l) après 2h	00	00	00	00	00	00	00	00	0,15	0,8
Chlore combinée (mg/l) après 2h	0,15	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	1
Chlore injecté (mg/l)	0,3	0,6	0,9	1	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3,5

On constate souvent que les résultats suivent une loi caractéristique qui donne la courbe représentée sur la figure (3,2).





**Figure (3,2) : Courbe de la demande en chlore d'eau brute**

Donc la dose optimale se trouve entre 2mg/l et 2,5mg/l, d'où l'apparition du chlore résiduel. Qui signifie qu'on est dans la zone de pouvoir désinfectant, où tous le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux ( HClO ).

### **3.9 Détermination des doses des réactifs à partir d'essai de JAR-TEST**

Pour déterminer correctement le type de coagulant et la dose optimale pour une eau donnée, il faut obligatoirement effectuer les essais : de " JAR-TEST ".

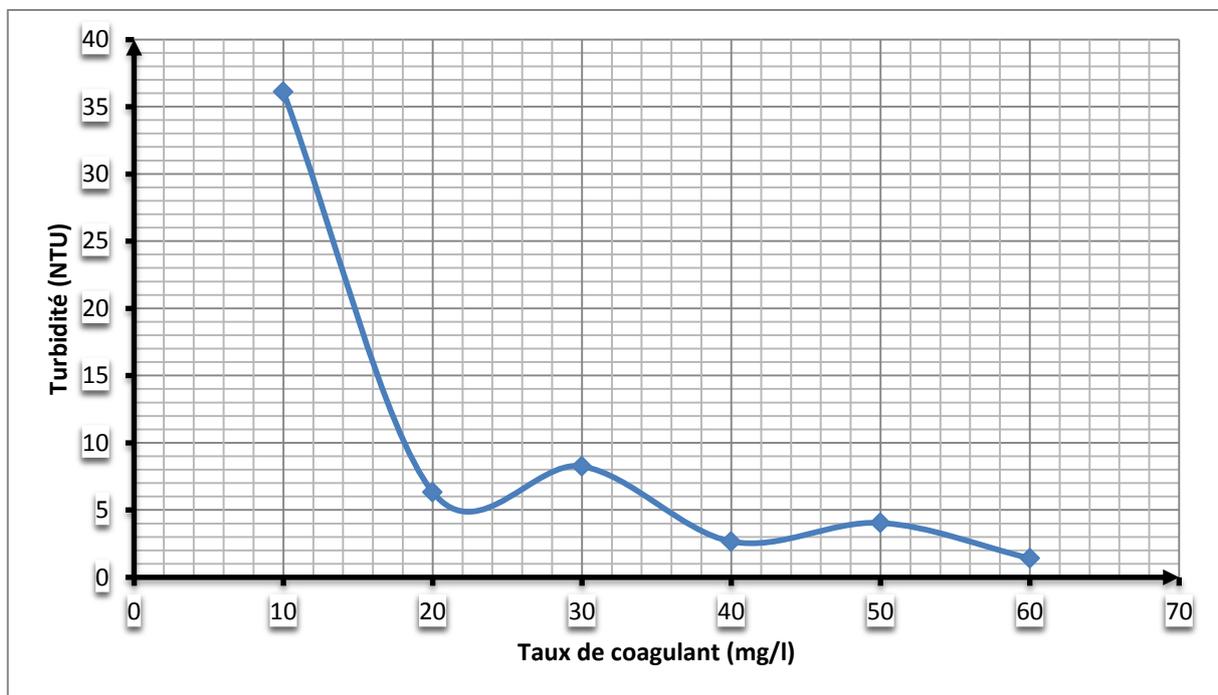
Nous avons choisi le jour où la turbidité est élevée pour faire l'essai du Jar Test, cela pour bien réaliser ce dernier et avoir de très résultats significatifs, le débit à traiter ce jour-là (Q) est égal à 1600 m<sup>3</sup>/ h, la turbidité est égale à 38.50, pH = 8.18, la température T=8°C et les matières organiques sont évaluées à 5 mg/l.

Le tableau (3,8) donne les résultats de l'essai du choix de la dose du coagulant. Le traçage de la courbe représentant la turbidité en fonction des doses croissantes du coagulant est représenté sur la figure (3,3). Nous avons effectué la même manière avec les doses du flocculant, voir figure (3,4).



**Tableau (3,8) : Résultats de l'essai du choix de la dose du coagulant**

Béchers	01	02	03	04	05	06
Taux de sulfate d'alumine (mg/l) (C=100 Kg/m <sup>3</sup> )	10	20	30	40	50	60
Débit de la pompe doseuse (m <sup>3</sup> /h)	0.16	0.32	0.48	0.64	0.8	0.96
Turbidité (NTU)	36,1	6,34	8,25	2,66	4,04	4,41



**Figure (3,3) : Courbe de détermination de la dose du coagulant**

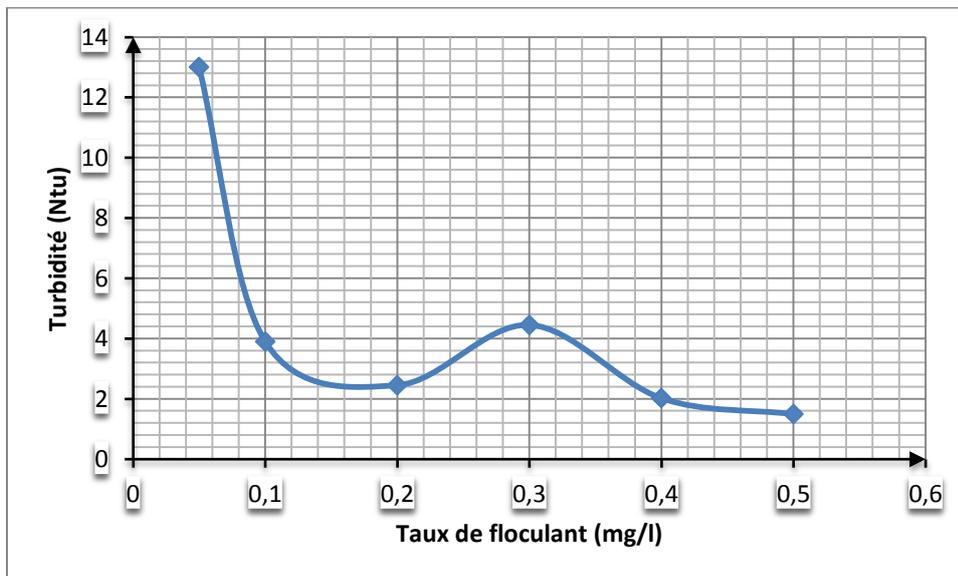
On constate que les doses, 20, 30, 40, 50, et 60 mg/l du sulfate d'alumine donnent des valeurs de turbidités acceptables, nous opterons une valeur de la dose du coagulant de 20 mg/l puisque cette dernière donne des tailles des floccs plus décantables mieux que les autres. On peut dire que la quantité du coagulant ajoutée est suffisante pour neutraliser les particules chargées négativement, mais il faut faire attention, car l'injection excessive de coagulant pourrait charger les particules positivement et recréer des forces répulsives empêchant alors la création des floccs et donc on peut rencontrer d'autres problèmes.

La dose que nous avons opté entraîne une diminution de la turbidité des eaux brutes de la valeur 38 NTU à la valeur 6,34 NTU.



**Tableau n° (3.9) : Résultats de l'essai du choix de la dose du floculant**

Béchers	01	02	03	04	05	06
Taux de sulfate d'alumine (g/m <sup>3</sup> )	20					
Débit de sulfate d'alumine ( m <sup>3</sup> /h)	0,32					
Taux de polymère g/m <sup>3</sup> C = 2 g/m <sup>3</sup>	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Débit de polymère	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4
Turbidité (NTU)	13,0	3,9	2,45	4,45	2,02	1,49



**Figure (3.4) Courbe de détermination de la dose du floculant**

La floculation est faite rapidement, alors on peut dire que la quantité du coagulant+adjuvant ajoutée est suffisante pour neutraliser les particules chargées négativement.

On prend la dose de 0.2 mg/l qui correspond à une turbidité de 2.45 (NTU) qui est conforme à la norme < 5 (NTU), pour les autres béchers malgré qu'on a augmenté la dose du coagulant+adjuvant, la décantation reste médiocre, donc les particules colloïdales présentes dans notre effluent n'ont pas encore été déstabilisée, cela est due aux forces de répulsion qui restent supérieures à ceux d'attraction.



## **Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre, en premier lieu, les différentes ressources qui alimentent le couloir de Guelma et celui d'Oued-Zenati et les problèmes rencontrés soit au niveau de la production soit niveau de la distribution.

En second lieu, nous avons mis en détaille les caractéristiques techniques du bassin versant du barrage et la situation géographique de du terrain choisi pour faire l'extension de la station de traitement de Bouhamdene. Nous avons abordé, par la suite les essais de jar-test permettant de déterminer les doses optimales du coagulants et du floculant utilisés dans la station de traitement des eaux de Bouhamdene, puis l'essai de Break-Point qui détermine la dose optimale du désinfectant a été notre cible.

Afin de voir s'il y avait une variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées, nous avons présenté tous les résultats des analyses effectuées durant les deux années 2013 et 2014, pour constater les anomalies au fonctionnement des différents ouvrages constituant la station actuelle pour entreprendre des précautions lors de la conception et du dimensionnement de l'extension de la station.



## **4.1 Evaluation de la population**

La population totale future est estimée à 183168 habitants à l'horizon 2035 pour le couloir de Guelma qui est destinée à alimenter les localités suivantes : Hammam Debagh ,Ain Hessainia ,Medjez Amar ,Bentabouche ,Guelma ville , Bendjerrah , Belkheir Djeballah Khemissi ,Beni Mezline .

Aussi il a indiqué une population de 104832 habitants pour le couloir de Oued-Zenati qui est destiné à alimenter : Bouhamdane, Bordj Sabath, Ras el Agba, Ain-Regada et la nouvelle zone industrielle de Ain-Regada) et cela à l'horizon 2035.

La détermination du nombre d'habitants de la population future des deux couloirs est basée sur la méthode rationnelle pour chaque localité et douars du couloir, elle s'écrit :

$$P_N = P_0 * (1 + \tau)^n$$

D'où :  $P_N$ : Nombre de population future à l'horizon 2035

$P_0$ : Nombre de population actuelle

$\tau$  : Taux de croissance

## **4.2 Estimation du débit**

### **4.2.1 Evaluation des besoins en eau**

On estime la consommation individuelle à 150 l/hab/j, puis on calcul les besoins en eau pour la population à l'horizon 2035.

#### **a) Le couloir de Guelma**

##### **➤ Besoins journaliers, $B_j$**

$$B_j = P_N * 150$$

$$B_j = 183168 * 150 = 27475200 \text{ l/j}$$

##### **➤ Besoins horaires, $B_h$**

$$B_h = B_j / 24$$

$$B_h = 27449400 / 24 = 1144800 \text{ l/h}$$



➤ **Besoins à la seconde, Bs**

$$Bs = Bh / 3600$$

$$Bs = 1143725 / 3600 = 318 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul du débit d'alimentation**

$$Q = Bs * 3600 / 1000$$

$$Q = 318 * 3600 / 1000 = 1144.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**b) (Le couloir de Oued-Zenati )**

➤ **Besoins journalier, Bj**

$$Bj = P_N * 150$$

$$Bj = 104832 * 150 = 15724800 \text{ l/j}$$

➤ **Besoins horaires, Bh**

$$Bh = Bj / 24$$

$$Bh = 15724800 / 24 = 655200 \text{ l/h}$$

➤ **Besoins à la seconde, Bs**

$$Bs = Bh / 3600 = 655200 / 3600 = 182 \text{ l/s}$$

➤ **Calcul du débit d'alimentation**

$$Q = Bs * 3600 / 1000$$

$$Q = 182 * 3600 / 1000 = 655,2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**Le débit total est la somme des débits des deux couloirs**

$$Q_{\text{TOTAL}} = 655,2 + 1144,8 = 1800 \text{ m}^3 / \text{h}$$



## **4-3 Descriptions des installations de la chaine de traitement**

### **4.3.1 La prise d'eau**

L'eau brute vient du barrage doit passer à travers la tour de prise d'eau principale qui se trouve au niveau du barrage, elle a 03 niveaux qui sont :

- Le niveau haute de la prise ,il se trouve à une hauteur de 340,2 NGA (Niveau Géodésique Algérien )
- Le niveau moyenne de la prise de 320,00 NGA (Niveau Géodésique Algérien)
- Le niveau basse de la prise 302,00 NGA (Niveau Géodésique Algérien).

La tour à une hauteur de 70 m dont 35 m , ancré dans le rocher. [1].



**Figure (4,1) : La Tour principale de prise d'eau du barrage de Bouhamdene**



### **4.3.2 Le prétraitement**

Beaucoup d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Dans notre cas, les prétraitements sont de deux types:

- Le dégrillage.
- Le tamisage.

#### **a)Le dégrillage**

C'est le premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages avals de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitements. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourrait réduire à l'efficacité des traitements suivants, ou elles compliquent l'exécution. Le dégrillage est avant tout destiné à l'élimination de gros objets : morceaux de bois, etc.

Dans notre cas le dégrillage s'effectue au niveau de la tour de prise d'eau principale du barrage qui dispose de 03 grille à mailles de 2,75 \*1,8 m de dimension chacun. Ces grilles sont installées aux trois niveaux de prise d'eau.



**Figure (4,2) : Grille à mailles**



Par la suite l'eau brute s'achemine vers la station de traitement par le biais d'une conduite en PRV de 800 mm diamètre.

A l'entrée de la station, l'eau brute doit être régularisé par une vanne cellulaire (Brise charge), selon le débit à traiter  $1800\text{m}^3/\text{h}$  et un débitmètre électromagnétique pour mesurer le débit entrant à la station.

#### **b) Micro-tamissage**

Quant à lui, permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles et débris végétaux ou animaux, des algues et, des herbes par exemple.

Pour la station, il s'agit d'une toile métallique de mailles serrées de  $110\mu\text{m}$ .

### **4.3.3 Bassin de mélange**

L'eau brute est passée dans une conduite de 800 mm et 10 m de longueur à une vitesse de 1,2 m/s vers le bassin de mélange, là où il s'effectue l'injection des réactifs destinée au traitement.

#### **✓ La pré-chloration**

Afin d'oxyder chimiquement les algues, fer, manganèse, ammonium...

la chloration au niveau de la station s'effectue par l'hypochlorite de sodium, la dose de chlore se détermine après l'opération de **Break-point**.

#### **✓ La coagulation**

Pour rôle d'assurer la coagulation des particules en suspension, et des matières solubles (matière organique) et la création du floc, avec agitation rapide.

Le coagulant utilisée dans la station est le sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ , sa préparation s'effectué dans le bloc des réactifs, la dose optimale se détermine après l'opération du

#### **Jar-test**

Le charbon actif est utilisée en cas de pollution accidentelle (changement de couleur, d'odeur dans l'eau).



#### **4.3.4 La Flocculation**

Son rôle est d'augmenter la taille des floccs et vitesse de décantation et d'augmenter la cohésion des boues.

Le flocculant utilisé est le polymère (polyélectrolyte) qui une colle (solution mère très visqueuse).

L'installation de préparation du polymère s'effectue dans un kit qui contient 03 compartiments en polypropylène chacun doté de trois agitateurs pour chacun. le premier pour la préparation du produit, C'est là où il s'effectue l'injection du polymère et l'eau de service dans un entonnoir à travers un hydroéjecteur, le deuxième compartiment est destiné pour la maturation du produit, et enfin le troisième pour la distribution de la solution préparée vers le bassin de mélange par des pompes doseuses.

#### **4.3.5 Le Décanteur**

Après la clarification (coagulation-flocculation) l'eau est passer au décanteur qui a une forme circulaire muni d'un bras racleur pour la récupération des matières décantés sous forme de boue, elle a un temps de séjour de 2 heures et 30 minutes.

#### **4.3.6 Bloc de recirculation de la boue**

La boue décantée au fond du décanteur doit subir une analyse avant d'être rejetée vers l'oued, si elle est riche en produit chimiques de traitement on peut récupérer une quantité pour une éventuelle recirculation vers le bassin de mélange.

#### **4.3.7 Les Filtres**

Après le décanteur l'eau passe à la filtration par un écoulement toujours gravitaire. La station est équipée d'un compartiment qui contient (05) bassins de filtration ouvert à lit de sable.

Le bloc de filtration est muni des pupitres de lavage des filtres qui fonctionnent par des système automatique, semi-automatique et manuel à l'aide des hydro blocs dotée des vannes pneumatiques pour insufflation d'air et pompage de l'eau durant le lavage des filtres.



#### **4.3.8 Bassin de récupération d'eau de lavage**

Vu l'importance du volume d'eau de lavage qui varie du mois à l'autre bien sûr selon la qualité d'eau brute (turbidité) et parfois perturbation dans les pompes doseuses de la clarification, qui dernièrement enregistrent des chiffres non négligeables, il a été construit un bassin pour la recirculation et la récupération d'eau de lavage qui est relié directement vers le bassin de mélange, ce qui constitue une autre source supplémentaire d'alimentation de la station.

#### **4.3.9 La Désinfection**

L'eau filtrée se rassemble dans un bassin de chloration, d'une capacité importante ( $600 \text{ m}^3$ ) là où il subit une désinfection par un système de chicane (bassin à chicane) pour donner le temps suffisant, afin d'assurer une bonne désinfection et d'éviter la dégradation rapide du chlore jusqu'au consommateur, voir vue en plan du bassin de chloration.

Les produits désinfectants utilisés sont :

- Hypochlorite de sodium  $\text{NaClO}$
- Hypochlorite de calcium  $\text{Ca}(\text{ClO}_2)$

Voir le bassin de chloration représenté en vue en plan.

#### **4.3.10 Réservoir eau de service**

L'eau désinfectée dans le bassin de chloration est pompée vers un réservoir d'eau de service de faible capacité ( $100 \text{ m}^3$ ), ce réservoir est utilisé pour la préparation des réactifs nécessaires aux traitements et l'utilisation interne de la station.

#### **4.3.11 Réservoir d'accumulation**

L'eau sortie du bassin de désinfection se dirige à travers, une conduite en acier de DN 500 mm, vers le réservoir d'accumulation semi-enterré d'une capacité de  $3000 \text{ m}^3$ .

#### **4.3.12 Station de pompage**

A partir du réservoir d'accumulation l'eau est envoyée vers la station de pompage pour l'adduction.

La station de traitement possède 02 stations de pompage juxtaposées, l'une pour le couloir et transfert existant vers Guelma et l'autre pour le couloir de Oued-zenati.



## **4.4 Dimensionnement des ouvrages de l'extension de station**

### **4.4.1 Préparation et doses des réactifs**

➤ **Préchloration**

Du fait que le chlore est l'oxydant le plus utilisée, on utilise d'hypochlorite de sodium (NaClO) eau de javel ou l'hypochlorite de calcium (CaClO<sub>2</sub>) pour la préchloration à une dose de (1 à 2.5) g/m<sup>3</sup>

**- Calcul de la quantité de chlore et réglage de la pompe doseuse :**

-Oxydant utilisée : hypochlorite de sodium (NaClO) eau de javel

- Production d'eau : débit Q (m<sup>3</sup> / h ) : 1800 m<sup>3</sup> / h

- Dosage du chlore (mg/l) : 2.3 mg/l suivant le break-point

- Le débit maximal de la pompe doseuse : 54 l/h

- Solution de javel à 45<sup>0</sup>

La quantité de chlore nécessaire pour traiter 1800 m<sup>3</sup> / h à 2.3 mg / l de chlore libre est :

$1800 * 2.3 = 4140$  g Donc, il faut 4140 g de chlore par litre.

Sachant que la solution de NaClO à 45<sup>0</sup> correspond à :

1 degré chlorométrique → 3.17 g de chlore

45 degré chlorométrique → 142.65 g de chlore

1 litre d'eau de javel à 45<sup>0</sup> contient 142.65 g de chlore

Sachant que pour traiter 1800 m<sup>3</sup> / h à 2.3 mg / l, il nous faut 4140 g/h de chlore, donc le nombre de litres de javel à 45<sup>0</sup> nécessaire pour traiter 1800 m<sup>3</sup> / h est :

$4140 / 142.65 = 29.02$  l / h, Alors la quantité d'eau de javel nécessaire est de 29.02 l / h

Notre pompe doseuse à un débit de 54 l / h , le réglage de la pompe en pourcentage est de :

$54$  l / h → 100 %

$29.02$  l / h → X %

X = 53.7 %

Donc on réglé notre pompe doseuse à 53.7 % pour traiter un débit de 1800 m<sup>3</sup> / h avec une concentration de javel de 29.02 l / h, pour avoir un résultat de 2.3 mg/l de chlore libre.



**-Dosage à l'hypochlorite de calcium à 65 % de chlore actif**

Pour préparer une solution d'hypochlorite de calcium à 45<sup>0</sup> de chlore. 1 Kg de l'hypochlorite de calcium contient 650 g de chlore actif

Sachant qu'une solution de 1 litre d'eau de javel à 45<sup>0</sup> contient 142.65 g de chlore actif .

Dans 1000 g de l'hypochlorite de calcium → 650 g de chlore actif

X → 142.65

Donc : X = 219 g d'hypochlorite de calcium.

Pour avoir un litre d'une solution de chlore à 45<sup>0</sup> , il nous faut 219 g d'hypochlorite de calcium .

Pour préparer un bac de 100 litres, il faut prendre à peu près 22 Kg d'hypochlorite de calcium.

➤ **Coagulant**

La préparation du coagulant s'effectue dans un bassin de dissolution d'une capacité de 16 m<sup>2</sup>.

Elle doit être rempli à l'eau de service à certain seuil pour permettre la dissolution du sulfate d'alumine (Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) qui en poudre blanche à la concentration déterminer au Jar-test avec un agitateur au milieu du cuve contrairement à l'ancien station ou l'agitation s'effectue avec les pompes de dissolution.

La solution préparée fait un circuit continu, du bassin de dissolution jusqu'au réservoir tampon de distribution, à l'aide des pompes de dosage qui l'envoyant vers le bassin de mélange, muni d'un débitmètre électromagnétique pour réguler le débit.



**Calcul du débit de la pompe doseuse**

Le débit de la pompe doseuse est calculé par la formule ci-après

$$Q_{pd}(l/h) = Q_{eb}(l/h) \cdot D_{inj}(mg/l) / \left[ d \cdot C_p(mg/l) \right]$$

**Tableau 4.1 : Noms des abréviations utilisées à la formule**

Abréviation	Définition
$Q_{pd}$	Débit pompe doseuse
$Q_{eb}$	Débit d'eau brute
$D_{inj}$	Dose à injecter (jar-test)
$d$	Densité
$C_p$	Concentration du produit
$Al_2(SO_4)_3$	Sulfate d'alumine

**4.4.2 Dimensionnement du bassin de coagulation**

Pour un temps de contact de 1.07 minutes déterminé dans un laboratoire spécialisé le volume du bassin serait :

$$V = Q \cdot t$$

Ou :

$$Q : \text{débit à traiter de la station, } Q = 1800 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$t : \text{temps de contact, } t = 1.07 \text{ min}$$

$$\text{Donc : } V = 1800 * (1.07/60) = 32.25 \text{ m}^3$$

Pour une hauteur de 3 m, la surface du bassin serait alors :

$$S = V / 3 = 32.25/3 = 10.75 \text{ m}^2$$

$$\text{On déduit la vitesse } V = Q / S = 1800/10.75 = 167.44 \text{ m/h}$$



Le bassin de coagulation de la station à une forme rectangulaire, il est équipé d'un mélangeur à vitesse rapide.

Et afin d'accélérer et assurer une bonne répartition des différents réactifs sur toute la masse d'eau la partie d'entrée d'eau brute au bassin de mélange où on injecte les produits de coagulation, est séparée de la partie de floculation par un déversoir.

La première partie a les dimensions de 1.75 m de longueur et 1 m de largeur ,il équipé d'un agitateur à vitesse rapide.

La seconde partie ayant les dimensions de 3 m de longueur et 3 m de largeur.

#### **Floculant : (polyélectrolyte)**

L'objet de dosage du floculant, permettant l'agglomération des micro-flocs qui se sont formées à l'étape de coagulation.

#### **4.4.3 Dimensionnement du bassin de floculation**

Le bassin de floculation est subdivisé en quatre bassins appelés flocculateurs, ces derniers sont dotés chacun d'un agitateur lents, dans lesquels est injecté le polymère.

Le temps de contact entre l'eau et le floculant est compris entre 10 et 30 min, pour notre cas on prend un temps de contact de 30 min).

Le volume de ces chambres serait :

$$Q : \text{débit admis au flocculateur} = 1800/4 = 450 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V : \text{volume du flocculateur} = Q * t , \quad t = 30\text{min}$$

$$V = 450 * (30/60) = 225 \text{ m}^3$$

$$\text{Donc le volume total est } 225 * 4 = 900 \text{ m}^3$$

-la surface du bassin est :

On adopte une hauteur  $H = 3,8 \text{ m}$

$$V = S * H \rightarrow S = v / H = 225 / 3,8 = 59,21 \text{ m}^2$$



- longueur du bassin

$$L \geq B * \eta * H$$

**B** : coefficient empirique varie entre 1 et 1.5 , on prend  $B = 1.35$

**$\eta$** : nombre des pales des hélices du mélangeur  $\eta=3$

Donc :

$$L \geq 1.35 * 3 * 3.8 \geq 15.39 \text{ m}$$

on adopte  $L = 15.4 \text{ m}$

- la largeur  $l = S / L = 59.21 / 15.4 = 3.84 \text{ m}$

#### **4.4.4 Dimensionnement du bassin de décantation**

L'eau flocculée se dirige vers le décanteur de la station qui a une forme circulaire, à bras racleur pour l'extraction ou bien la recirculation de la boue

Il est dimensionner à la base de débit de  $1800 \text{ m}^3/\text{h}$ .

✓ Le temps de séjour :  $t = 2.5 \text{ h}$ , pour donner le temps nécessaire au floc de décanter, contrairement au décanteur de la station actuel ( $t = 2 \text{ h}$ ) qui nous à poser beaucoup de problèmes .

- ✓ La capacité du bassin de décantation :

$$v = Q * t \text{ (m}^3\text{)} = 1800 * 2.5 = 4500 \text{ m}^3$$

- ✓ La vitesse de décantation

On détermine la vitesse de décantation à partir d'eau flocculée utilisée après d'opération de jar-test, ce qui nous à permet de recherché et suivre l'évolution de la vitesse de chute.

On introduit un litre d'eau flocculée dans une éprouvette d'un litre et de 30 cm de hauteur bien gradué, on note la hauteur de l'eau non clarifié en fonction du temps [35] .



A partir du graphe  $H = f(t)$ , on détermine la vitesse de décantation (clarification).

$$V = H_0 - H_s / t_s * 60/100 \text{ (m/h)}$$

Avec :

$H_0$  : 30 cm

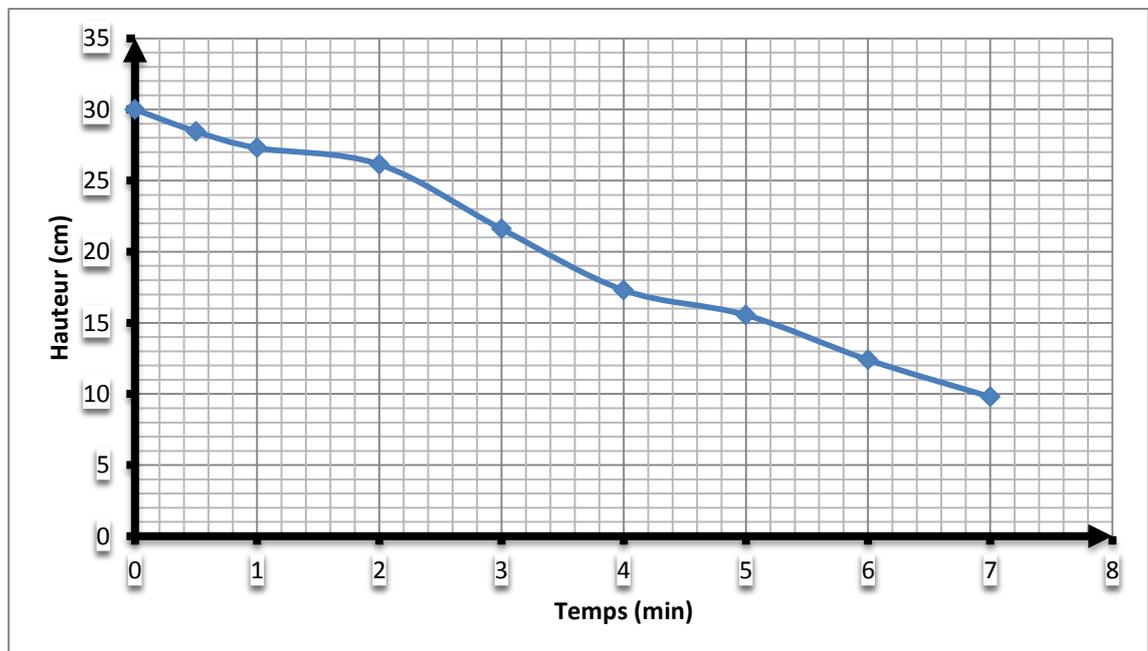
$H_s$  : Hauteur (cm)

$T_s$  : Temps déterminée à partir du graphe (min), temps de stabilisation de la hauteur de la zone clair .

$$V = 30 - 26.14 / 2 * 60/100 = 1.16 \text{ m/h}$$

**Tableau (4,2) : Détermination de la vitesse de décantation**

H (cm)	30.00	28.45	27.30	26.14	21.6	17.3	15.55	12.40	09.80
t (min)	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7



**Figure (4,3) : Détermination de la vitesse de décantation**



- ✓ La vitesse de décantation :  $V = 1.16 \text{ m/h}$
- ✓ La surface total du bassin de décantation :  
 $S = Q / V \text{ (m}^2\text{)} = 1800 / 1.16 = 1551.72 \text{ m}^2$
- ✓ Le diamètre du bassin de décantation  
 $S = \pi D^2 / 4 \rightarrow D = \sqrt{4.S / \pi} = 44.4 \text{ m}$
- ✓ La hauteur du bassin de décantation  
 $H = v / S \text{ (m)} \quad H = 4500 / 1551.72 = 3 \text{ m}$

#### **4.4.5 Dimensionnement des filtres**

Les filtres sont dimensionnés à la base d'un débit d'eau filtré de  $1800 \text{ m}^3/\text{h}$

Avec les caractéristiques suivantes :

- ✓ La vitesse de filtration :

La filtration de l'eau s'effectue dans 02 compartiments de filtres ouverts à sable, le premier contient 03 filtres et le second contient 02 filtres, soit au total 05 filtres ,la vitesse de filtration est de **5.60 m/h**  $\leq 10 \text{ m/h}$  pour un matériau filtrant unique de type de sable, qui est une condition indispensable .

- ✓ La surface filtrante :

$$S = Q / (V * N) \text{ m}^2 = (1800 / 506*5) = 64.24 \text{ m}^2$$

Donc le débit pour chaque filtre est  $Q/N = 1800/5 = 360\text{m}^3/\text{h}$

- ✓ La surface d'un filtre : est  $S = L * l = 64.24 \text{ m}^2$

Si on prend une largeur de  $l = 4.4 \text{ m}$

La longueur :  $L = S / l = 64.24 / 4.4 = 14.6$

On choisira donc une section de  $(14.6 * 4.4) \text{ m}^2$  pour chaque filtre



## **CHAPITRE IV Dimensionnement des ouvrages de l'extension de la station de traitement de Bouhamdene wilaya de Guelma**

---

Nous proposons des filtres ouverts à couche de sable homogène d'une granulométrie 85% de 0.71- 1.25 mm, qui est expérimenté au niveau d'usine de traitement de sable silice de filtration d'EL KOUIF –TEBESSA- .

-La hauteur du couche de sable = 1.20 m

-la hauteur d'eau dans le filtre est à 1.5 m au-dessus de lit

Voir la vue en plan du filtre à sable.

✓ la charge hydraulique disponible pour la filtration est la somme de la hauteur d'eau au-dessus de la masse filtrante et l'épaisseur de celle-ci.

$$CH_{DIS} = h_e + e_m = 1.5 + 1.2 = 2.7 \text{ m}$$

✓ le volume d'un filtre :

$$V = S * CH_{DIS} = 64.24 * 2.7 = 173.45 \text{ m}^3$$

✓ Temps de contact  $T_C$  (en minutes) = (volume de matériaux filtrant en  $\text{m}^3$  / débit en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) x 60

$$T_c = V / Q = (173.45 / 360) * 60 = 28.9 \text{ min}$$

D'où :

V : volume d'un filtre ( $\text{m}^3$ )

Q : débit d'un filtre ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

### ✓ lavage des filtres

L'opération de lavage consiste à l'élimination des matières en suspension retenues dans la masse filtrante par lavage à contre-courant, c'est le décolmatage, dès que la hauteur d'eau au-dessus de la masse filtrante dépasse 1 m, on assiste à une augmentation de la turbidité d'eau filtrée.

### ➤ Descriptif des filtres

- Nombre de filières : 01
- Nombre et type de filtres : cinq (05) filtres à sable ouverts
- Surface de filtration :  $64.24 \text{ m}^2$  / filtre
- Fréquence de lavage recommandées en 24 h : 01 lavage pour filtre ( selon l'encrassement ) .



➤ **Etapas de lavage des filtres**

Les étapes de lavage des filtres sont notées comme suit :

- a) Phase de dé tassage : pour dé tassage du matériau filtrant qui s'est progressivement compacté au cours de la filtration.
- b) Lavage air + eau : pour détacher les matières retenues entre les grains ou accrochées à ces grains.
- c) Rinçage à l'eau seule : pour entrainer hors de la masse filtrante toutes les matières en suspension décrochées.

➤ **Optimisation du lavage des filtres**

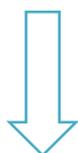
L'objet de cette opération c'est l'optimisation du lavage des filtres, L'étape de lavage peut être optimisée par l'essai turbidité de l'eau de lavage en fonction du temps (essai de Kawamura).

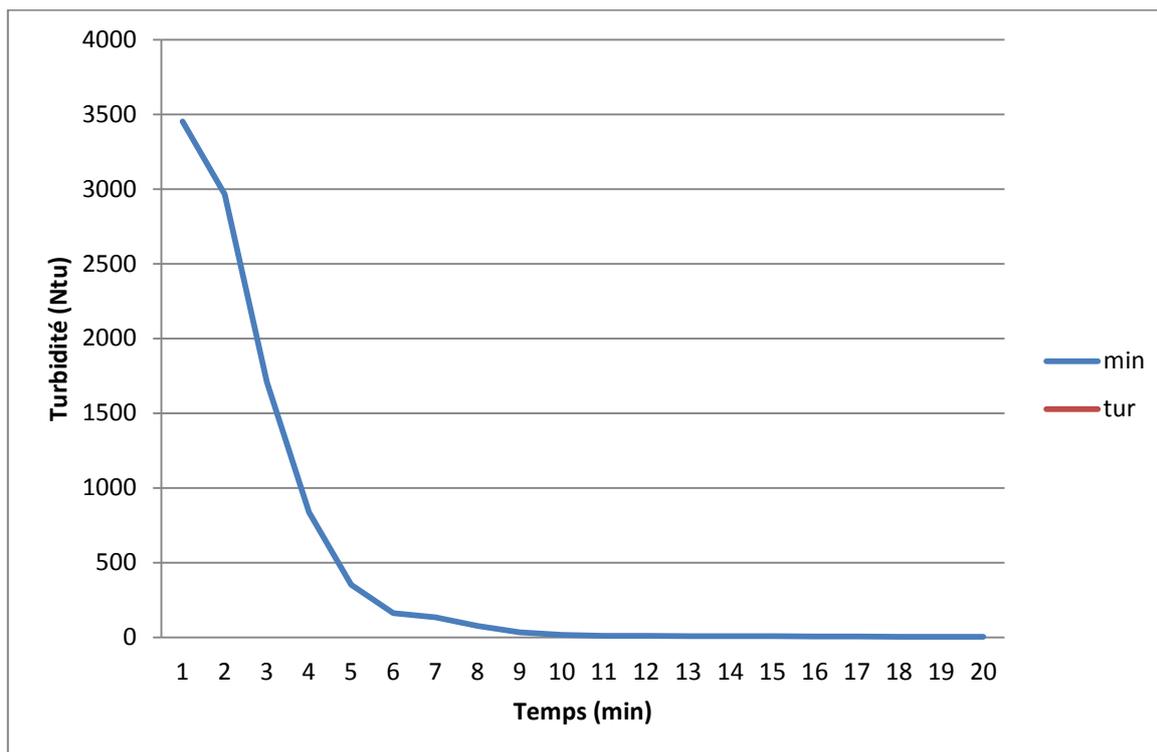
Tableau (4,3) : Résultats de l'essai de lavage de Kawamura.

Temps (Minutes)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Turbidité (NTU)	3452	2965	1708	836	351	162	133	75.9	33.8	16.4

Min	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tur	10.5	9.7	7.1	7.3	6.5	5.5	5.1	4.2	3.8	3.1

La figure (4,4) représente la variation de la turbidité au cours du temps lors du lavage des filtres afin de déterminer la détermination du temps optimal de rinçage.





**Figure 4.4 Détermination du temps optimal de rinçage**

#### **4.4.6 Dimensionnement du réservoir d'accumulation**

L'eau filtrée après être désinfectée se dirige vers un réservoir à travers une conduite de 800 mm de diamètre avec une vitesse maximal 1.2 m/s , ce réservoir à une forme cylindrique, semi-enterré, fermé surmontée d'un dôme, la structure est en béton armé et d'une capacité de 3000 m<sup>3</sup> .

✓ le diamètre du réservoir est = 29.60 m

✓ la surface de réservoir

$$S = \pi D^2 / 4 \quad S = 3.14 * (29.6)^2 / 4 = 687.78 \text{ m}^2$$

✓ la hauteur du réservoir

$$V = S / H \text{ (m}^2\text{)} \quad H = V / S = 3000 / 687.78 = 4.40 \text{ m}$$

✓ le temps de remplissage de réservoir

$$Q = V / t \text{ (m}^3\text{/h)} \quad t = V / Q = 3000 / 1800 = 1.66 \text{ h}$$



## **4.5 Conclusion**

Dans ce dernier chapitre, nous avons évalué le nombre d'habitants qui seront alimentées, ainsi l'évaluation des besoins en eau afin d'estimer le débit total d'alimentation des deux couloirs, par la suite, nous avons abordé la description détaillée des ouvrages de l'extension de la station de traitement.

Nous avons terminé ce volet par le dimensionnement des différents ouvrages de la chaîne de traitement, en se basant sur les résultats des essais expérimentaux réalisés notamment la détermination des doses optimales de tous les produits utilisés lors du traitement et le résultat de l'essai déterminant la vitesse de chute.

