

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A. MIRA – BEJAIA  
Faculté de Technologie  
Département de Génie des Procédés



**Mémoire de fin de cycle**

Présenté par

**Smail Abderrahim et Ait Touati Ghania**

Pour l'obtention du diplôme de

**Master**

**Filière : Génie des Procédés**

**Option : Génie des procédés de l'environnement**

**Thème**

**Etude du traitement par floculation-coagulation et son influence sur la qualité physicochimique et microbiologique des eaux du barrage de Tichihaf.**

Soutenue le 27/06/2018

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	
<b>Mr M.Hamachi</b>	<b>Pr</b>	à l'Université A.MIRA- Bejaia Président
<b>Mr M.AZZOUG.</b>	MCB	à l'Université A.MIRA-Béjaia Promoteur
<b>Mme H. BELKACEMI</b>	MCB	à l'Université A.MIRA-Béjaia Co-promotrice
<b>Mme Bouarich</b>		à l'Université A.MIRA- Bejaia Examinatrice
<b>Mme Bensidhoum</b>	Dr	à l'Université A.MIRA- Bejaia Invitée

**Promotion 2018**

# Remerciements

Nous remercions Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier notre Co-promotrice *Mme H.BELKACEMI* et notre promoteur *M.Azzoug* pour l'intérêt qu'ils ont portée à ce travail et pour leurs orientations, leurs conseils et de leurs riches connaissances.

Nous adressons également nos remerciements à toute l'équipe du Laboratoire de Méthodes Physiques d'Analyse, du Laboratoire de l'environnement et au personnel technique du bloc II, du département de génie des procédés, faculté de technologie de l'université de Bejaia.

A l'équipe de laboratoire de microbiologie de l'université de Bejaia en particulier Madame *Ben Sidehoum* pour les analyses microbiologiques.

Nous n'oublierons pas les membres du jury que nous remercions d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous ne pouvons pas oublier de remercier tous les membres de nos *familles* pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail a mes parents qui  
m'ont enseigné la vie*

*A toute la communauté universitaire en  
particulier a mes enseignants.*

*Et a mes amis O.Atroun, Dr A.Nichar ,  
N.Sahki, f.Zamouch, G.Djedjig.*

*A.Nabila et S.Ramdani*

*Ma Collègue Ghania*

*Kahina, magda et wahiba*

*Et à toute la promotion 2018 de Génie des  
procèdes de l'environnement à qui je  
souhaite une bonne réussite.*

*A.Smail*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail d'abord à ma très chère Maman,  
pour son soutien, son encouragement, son sacrifice, elle qui m'a  
guidé durant toutes mes années d'études vers le chemin de la réussite.*

*A mes chers frères Belkacem et Abed-Elghani*

*A ma très chère grande mère Aicha*

*A ma chère tante Naima*

*A mon oncle Arezeki*

*A mon amie Lycia et toute sa famille*

*Tous mes amis et tous ceux que je connais qui m'ont souhaité la  
réussite*

*Et à toute la promotion 2018 de Génie de l'Environnement, à qui je  
souhaite une bonne réussite.*

*Ghania*

## Chapitre I : Revue bibliographique

Introduction générale .....	1
I.1.Généralités sur les eaux .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.2.Bref aperçu sur les eaux de surface.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.2.1.Eaux de rivière (partie amont) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.2.2.Eaux de rivière (partie aval).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.2.3.Eau de lac .....	3
I.2.Politique de l'eau .....	3
I.3. Barrages d'eaux .....	3
I.4.Le rôle des barrages d'eaux .....	3
I.4.1.La régulation des apports:.....	3
I.4.2.La surélévation du plan d'eau d'une rivière : .....	3
I.4.3.La création d'un plan d'eau : .....	4
I.5.Définition et propriétés de l'eau : .....	4
I.6.Qualité des eaux douces.....	4
I.7.Les normes OMS : .....	4
I.8.Les paramètres organoleptiques.....	5
I.8.1.La couleur : .....	5
I.8.2.Goûts et Odeurs : .....	5
I.9.Les paramètres physicochimiques : .....	6
I.9.1.La température : .....	7
I.9.2.La Turbidité : .....	7
I.9.3.Le pH : .....	7
I.9.4.La conductivité : .....	7
I.9.5.Les Matières en suspension : .....	8
I.9.6. Les Résidus Secs : .....	8

I.9.7.La Dureté :	8
I.9.8.L Alcalinité :	9
I.10.Les paramètres concernant les substances indésirables :	9
I.10.1. Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	9
I.10.2.Le Fer :	9
I.10.2 La silice ( $\text{SiO}_2$ ) :	10
I.10.3.Les Nitrates :	10
I.11.Les paramètres toxiques :	10
I.12.Les paramètres bactériologiques :	11
I.12.1.Recherche des coliformes totaux :	11
I.12.2.Recherche des Coliformes Thermo-tolérants :	11
I.12.3.Recherche des streptocoques fécaux ( $37^\circ\text{C}$ ) :	11
I.12.4.Recherche de <i>Clostridium sulfito-réducteur</i> :	12
I.13.Eau potable :	12
I.14. Les Procédés de potabilisation :	12
I.14.1. Prétraitement :	13
A. Le dégrillage :	13
B. Le tamisage :	13
I.14.2. Peroxydation :	13
I.14.3. Oxydation-Désinfection :	14
I.14.4. Clarification :	14
I.15.Coagulation – Flocculation :	15
I.15.1.Les particules mises en jeu .....	15
I.15.2.But de la coagulation-flocculation :	15
I.15.3.Jartest :	16
I.15.4.Coagulant :	16
I.15.5.Floculant :	17

I.15.6.Les coagulants de type sels métalliques : .....	17
I.15.6.1.Alun – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 14\text{H}_2\text{O}$ .....	17
I.15.6.2.Les flocculants polymères d’origine naturelle :.....	17
I.15.6.2.1.Amidons : .....	17
I.15.6.2.2.Autres composés :.....	17
I.15.6.2.3.Le chitosane :.....	17
I.15.6.2.3.1.Caractéristiques physico-chimiques du chitosane .....	18

## Chapitre II : Méthodologie et protocoles expérimentaux

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

## CHAPITRE III : Résultats et discussion

### -Première partie-

III.1.Contrôles physico-chimiques de l’eau brute :.....	52
III.1.1 Paramètres organoleptiques.....	52
III.1.1.1.La couleur :.....	52
III.1.1.2.Odeur :.....	52
III.1.2 Paramètres physico-chimiques :.....	52
III.1.2.1 Température :.....	52
III.1.2.2 Potentiel d’hydrogène (pH) :.....	53
III.1.2.3 Conductivité :.....	54
III.1.2.4 Résidu sec : .....	55
III.1.2.5 Indice de saturation de Langelier :.....	55
III.1.2.6. Dureté totale :.....	56

III.1 2.7 Dureté calcique : .....	58
III.1.2.8 Dureté magnésienne :.....	58
III.1.2.9 Titre alcalimétrique :.....	59
III.1.2.10 Indice d'oxydation au permanganate :.....	60
III.1.2.11 Chlorures :.....	60
III.1.2.12 Nitrates :.....	61
III.1.2.13 Silice : .....	62
III.1.2.14 Le fer :.....	62
III.1.2.15 Les phosphates :.....	63

-Deuxième partie -

III.2 Influence des paramètres physicochimiques .....	64
III.2.1.Résultats de contrôle de pH après traitement .....	64
III.2.2.Résultats de contrôle de la Conductivité après traitement : .....	67
III.2.3.Résultats de contrôle de la TH après traitement :.....	69
III.2.4.Résultats de contrôle de la TAC après traitement :.....	71
III.2.5.Résultats de contrôle de la concentration en Chlorures apres traitement :.....	74
III.2.6.Résultats de contrôle de la concentration en Fer apres traitement :.....	75
III.2.7.Résultats de contrôle de la concentration en Silice apres traitement .....	77
III.2.8.Résultats de contrôle de la concentration en $\text{PO}_4^{3-}$ apres traitement : .....	79
III.3. Résultats des tests microbiologiques sur l'eau brute et l'eau traitée du barrage...80	
III.4. Conclusion générale.....	85

## Chapitre I : Revue bibliographique

Tableau I.1 : Normes des eaux de surfaces (l'eau brute).....	4
Tableau I.2 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique... ..	8

## Chapitre II : Méthodologie et protocoles expérimentaux

Tableau II-1 : La minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
Tableau II.4 : composition de la Gélose lactosée au désoxycholate 0.1% (LDC) (pour 1l)	46
Tableau II.5 : composition de Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL).P.....	47

## Chapitre III : résultats et discussions

Tableau III.1 : couleur de l'eau des deux prélèvements de l'eau du barrage .....	53
Tableau III.2 : Température des deux prélèvements de l'eau du barrage.....	54
Tableau III.3 : pH des deux prélèvements d'eau du barrage .....	54
Tableau III.4 : conductivité des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	55
Tableau III.5 : résidu sec des deux prélèvements d'eau du barrage .....	56
Tableau III.6 : Indice de Langelier LSI des deux prélèvements d'eau du barrage .....	56
Tableau III.7 : dureté totale des deux prélèvements d'eau du barrage .....	57
Tableau III.8 : dureté calcique des deux prélèvements d'eau du barrage.....	58
Tableau III.9 : dureté magnésique des deux prélèvements d'eau du barrage .....	59
Tableau III.10 : Valeurs de TAC pour les deux prélèvements d'eau du barrage .....	60
Tableau III.11 : Indice d'oxydation au permanganate des deux prélèvements d'eau du barrage .....	61
Tableau III.12 : concentration en chlorures des deux prélèvements d'eau du barrage.....	61
Tableau III.13 : concentrations des nitrates des deux prélèvements d'eau du barrage.....	62
Tableau III.14 : concentrations en silice des deux prélèvements d'eau du barrage .....	63
Tableau III.15 : concentrations en fer des deux prélèvements d'eau du barrage .....	64
Tableau III.16 : concentrations en phosphate des deux prélèvements d'eau du barrage .....	64

Tableau III.17 : pH de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation. ....	65
Tableau III.18 : Conductivité de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation. ....	68
Tableau III.19 : les valeurs de TH (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	70
Tableau III.20 : les valeurs de TAC (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	72
Tableau III.21 : les valeurs des concentrations de Cl <sup>-</sup> (mg/l) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	74
Tableau III.22 : les valeurs des concentrations en Fe de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	76
Tableau III.23 : les valeurs des concentrations de SiO <sub>2</sub> <sup>de</sup> l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	78
Tableau III.24 : les valeurs des concentrations de SiO <sub>2</sub> (mg/l) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	80
Tableau III.25: les germes présents dans les deux prélèvements d'eau du barrage avant et après traitement par coagulation-floculation. ....	81
Tableau III.26: Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimique et bactériologique des deux prélèvements des eaux (au niveau de la station de distribution des eaux de Tichy-Haf) avant et après le traitement. ....	83

## Chapitre I : Revue bibliographique

Figure I.1 : Schéma illustrant le procédé de coagulation-floculation.....	16
Figure I. 2 : Structure chimique de la cellulose, de la chitine et du chitosane .....	18

## Chapitre II : Méthodologie et protocoles expérimentaux

Figure II.1 : Situation géographique du barrage TICHIAF .....	20
Figure II.2 : Photographie du barrage TICHIAF (collection personnelle) .....	21

## Chapitre III Résultats et discussion

Figure II.3 : Photographie de la station a l'intérieur (collection personnelle).....	21
Figure III.1 : Températures des deux prélèvements d'eau du barrage .....	54
Figure III.2 : pH des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	55
Figure III.3 : conductivité des deux prélèvements d'eau du barrage.....	55
Figure III.4 : Résidu sec RS des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	56
Figure III.5 : indice de Langelier LSI des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	57
Figure III.6 : TH des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	58
Figure III.7 : THCa des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	59
Figure III.8 THMg des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	59
Figure III.9 TAC des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	60
Figure III.10 : Indice d'oxydation au permanganate IP des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	61
Figure III.11 : concentration des Cl <sup>-</sup> des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	62
Figure III.12 : concentration de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> des deux prélèvements d'eau du barrage.....	62

---

Figure III.13 : concentrations en silice des deux prélèvements d'eau du barrage.....	63
Figure III.14 : concentration en fer des deux prélèvements d'eau du barrage. ....	64
Figure III.15 : concentration en PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) des deux prélèvements d'eau du barrage. ...	65
Figure III.16 : pH de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	66
Figure III.17 : Conductivité de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation .....	69
Figure III.18 : TH (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	71
Figure III.19 : TAC (F°) de l'eau des deux prélèvement après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	73
Figure III.20 : concentrations de Cl <sup>-</sup> (mg/l) de l'eau des deux prélèvement après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	75
Figure III.21: concentrations de Fe de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	76
Figure III.22 : concentrations de SiO <sub>2</sub> de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation.....	78
Figure III.23 : concentrations de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :.....	80

Les nations unies ont reconnu l'accès à une eau potable salubre et propre comme un droit fondamental, essentiel au plein exercice du droit à la vie et de tous les droits de l'homme. Par conséquent, il devient impératif de pourvoir les populations humaines en eau de bonne qualité. Cependant, ceci devient de plus en plus difficile compte tenu de la pollution diffuse provenant des secteurs industriels, agricoles et domestiques. Pour traiter les eaux polluées, il existe une multitude de procédés à savoir coagulation/floculation.

La coagulation floculation est une étape très importante dans le traitement des eaux (Dobias et Stechemesser, 2005 ;Bratby, 2006). Les procédés de coagulation/floculation s'appuient sur l'usage de coagulants métalliques tels que les sulfates d'aluminium ( $\text{Al}(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ ), les sulfates ferreux ( $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ ) ou encore des chlorures ferriques ( $\text{FeCl}_3, 6\text{H}_2\text{O}$ ) pour faciliter l'élimination des matières en suspension (MES) et des colloïdes en les agrégeant sous forme de floc dont la séparation est ensuite réalisée par des systèmes de décantation, flottation et/ou filtration. Cependant, l'usage de ces agents coagulants métalliques peut avoir de graves conséquences environnementales comme l'augmentation des concentrations de métaux dans l'eau, la production de grandes quantités de boues toxiques (Renault et al., 2009). A titre d'exemple, l'augmentation de la concentration d'aluminium dans les eaux de consommation pourrait être l'une des causes de la maladie d'Alzheimer (Rondeau et al., 2000). Par conséquent, des coagulants et des floculants alternatifs éco-compatibles ont été explorés pour remplacer ces coagulants conventionnels. Les biopolymères peuvent être des candidats intéressants vu qu'ils sont d'origine naturelle. Parmi ces biopolymères, le chitosane est considéré comme le biomatériau coagulant/floculant le plus prometteur dans le génie environnemental (Bratby, 2006).

Le chitosane est un polymère naturel qui provient de la désacétylation de la chitine contenue dans les carapaces des arthropodes (crabes, crevettes, insectes...etc). Ce biomatériau a prouvé son efficacité en tant que coagulants/ floculant dans la production d'eau potable et le traitement des eaux usées (Renault et al., 2009).

Notre présent travail se focalisera sur l'étude de l'efficacité du chitosane comme agent coagulant/floculant en association avec la pierre d'alun dans les procédés de production d'eau potable. Pour ce faire, nous avons procédé à des expériences au laboratoire en utilisant le Jar test sur des échantillons d'eau récupérés au niveau du barrage de Tichihaf.

Notre mémoire s'articulera autour de trois axes principaux : Le premier chapitre sera consacré à une synthèse bibliographique sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux ainsi que quelques généralités sur les étapes de traitement des eaux. La structure et les propriétés du chitosane y sont aussi abordées. Le deuxième chapitre se focalisera sur la description du site d'étude (barrage de Tichihaf) et des protocoles analytiques utilisés dans nos expériences. Enfin, dans le troisième chapitre, nous présenterons les principaux résultats de cette étude.

## **I.1 .Généralités sur les eaux**

L'eau, très présente sur notre Terre et indispensable à la survie de tout être vivant, animal ou végétal, 72% de la surface de la terre est occupé par l'eau (97% d'eau salée et 3% d'eau douce dans différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans, mais l'eau est aussi présente sous forme gazeuse (vapeur d'eau), liquide et solide.

De la tête aux pieds, nous sommes en eau : notre sang en contient 83%, notre squelette 22%, nos muscles 76%, et notre cerveau 75%. L'homme perd en moyenne 2 litres d'eau par jour :

- 0,5 litre par transpiration ;
- 0,5 litre par respiration ;
- 1 litre environ par les urines.

Pour compenser ces pertes, l'homme doit absorber en moyenne 2 litres d'eau par jour. Il les trouve dans les boissons et les aliments, ... S'il perd 2% de son eau, l'homme éprouve le besoin de boire ; s'il en perd 10%, il a des hallucinations et sa peau se rétracte ; s'il en perd 15%, il meurt.[1]

### **I.1.2.Bref aperçu sur les eaux de surface**

Les eaux de surface ou les eaux superficielles sont réparties en trois catégories : eaux de rivière (partie amont et aval) et eaux de lac. [2]

#### **I.1.2.1.Eaux de rivière (partie amont)**

Les eaux de rivière dite partie amont sont généralement situés dans une région montagneuse, où la densité de population et les activités industrielles sont faibles. Ils sont principalement caractérisés par une turbidité élevée qui est due aux quantités de matières en suspension transportées par ces eaux par effet de gravitation. Biologiquement, la contamination bactérienne est faible. La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante. Ces eaux sont d'une température basse car elles proviennent généralement de source et la fonte des neiges et des glaciers. [2]

#### **I.1.2.2.Eaux de rivière (partie aval)**

Les eaux de rivière dite partie aval sont les eaux situées dans une région où la population est dense et l'activité industrielle et agricole est plus ou moins nombreuses. Par comparaison à celle en amont. Ces eaux sont habituellement moins bonnes en terme de qualité, plus difficiles à traiter, leur contamination bactérienne, organique et inorganique est élevée.[2]

### **I.1.2.3.Eau de lac**

Par définition, un lac est une cuvette naturelle ou artificielle, remplie d'eau, sans connexion avec l'océan. Au sens de la science qui les étudie (limnologie), le terme s'applique aussi bien aux lacs d'altitude, aux lacs de barrage, qu'aux grands lacs de plaine.[3]

### **I.2.Politique de l'eau :**

On désigne par politique de l'eau l'ensemble des mesures prises par les responsables politiques d'un territoire, afin de résoudre un problème collectif relatif à la gestion de l'eau. Ces mesures donnent lieu à des actes formalisés (lois, circulaires ministérielles, déclarations officielles, communication gouvernementale, contrats, etc.), [4]

### **I.3. Barrages d'eaux :**

Les barrages sont, par définition, des ouvrages hydrauliques qui barrent sur toute la largeur une section d'une vallée et créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. De manière générale et dans la plupart des cas, la hauteur du barrage dépasse le niveau d'eau atteint par les cours d'eau en période de forte crue.[5]

### **I.4.Le rôle des barrages d'eaux :**

Du à l'écoulement naturel des eaux et la variation des eaux de ruissellement, l'homme intervient par la construction des barrages, les raisons principales peuvent justifier cette intervention sont : [5]

#### **I.4.1.La régulation des apports:**

les besoins en eau sont répartis de manière homogène sur l'année or que dans la plupart des régions du monde, les précipitations sont concentrées sur des périodes courtes se qui nécessite la réalisation d'une retenue pour compenser la différence entre ces apports.[5]

#### **I.4.2.La surélévation du plan d'eau d'une rivière :**

La mise en place d'un barrage en travers d'un cours d'eau a pour effet de surélever le plan d'eau à l'amont. Cet effet est bien entendu utilisé pour la production hydroélectrique. Mais également pour gérer la dérivation des eaux d'une rivière vers une prise d'eau, puis un canal d'amenée pour l'irrigation ou l'alimentation en eau potable. [5]

### I.4.3. La création d'un plan d'eau :

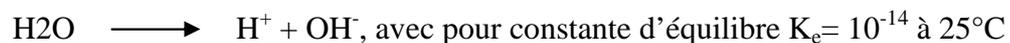
La réalisation d'un lac artificiel permet de disposer d'une surface qui peut entre autres être destinée aux loisirs, au tourisme, à la pisciculture, à la navigation, à la protection incendie. [5]

### I.5. Définition et propriétés de l'eau :

L'eau est un facteur essentiel pour la vie, c'est un composé fondamental pour tous les organismes vivants.

La molécule de l'eau telle qu'elle existe est composée de deux atomes d'hydrogènes et d'un atome d'oxygène liés par des liaisons covalentes, disposés en V inversé selon un angle de 104,45°. Sa dimension moyenne est de l'ordre de 3,3 Å, de formule chimique H<sub>2</sub>O. [6]

L'équilibre de dissociation de l'eau répond à l'équation qui suit,



### I.6. Qualité des eaux douces

Les eaux de surfaces sont susceptibles de contenir des substances diverses de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micro polluants organique et minéraux) et de nature biologique (bactérie, virus, parasites,...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique (Beaudry.1984). Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

### I.7. Les normes fixées par OMS :

**Tableau I.1.: Normes des eaux de surfaces (l'eau brute).**

Paramètres	Unités	Eaux de surface	
		Valeur guide	Valeur limite
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température</li> <li>• pH</li> <li>• Conductivité électrique</li> <li>• TDS</li> <li>• Salinité</li> <li>• Turbidité</li> </ul>	°C - µs/cm mg/l % NTU	22 5,5 1500 - - -	25 9 2800 - 1,5 140
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Germes aérobies à 37°C</li> <li>• Germes aérobies à 22°C</li> <li>• Coliformes totaux</li> <li>• Coliformes thermo-tolérantes</li> <li>• <i>Escherichia coli</i></li> <li>• <i>Streptocoques</i></li> <li>• <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i></li> </ul>	Germe/ml Germe/ml Germe/100ml Germe/100ml Germe/100ml Germe/100ml Germe/20ml	3000 - 5000 2000 2000 1000 -	

(OMS, RF).

## I.8. Les paramètres organoleptiques

### I.8.1. La couleur :

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (Si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. [8]

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleurs accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés haloformes).

### I.8.2. Goûts et Odeurs :

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur.

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO<sub>2</sub> ou le sulfure d'hydrogène H<sub>2</sub>S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution. [8]

**Goût** : Ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation [9]

- **Odeurs** : Propriété organoleptique par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. [9]

## **I.9. Les paramètres physicochimiques :**

### **I.9.1. La température :**

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. [8]

Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques. Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température. [thèse Alpha Sidiki MAIGA]

La température est un critère physique important dans l'appréciation d'une eau. Elle joue un rôle important dans :

- La solubilité des sels et d'autres matières ; elle influe sur la conductivité et le pH.

- La solubilité des gaz ; l'augmentation de la température s'accompagne d'une diminution de la concentration de l'oxygène dissous, préjudiciable à la flore et aux processus d'autoépuration. [10]

### **I.9.2.La Turbidité :**

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre, elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé. L'un des buts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité.

L'effet bactéricide est neutralisé et l'acide hypochloreux(HClO) ne se forme pas dans le cas d'une turbidité élevée et contenant des matières organiques.

D'après les normes la turbidité maximale acceptable est de 5 NTU (car elle est alors perceptible) et l'objectif est égal ou inférieur à 1. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau,
- des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organique. [11]

### **I.9.3.Le pH :**

Le pH mesurant l'acidité d'une solution, est défini par l'expression  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  où (H<sup>+</sup>) est l'activité de l'ion hydrogène H<sup>+</sup> dans la solution. [12] Les équilibres physicochimiques sont conditionnés par le pH. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température, Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6.[13] Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. [14]

### **I.9.4.La conductivité :**

La conductivité électrique d'eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Généralement l'on considère que la situation est particulière ou anormale au delà de 2000 µS/cm et une conductivité de l'eau supérieure à 1500 µS/cm classe alors une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. Pour les usages industriels, l'interprétation des résultats doit se faire en fonction d'une analyse complète de l'eau retenons, pour le contrôle des rejets industriels, que la conductivité ne reflète qu'une minéralisation globale et que l'identification des éléments chimiques en cause est assez difficile [14]

**Tableau I.2** : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique [14]

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 µs /cm	minéralisation très faible
100 < C.E < 200 µs /cm	minéralisation faible
200 < C.E < 333 µs / cm	minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 µs / cm	Minéralisation moyenne accentée
666 < C.E < 1000 µs/ cm	Minéralisation importante
C.E > 1000 µs/cm	Minéralisation élevée

#### **I.9.5. Les Matières en suspension :**

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée.[12] Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion naturelle, les détritiques d'origine organique (débris végétaux...etc.) et le plancton. La nature des MES est donc souvent minérale et leur taux relativement bas sauf en périodes de crues des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais exemptes de matière en suspension et on admet une teneur inférieure à 30 mg/l.[15]

#### **I.9.6. Les Résidus Secs :**

Reliquat obtenu à partir d'un prélèvement d'échantillon après dessiccation totale au four à 105 °C, c'est un indicateur qui exprime le taux de minéraux.

**I.9.7. La Dureté :**

La dureté d'une eau correspond à la présence de sels de calcium et dans une moindre mesure, de sels de magnésium (de strontium, de baryum). On l'exprime en général en milligrammes d'équivalents de carbonate de calcium par litre. Ce paramètre ne fait pas l'objet de normes strictes. Il varie le plus souvent entre 10 mg/l et 500 mg/l. La valeur de 100 mg/l est couramment atteinte. Avec l'intervention d'autres facteurs (pH, alcalinité), une dureté de plus de 200 mg/l peut entraîner l'entartrage des canalisations et des appareils de chauffage.

A l'inverse, une dureté trop faible (inférieure à 100 mg/l) ne permet pas la formation d'une couche carbonatée protégeant les canalisations de certains risques de corrosion. Les éventuels effets sur la santé de la dureté de l'eau de boisson sont controversés. Quoi qu'il en soit, par rapport à l'alimentation, l'apport de calcium et de magnésium par l'eau est faible (5 à 20 %). [16]

**I.9.8.L Alcalinité :**

Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale. Le titre alcalimétrique complet, donnant l'alcalinité totale de l'eau (pas seulement l'alcalinité due au bicarbonate et au carbonate), ne doit pas être inférieur à 50 °F. [17]

**I.10. Les paramètres concernant les substances indésirables :****I.10.1. Les phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) :**

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly-phosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...)[13]. Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho-phosphates mais également les poly-phosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 µg P/l). [18]

**I.10.2. Le Fer :**

Les besoins journaliers de l'organisme en fer s'élèvent à l'ordre de 1 à 2 mg. Les limites de potabilité sont basées sur des effets esthétiques, le seuil gustatif, les effets ménagers et les inconvénients qu'entraîne le fer, à trop fortes concentrations, dans les réseaux de distribution. A des concentrations de l'ordre de 300 mg/l, le fer tache le linge et les installations sanitaires en lui conférant de mauvais goût l'eau. Sa concentration maximale admissible est de 200 mg/l.[17]

**I.10.2 La silice (SiO<sub>2</sub>) :**

La silice peut exister dans les eaux sous deux états différents : soluble et colloïdal. La silice soluble dans les eaux naturelles et majoritairement sous forme d'hydroxyde de silice (SiOH<sub>4</sub>), elle tend à se polymériser et à donner des colloïdes. Les silicates sont peu solubles dans l'eau et sont stables à des pH > 10. Leur teneur dans l'eau varie de 1 à 50 mg/l. [38]

**I.10.3. Les Nitrates :**

Une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates est officiellement non potable car elle concentration maximale. Cependant, on estime que la consommation d'une eau ayant une teneur en nitrates comprise entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons. Au-delà de 100 mg/l, l'eau ne doit pas être consommée. Les populations concernées doivent être informées dans les meilleurs délais et par tous les moyens adaptés. Pour les effets néfastes des nitrates sur la santé, il y a lieu de noter que l'ingestion de nitrates à fortes doses est susceptible, sous certaines conditions, de perturber l'oxygénation du sang chez les nourrissons ("maladie bleue", ou méthémoglobinémie). En outre, ils sont suspectés d'être à l'origine de l'apparition de cancers digestifs. Sur le plan floral, les effets des nitrates sur l'écosystème sont considérables. Associés au phosphore, les nitrates modifient le comportement de certaines espèces végétales. Dans les eaux douces, ils participent aux phénomènes de prolifération d'algues microscopiques (eutrophisation), préjudiciables aux traitements de potabilisation et à la sécurité des baignades (diminution de la transparence de l'eau). Dans les eaux de mer, cette eutrophisation se manifeste par des accumulations importantes d'algues vertes sur les plages.[17]

**I.11. Les paramètres toxiques :**

Une pollution industrielle de l'eau du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau lesquels sont dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cyanure, cadmium, arsenic etc.). Le cadmium, par exemple, est classé parmi les substances toxiques. Il a la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants au niveau du foie et des reins. Sa toxicité est liée à sa dissolution dans le sang. L'exigence de qualité sur la teneur en cadmium dans les eaux distribuées est de 5 µg/l. Si les canalisations sont en plomb (installations anciennes) et si l'eau est acide, elle peut le dissoudre. Le plomb expose les consommateurs au risque de **saturnisme**, intoxication chronique pouvant modifier l'humeur (irritabilité), le sommeil avec une diminution des capacités intellectuelles. La teneur en plomb est limitée actuellement à 50 mg/l. La France devra rénover environ 40 000 km de canalisations pour se conformer aux normes. [19,20]

**I.12. Les paramètres bactériologiques :**

Les micro-organismes à dénombrer ou à rechercher dans l'eau sont d'origines diverses :

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra [21]

**➤ Recherche des coliformes totaux :**

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C.

Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels [21]

**➤ Recherche des Coliformes Thermo-tolérants :**

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là

l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermentent le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente [21]

➤ **Recherche des streptocoques fécaux (37°C) :**

Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène [22]

➤ **Recherche de *Clostridium sulfito-réducteur* :**

En dehors des streptocoques fécaux et *E. coli* qui sont des indices de contamination fécale récente, du fait que leur survie dans l'eau peut être très courte, les *clostridium sulfito-réducteurs* représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, ils sont résistants aux conditions défavorables grâce à la sporulation, ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulés, Gram positif réduisent les sulfites en sulfures et dont la plupart des espèces est mobile [23]

### **I.13. Eau potable :**

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. [7]

### **I.14. Les Procédés de potabilisation :**

Selon la qualité de l'eau brute, le traitement de potabilisation est plus ou moins complexe. On distingue, en général, deux étapes de traitement : la clarification et la désinfection ; auxquelles s'ajoutent parfois une étape complémentaire lorsque la qualité de l'eau brute l'impose.

➤ La clarification repose sur des :

- Procédés physiques : élimination des Matières En Suspension (MES) par filtration (par sable ou charbon actif), tamisage, décantation et flottation.
- Procédés physico-chimiques : lorsque l'élimination des MES nécessite une coagulation des matériaux en suspension dans l'eau, celle-ci s'opère par ajout d'un réactif chimique.

- La désinfection repose sur des :
  - Procédés chimiques : il s'agit d'ajouter des produits tels que le chlore, ou des oxydants puissants, tels que le peroxyde (eau oxygénée) ou l'ozone. Ces oxydants permettent également l'élimination du fer et du manganèse, et ont une action organoleptique (suppression de l'odeur « de terre » par exemple).
  - Outre ces procédés, il existe des traitements neutralisants et acidifiants, employés pour réguler la « dureté » de l'eau et son pH et ce, afin entre autres de protéger les canalisations de la corrosion ou de l'entartrage.

#### **I.14.1. Prétraitement :**

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible 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 [24] Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types :

##### **A. Le dégrillage :**

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

##### **B. Le tamisage :**

Le tamisage, quant à lui, permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple.

#### **I.14.2. Peroxydation :**

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de filière au niveau de la désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de dangereux. Il nous arrive souvent de consommer de l'eau en contenant : le thé, le café, le vin ou le lait qui sont chargés en matières organiques. Celle-ci peut être faite de trois façons différentes :

- Ajout de Chlore (pré-chloration)
- Ajout de dioxyde de chlore ClO<sub>2</sub>
- Ajout d'ozone (pré-ozonation) O<sub>3</sub>

La pré-chloration est effectuée avant le procédé de clarification. Le chlore est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables [25].

On préfère utiliser le dioxyde de chlore qui coûte plus cher mais qui n'a pas les inconvénients de l'oxydation par le chlore cités ci-dessus. Ce type de traitement est cependant réservé à des cas spécifiques. En effet, l'utilisation du dioxyde de chlore présente, lui aussi, des inconvénients non négligeables comme sa décomposition à la lumière, ce qui entraîne une augmentation du taux de traitement à appliquer en période d'ensoleillement.

Enfin, au cours des dernières décennies, on utilise comme oxydant l'ozone, qui non seulement à l'avantage de détruire les matières organiques en cassant les chaînes moléculaires existantes, mais également à une propriété virulicide très intéressante, propriété que n'a pas le chlore. Généralement utilisée en désinfection finale, cette technique peut être mise en œuvre en oxydation. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. L'un des avantages d'une pré-ozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur. Un autre avantage est la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans le procédé de clarification.

### **I.14.3. Oxydation-Désinfection :**

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau[26]

Il peut cependant subsister dans l'eau quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation.

Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Les quatre principaux désinfectants utilisés en production d'eau potable sont les suivants :

- Le chlore
- Le dioxyde de chlore
- L'ozone
- Le rayonnement UV

#### **I.14.4. Clarification :**

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension MES (minérales et organiques) d'une eau brute ainsi que des matières organiques dissoutes [26]. Suivant les concentrations de l'un et de l'autre des différents polluants, on peut être amené à pratiquer des opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation – floculation – décantation ou flottation – filtration. La clarification comprend les opérations suivantes :

- Coagulation - Floculation
- Filtration

#### **I.15. Coagulation – Floculation :**

Le mot coagulation vient du latin " coagulare" qui signifie « agglomérer » [27]. La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration [28]

##### **➤ Les particules mises en jeu**

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- Etat de suspension qui regroupe les plus grosses particules
- Etat colloïdal
- Etat dissous de sels minéraux et de molécules organiques.

Cette classification résulte de la taille des particules. Les colloïdes présentent un diamètre compris entre 1  $\mu\text{m}$  et 1 nm. Ils possèdent deux autres caractéristiques très importantes. Leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène explique en partie l'existence de charges électriques à leur surface. Ces charges, souvent négatives, engendrent des forces de répulsion inter colloïdales.

L'origine des colloïdes est très diverse. On peut citer l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la décomposition des matières organiques, le déversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles.

### 1. But de la coagulation-floculation :

L'opération de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par absorption et agrégation[29]. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite.

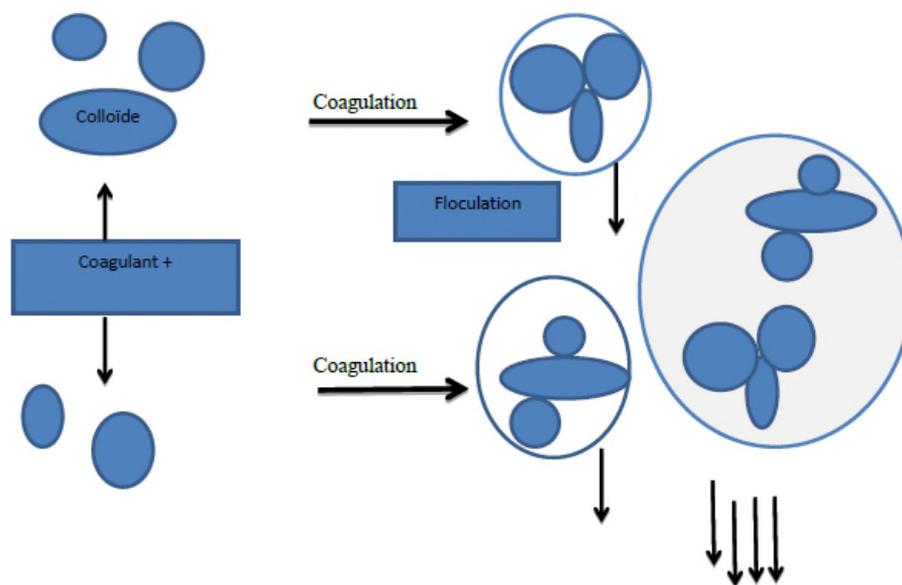


Figure I.1 : Schéma illustrant le procédé de coagulation-floculation [29]

### 2. Jarrest

Depuis plus de 50 ans, le Jarrest est la technique standard utilisée pour optimiser l'addition de coagulants et de floculants dans le domaine du traitement de l'eau.

Un exemple d'étude permet de présenter des essais expérimentaux de déphosphoration près au laboratoire. Les jars tests sont réalisés sur un banc d'essai dans des béciers de 1 litre (fig.1). Dans chaque bécier, on dépose grâce à un cylindre gradué, 1 litre de la solution à traiter de concentration en phosphore totale connue.[30]

La séquence d'ajout des réactifs se fait en deux temps. En premier lieu est d'ajoutée la solution de chitosane et ensuite la solution de chlorure ferrique. Un bécier témoin permet de confirmer la concentration initiale en phosphore total. Une fois les coagulants et floculant ajoutés, la coagulation-floculation est effectuée suivie d'une période de décantation. [30]

➤ **Coagulant :**

C'est une substance chimique comme l'alun qui cause l'agglomération des particules fines par compensation des charges des substances par apport à des charges opposées positives de cations trivalents ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  ..) et permet de former ainsi un précipité gélatineux dans l'eau pouvant ensuite être filtré. [30]

➤ **Floculant :**

C'est un polymère qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. Il est ajouté après la coagulation pour augmenter davantage la taille et la cohésion des flocons. [30]

**A. Les coagulants de type sels métalliques :**

Ce type de coagulants peut être utilisé pour traiter des eaux usées industrielles et domestiques, mais son applicabilité s'étend aussi à plusieurs autres domaines : l'adoucissement de l'eau, enlèvement des métaux lourds (industrie métallurgique), enlèvement des huiles et des graisses, enlèvement du phosphate des eaux de lavage et de d'autres type d'effluent. [30]. Ces agents chimiques sont donc d'excellents outils pour réaliser le polissage et la récupération des matières particulaires. Plusieurs sels métalliques sont utilisés dans le domaine du traitement des eaux usées, tels que :

**A.1. Alun –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 14\text{H}_2\text{O}$**

Il est utilisé pour réduire la dureté ainsi que la charge en phosphate des eaux usées. En solution, il réagit avec les composés alcalins présents (carbonate, bicarbonate et hydroxyde) ou le phosphate pour former un sel d'aluminium insoluble. (EPA, 2000a)

**B. Les floculants polymères d'origine naturelle :**

**B.1. Amidons :**

Obtenus de la pomme de terre, du tapioca ou d'autres végétaux, ces polymères de glucopyranose non linéaires et ramifiés sont utilisés de préférence avec les sels d'aluminium. Une fois diluée, leur biodégradation peut-être rapide. [30]

### B.2. Autres composés :

Plusieurs polysaccharides naturels ont des propriétés flocculants (cellulose, gommés, tanins, xanthanes), mais ils sont très peu utilisés dans le traitement des eaux. [30]

### B.3. Le chitosane :

Le chitosane est un polysaccharide provenant de la désacétylation de la chitine, un composé grandement similaire à la cellulose (figure 2). On retrouve la chitine dans plusieurs écosystèmes puisqu'elle est une composante fondamentale de l'exosquelette des invertébrés marins (crabe, crevette, homard, etc.) et des insectes, en plus d'être une molécule structurante chez les champignons et les levures [31]. Après la cellulose, la chitine est le composé organique le plus abondant dans la nature. Au niveau de sa disponibilité, on estime à plus 150 millions de tonne la quantité de chitine pouvant être recyclée annuellement, une chitine qui provient essentiellement des usines de transformation des produits de la mer. [32]

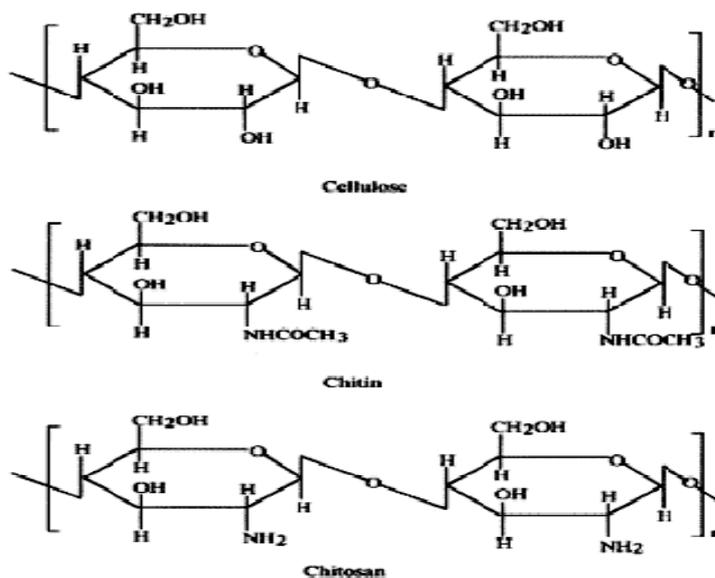


Figure I. 2 : Structure chimique de la cellulose, de la chitine et du chitosane [33]

#### B.3.1 Caractéristiques physico-chimiques du chitosane :

Au niveau de ses principales caractéristiques chimiques, le chitosane est un biopolymère linéaire polycationique possédant un poids moléculaire élevé et une certaine solubilité dans

l'acide acétique. [34] Sa charge positive partielle, due à la protonation des groupements amines en solution, lui confère ainsi d'intéressantes propriétés en termes d'adsorption de composés organiques.

Le procédé de coagulation-floculation par ajout de chitosane est actuellement utilisé dans la moitié des cas de traitement d'eaux usées au Japon, et selon une proportion variable dans certains autres pays asiatiques. [35] Cependant, en Amérique du Nord, son utilisation est quasi inexistante. Les avantages et inconvénients de l'utilisation du chitosane peuvent être résumés comme suit :

## II.1. Sources d'eau utilisée pour la production de l'eau potable à la station de distribution de Tichihaf :

Au niveau de la station de distribution des eaux de Tichihaf, l'eau brute utilisée est une eau obtenue à partir du barrage même.

## II.2 Description du barrage :

Tichihaf est un barrage hydraulique en béton sis dans le village de Mahfouda, commune de Bouhamza dans la wilaya de Bejaïa Algérie.

Sa réalisation a débuté dans la fin des années 1990 par l'entreprise Hydrotchnika (Ex Yougoslavie) mais elle a connu beaucoup de retard mais réalisé en grande partie par COSIDER Travaux Publics. Mis en service en 2009, le barrage de Tichy-Haf produit 47 millions de m<sup>3</sup>/an destinés à l'alimentation en eau potable du couloir Akbou-Béjaïa et 43 millions de m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation. Il est composé essentiellement de quatre ouvrages, à savoir un barrage-voûte de 90 mètres de hauteur et d'une capacité de 80 millions de m<sup>3</sup>.



**Figure II.1 : Situation géographique du barrage TICHIHAF.**

Le barrage a créé une réserve d'eau sur le bas oued Boussellam qui vise l'allègement des contraintes hydriques sur la vallée du sahel et de la basse Soummam (Figure II.2). Le barrage représente l'une des sources les plus importantes pour l'alimentation en eau potable et industrielle du couloir Akbou-Bejaïa [19].



**Figure II.2 : Photographie du barrage TICHIHAF (collection personnelle)**

### **II.2.1 : Présentation de la station de potabilisation des eaux de TICHIHAF :**

L’approvisionnement en eau potable et industrielle du couloir d’Akbou –Bejaia est assuré à partir du barrage de TICHIHAF, dont l’eau brute est acheminée vers une station de traitement des eaux potables pour subir les traitements appropriés avant sa distribution.

### **II.2.2 : La station de potabilisation des eaux :**

La station de TICHIHAF est située à Ichoukar commune d’Ait R’zine d’Akbou. Elle a été mise en fonctionnement en 2010 et est gérée par L’ADE (Algérienne des eaux).

La station de potabilisation d’une capacité de 120 000 m<sup>3</sup>/jour, elle est approvisionnée en eau brute à partir du barrage de TICHIHAF, grâce à une conduite de 14 km de longueur et de 1 m de diamètre. L’eau brute subit les traitements appropriés avant distribution. Elle est destinée à l’alimentation de 23 communes : Tamoukra, Akbou, Amalou, Ouezellagen, Bouhamza, Chemini, Seddouk, Souk Oufela, Tibane, M’Cisna, Sidi Ayad, El Flay, Timezrit, Tinebdar, BeniDjelil, Sidi-Aich, Semaoun, Ilmaten, Amizour, El kseur, Oued Ghir, Barbacha, Bejaia.



**Figure II.3 : Photographie de la station a l’intérieur (collection personnelle)**

### II.3. L'échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération très délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et données.

Il doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'eau.

#### II.3.1. Technique de prélèvement :

La technique de l'échantillonnage est primordiale car il conditionne la pertinence et la fiabilité des résultats de l'analyse. Il doit être précis mais également le mieux planifié dans le temps et dans l'espace, pour qu'il soit le plus représentatif de l'échantillon d'eau à étudier.

Dans notre cas, l'échantillonnage a été fait au niveau de la station de distribution de Tichihaf :

- Premier prélèvement : le 06/03/2018 à partir de 12 :00 heure
- Deuxième prélèvement le 24/04/2018 à partir de 10 :00 heure

#### II.3.2. Flaconnage :

L'utilisation des flacons bien rincés est très importante pour éviter bien-sûr certaines réactions avec l'eau à analyser. Ces flacons doivent être rincés plusieurs fois avec l'eau distillée, puis avec l'eau à analyser, sans oublier de fermer hermétiquement sans laisser des bulles d'air dans le flacon,

Dans notre cas nous avons utilisé des glacières pour transporter les échantillons prélevés de la station de distribution de Tichihaf, jusqu'au laboratoire de Génie des Procédés de l'environnement de l'université de Abderrahman Mira de Bejaia.

#### II.3.3. Échantillonnage physico-chimique :

L'échantillonnage pour la physico-chimie ne pose pas de problèmes particuliers. Nous avons utilisé des bouteilles en plastique en PET (5L ; 1,5L ; 0,5L), rincées trois fois avec l'eau à analyser puis remplies jusqu'au bord pour éviter l'oxydation et favoriser le dégazage.

Ensuite, nous avons collé des étiquettes sur les bouteilles portant les informations suivantes :

- Date et l'heure du prélèvement ;
- Nom et localité de la source ;
- Le temps qu'il fait le jour de l'échantillonnage (température, humidité, pluviométrie)
- Types d'analyses souhaitées.

L'échantillon peut être conservé quelques jours à froid, mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible.

### **II.3.4.Échantillonnage bactériologique :**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre. Les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1 h 30. En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10%.

Dans notre cas nous avons aussi stocké les échantillons pour le test microbiologique dans un réfrigérateur à moins de 5 C°, pour assurer une bonne conservation et éviter toute activité biologique qui peuvent influencer les résultats de l'analyse.

### **II.4.Paramètres organoleptiques :**

#### **II.4.1. La couleur :**

La couleur de l'eau est due à la présence de matières organiques colorées (substances humiques), des particules colloïdales en suspension, de métaux ou de rejets industriels. Dans notre premier prélèvement, l'eau brute de la station de distribution de Tichihaf est incolore et transparente, bien sur après avoir versé une petite quantité de l'échantillon dans un bêcher de 25 ml et observé pour un petit moment pour prendre le résultat.

## II.5. Paramètres physico-chimiques :

### II.5.1. Potentiel d'hydrogène (pH):

#### -Principe

C'est un paramètre physique qui correspond à la concentration d'ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) présents en solution dans l'eau. Il détermine l'acidité ou l'alcalinité de l'eau [30], et il traduit la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. La valeur 7 étant le pH neutre, il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre ou par titrage volumétrique avec un indicateur coloré, le bleu de bromothymol.

#### ❖ Réactifs utilisés :

- Solutions tampons pH= 4 ; 7 ; 10;
- Eau brute ;
- L'eau distillée.

#### ❖ Matériels :

- Appareil pH-mètre de marque Hanna munit d'une cellule de verre avec deux
- électrodes combinées d'Ag/AgCl;

#### ❖ Mode opératoire :

- Brancher puis allumer l'appareil, rincer la cellule avec de l'eau distillée puis l'essuyer avec le papier absorbant et plonger là dans la solution tampon ;
- Etalonner l'appareil avec la solution tampon (pH=7 ou 4 ou 10) et par la suite rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis avec l'échantillon à analyser ;
- Plonger l'électrode dans l'échantillon ;
- Attendre l'affichage stabilisé, puis noter les valeurs du pH et la température.

### II.5.2. La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparée l'une de l'autre d'un cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique ; l'unité de mesure est le micro siemens par centimètre (μS/cm). [31]

**Tableau II-1** : La minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique. [32]

La conductivité (μs/cm)	La minéralisation de l'eau
-------------------------	----------------------------

Conductivité < 100	Très faible
100 < conductivité < 200	Faible
100 < conductivité < 333	Moyenne
333 < conductivité < 666	Moyenne accentuée
666 < conductivité < 1000	Importante
conductivité > 1000	Elevée

❖ **Matériels :**

- Appareil conductimètre de marque Inolab 700 munit d'une cellule conductimétrique avec deux électrodes de carbone vitreux de constante de cellule
- $k = 0,475 \text{ cm}^{-1}$  ;

❖ **Mode opératoire :**

- Brancher puis allumer l'appareil, rincer la cellule avec de l'eau distillée et avec l'échantillon puis l'essuyer avec le papier absorbant ;
- Plonger d'abord la cellule dans la solution de KCl pour l'étalonnage de la cellule et de l'appareil.
- Puis rincer à nouveau la cellule avec l'eau distillée et essuyer avec le papier absorbant avant de l'introduire dans l'échantillon. Mesurer la conductivité ;
- Lire la valeur stabilisée sur l'écran d'affichage, puis noter la valeur.

### II.5.3. Turbidité :

La turbidité est une notion d'optique qui dépend de la diffusion de la lumière dans un milieu liquide le plus souvent l'eau. Elle est en relation avec la mesure des matières en suspension. Elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales, d'origine minérale ou organique, qui trouble l'eau (c'est donc une notion opposée à celle de la limpidité). Elle s'exprime en NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

**Tableau II-2 :** Classes de turbidité usuelle (NTU, nephelometric turbidity unit).

La turbidité	Aspect visuel de l'eau
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement claire
30 < NTU < 50	Eau moyennement trouble

NTU > 50	Eau trouble
----------	-------------

❖ **Matériels :**

- Bêcher ;
- Turbidimètre.
- Cuvette de mesure en verre.

❖ **Mode opératoire :**

- Remplir la cuvette avec l'échantillon jusqu'au trait (environ 25ml) ;
- Allumer l'appareil en appuyant sur « ENTRER », et attendre que l'affichage soit stable ;
- Placer la cuvette préparée dans son emplacement et fermer le couvercle ;
- Noter la valeur maximale affichée.

#### II.5.4. Détermination du résidu sec :

Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux dissous et recueillis après évaporation d'un échantillon d'eau à 105°C. Selon les quantités recueillies, elles sont classifiées comme suit :

- Résidu sec > 1500 mg/l : eau riche en sels minéraux ;
- 1500mg/l > résidu sec > 500mg/l : eau moyennement minéralisée ;
- 500mg/l > résidu sec > 50mg/l : eau faiblement minéralisée ;
- Résidu sec < 50mg/l : eau très faiblement minéralisée.

❖ **Principe :**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

❖ **Matériels :**

Une capsule en porcelaine ;

- Fiole de 100ml ;
- Dessiccateur ;
- Etuve ;
- Balance de précision de  $\pm 0,1$ mg

**❖ Mode opératoire :**

- Tarer une capsule en porcelaine préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et séchée à 105°C pendant 24h (Pv).
- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule en porcelaine.
- Porter celle-ci à ébullition jusqu'à évaporation à sels humides sur une plaque chauffante
- Ensuite, poursuivre l'évaporation totale de l'eau et à sec, dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement (Pp).

**❖ Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l.

$$Rs = [(Pp - Pv) / Vech] \times 1000 \text{mg/l}$$

Où :

Pp est le poids plein de la capsule après évaporation totale de l'eau et séchage à 105°C.

Pv est le poids vide de la capsule.

Vech est le volume d'eau.

**II.5.5. Détermination des matières en suspension (MES):**

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

**❖ Principe :**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé après séchage à 105°C par pesés différentielles jusqu'à masse constante.

**❖ Matériels :**

- Papier filtre ;

- Dessiccateur ;
- Fiole de 100ml.
- Etuve
- Balance de précision  $\pm 0,1\text{mg}$

❖ **Mode opératoire :**

- Mettre le papier filtre dans l'étuve pendant quelques minutes à  $105^{\circ}\text{C}$ .
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance à  $\pm 0,1\text{mg}$  jusqu'à obtention d'un poids stable ( $P_v$ ).
- Prendre une fiole de 100ml, laver avec l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre plus les MES et le mettre à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  pendant 2h.
- Mettre le filtre plus les MES dans le dessiccateur pendant quelques minutes jusqu'à refroidissement.
- Peser le filtre plus les MES sec ( $P_p$ ).

❖ **Expression des résultats :**

$$\text{MES} = [(P_p - P_v) / V_{\text{ech}}] \times 1000 \text{mg/l}$$

$P_p$  est le poids plein (filtre+MES) à  $105^{\circ}\text{C}$ .

$P_v$  est le poids vide (filtre) à  $105^{\circ}\text{C}$ .

$V_{\text{ech}}$  est le volume d'eau.

**II.5.6.Détermination du caractère agressif ou entartant de l'eau (Indice de saturation de Langelier (LSI):**

L'indice de saturation de Langelier est un nombre sans dimension permettant de déterminer la stabilité du carbonate de calcium dans l'eau. Il indique si l'eau va précipiter ou dissoudre le carbonate de calcium, soit en équilibre avec celui-ci. En 1936, Wilfred F. Langelier a développé une méthode

pour prédire le pH auquel l'eau est saturée en carbonate de calcium (pH<sub>s</sub>). Il permet de prévoir si l'eau sera agressive, entartrante ou équilibrée.

❖ **Réactifs utilisés:**

- Bicarbonate de calcium ;
- Eau brute ;
- Eau distillée.

❖ **Matériels :**

- pH mètre.
- Agitateur ;
- Bêcher.

❖ **Mode opératoire :**

- On prend 25ml de l'eau brute puis on lui joute 1g de bicarbonate de calcium ;
- Agitation pendant 10min ;
- On mesure le pH<sub>s</sub> d'équilibre.

❖ **Expression des résultats :**

Le LSI est exprimé par la différence entre le pH initial de l'eau (pH<sub>i</sub>) et le pH de saturation (pH<sub>s</sub>):

$$\text{LSI} = \text{pH}_i - \text{pH}_s$$

- ❖ Lorsque le LSI > 0, l'eau est super saturée et tend à précipiter et former des dépôts de CaCO<sub>3</sub>. L'eau est entartrante ou incrustante.
- ❖ Lorsque le LSI = 0, l'eau est saturée (en équilibre) en CaCO<sub>3</sub>. Des dépôts de CaCO<sub>3</sub> ne sont ni déposés ni dissous. L'eau n'est ni entartrante ni agressive.
- ❖ Lorsque le LSI < 0, l'eau est sous saturée et tend à dissoudre le CaCO<sub>3</sub> solide. Elle est donc agressive et corrosive.

## II.6. Paramètres physico-chimiques étudiés :

### II.6.1. Dosage volumétrique :

La titrimétrie ou titrage volumétrique est une méthode de dosage utilisée en chimie analytique afin de déterminer la concentration d'une espèce chimique en solution (ou titre d'une solution).

Elle consiste à utiliser une solution de concentration connue (appelée titrant) qui permet de neutraliser une espèce contenue dans la solution inconnue (appelée analyte ou espèce titrée).

D'autres méthodes sont rarement utilisées, comme le titrage gravimétrique.

### II.6.1.1. La dureté totale (TH) :

#### ❖ Principe :

Le titre hydrotimétrique (T.H. ou G.H. en allemand pour Gesamt Härte), ou dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

La dureté s'exprime en ppm m/V (ou mg/L) de  $\text{CaCO}_3$  ou en degrés français (symbole °F).

Généralement, l'eau est souvent simplement classifiée comme l'eau «douce » ou « dure ». En général, les valeurs suivantes s'appliquent à ces termes :

- ✓  $\text{TH} < 5^\circ\text{F}$  (50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) eau très douce ;
- ✓ De  $5$  à  $12^\circ\text{F}$  (50 – 120 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) eau douce ;
- ✓ De  $12$  à  $24^\circ\text{F}$  (120 – 240 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) eau dure moyenne ;
- ✓ De  $24$  à  $36^\circ\text{F}$  (240 – 360 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) eau dure ;
- ✓  $>$  à  $36^\circ\text{F}$  (360 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) eau très dure.

#### ❖ Réactifs utilisés :

- Solution tampon ammoniacal de  $\text{pH}=10$  ;
- Noir erriochrome en poudre (NET), indicateur ;
- EDTA- $\text{Na}_2$  (0,02N) solution acide éthylène diamine tétra acétique di-sodique ( $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ ).

#### ❖ Matériels

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.
- Spatule

#### ❖ Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette, introduire 25ml de l'échantillon dans une fiole conique, puis en ajoute 2ml de la solution tampon et une pincée de NET, qui donne une couleur violet.

Ensuite on titre avec l'EDTA en continuant d'agiter jusqu'à avoir un virage du rouge violet au bleu, on note le volume de l'EDTA versé.

Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats.

❖ **Expression des résultats :**

$$\text{TH} = \frac{0.02 \cdot (a-b)}{V_{ech}} * 50 * 1000 \text{mg/L de CaCO}_3$$

a : volume de l'EDTA versé pour l'échantillon d'eau ;

b : volume de l'EDTA versé pour le blanc (eau distillée).

(10mg/l de  $\text{CaCO}_3 = 1^\circ\text{F}$ )

Vech : volume d'eau analysée

### II.6.1.2. La dureté calcique ( $\text{TH}_{\text{Ca}}$ ):

❖ **Principe :**

La dureté calcique est obtenue par augmentation préalable du pH (>12) de la solution avec une solution de NaOH pour faire précipiter le magnésium sous forme d'hydroxyde, qui risque de gêner le dosage du calcium seul. Puis, on titre avec l'EDTA qui se complexe avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  en utilisant l'indicateur murexide de virage. [23]

❖ **Réactifs utilisés :**

- Solution hydroxyde de sodium NaOH (1N) ;
- EDTA- $\text{Na}_2$  (0,02N) solution acide éthylène diamine tétra acétique di-sodique
- Murexide 1% dans NaCl (0,5g de murexide pulvérisé dans 49,5g de NaCl).

❖ **Matériels :**

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.
- Spatule

**❖ Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette, introduire 25ml de l'échantillon dans une fiole conique, puis en ajoute 1ml de la solution NaOH (1N) et une pincée de murexide avec une spatule (quelques grains), on agite quelques instants jusqu'à développement d'une coloration rose foncée. Ensuite on titre avec l'EDTA en continuant d'agiter jusqu'à avoir un virage du rose au bleu violet, on note le volume de l'EDTA versé. Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats.

**❖ Expression des résultats :**

$$\text{TH}_{\text{Ca}} = \frac{0.02(a-b)}{V_{\text{ech}}} * 50 * 1000 \text{mg/L de CaCO}_3$$

a : volume de l'EDTA versé pour l'échantillon d'eau ;

b : volume de l'EDTA versé pour le blanc (eau distillée).

(10mg/l de  $\text{CaCO}_3 = 1^\circ\text{F}$ ).

$V_{\text{ech}}$  : volume d'eau analysée.

**II.6.1.3. La dureté magnésienne ( $\text{TH}_{\text{Mg}}$ ) :**

On fait précipiter au préalable les ions calcium par l'oxalate de sodium à chaud (30°C), puis on titre les ions  $\text{Mg}^{2+}$  seuls avec l'EDTA en milieu tampon ammoniacal.

**❖ Réactifs utilisés :**

- Oxalate de sodium  $(\text{Na})_2\text{C}_2\text{O}_2$  ;
- EDTA- $\text{Na}_2$  (0,02N) solution acide éthylène diamine tétra acétique di-sodique
- Solution tampon ammoniacal de pH=10 ;
- Noir erriochrome en poudre (NET), indicateur.

**❖ Matériels :**

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.
- Spatule

**❖ Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette, introduire 25ml de l'échantillon dans une fiole conique, puis en ajoute 2,5ml de la solution d'oxalate de sodium et on agite puis on chauffe pendant 10min à 30°C pour avoir rapidement un précipité d'oxalate de sodium, puis on filtre au dessus d'un entonnoir munit d'un papier filtre et placé dans un erlenmeyer. Le filtrat est étendu à un volume de 25ml avec l'eau distillée. Par la suite, on ajoute 2ml de solution tampon 10 et une pincée de NET (quelques grains). Après quelques instants d'agitation, on titre avec l'EDTA en continuant d'agiter jusqu'à avoir un virage du rose violet au bleu. On note le volume de l'EDTA versé. Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats. [23]

❖ **Expression des résultats :**

$$TH_{Mg} = \frac{0.02(a-b)}{V_{ech}} * 50 * 1000 \text{mg/L de CaCO}_3$$

a : volume de l'EDTA versé pour l'échantillon d'eau ;

b : volume de l'EDTA versé pour le blanc (eau distillée).

(10mg/l de CaCO<sub>3</sub> = 1°F).

V<sub>ech</sub> : volume d'eau à analyser

#### II.6.1.4. Détermination du titre alcalimétrique (TA):

❖ **Principe :**

Il permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates et en bases fortes présentes dans l'eau. Cette analyse se fait en présence de phénolphtaléine qui vire du rose fuchsia à l'incolore à un pH de 8,2. Le titre alcalimétrique s'exprime en ppm m/V (ou mg/L) de CaCO<sub>3</sub> ou en degrés français (°F).

❖ **Réactifs utilisés :**

- Solution de phénolphtaléine à 1% dans l'éthanol;
- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.02N.

❖ **Matériels :**

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.

❖ **Mode opératoire :**

Prélever dans un erlenmeyer 25ml d'eau à analyser, puis on ajoute 1 à 2 gouttes de solution de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors se développer ( $\text{pH} > 8,3$  ;  $\text{TA} > 0$ ) dans le cas contraire le TA est nul. Ce qui signifie qu'il n'existe pas de bases fortes ( $\text{pH} < 8,3$ ).

Dans le cas où une coloration rose apparaît, on doit titrer avec l'acide sulfurique à l'aide d'une burette en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution ( $\text{pH} = 8,3$ ). On note le volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versé.

Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats.

#### II.6.1.5. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) :

##### ❖ Principe :

Il permet de connaître les teneurs de l'eau en bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  et en bases fortes (carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{OH}^-$ ) présents dans l'eau. Le dosage se fait d'abord en présence de phénolphthaléine, qui vire du rose-fuchsia à l'incolore à un pH de 8,3 (1er virage), puis on poursuit le titrage des bicarbonates en ajoutant le méthylorange comme indicateur coloré (2ème virage  $\text{pH}=4,3$ ). La fin du titrage est indiquée par changement de la couleur du jaune à l'orange. Le titre alcalimétrique s'exprime en ppm m/V (ou mg/L) de  $\text{CaCO}_3$  ou en degrés français ( $^\circ\text{F}$ ).

##### ❖ Réactifs utilisés :

- Solution de méthyle orange 1% ;
- Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 0,02N.

##### ❖ Matériels :

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.

##### ❖ Mode opératoire :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration ( $\text{TA}=0$ ), ensuite ajouter 2 gouttes de solution de méthyle orange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune ou jaune orange ( $\text{pH} = 4,3$ ). On note le volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versé. Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats.

❖ **Expression des résultats :**

$$\text{TAC} = \frac{0.02(a-b)}{V_{ech}} * 50 * 1000\text{mg/L de CaCO}_3$$

a : volume total de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> versé au deux virages pour l'échantillon d'eau ;

b : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> versé pour le blanc (eau distillée).

(10mg/l deCaCO<sub>3</sub> = 1°f)

**II.6.1.6. Dosage des chlorures (Cl<sup>-</sup>) par la méthode de « MOHR »:**❖ **Principe :**

Les chlorures sont précipités en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge-marron caractéristique du chromate d'argent.

❖ **Réactifs utilisés :**

- Solution de chromate de potassium (indicateur coloré de la réaction de précipitation) (2.55\*10<sup>-2</sup>N) ;
- Solution de nitrate d'argent (0.01N).

❖ **Matériels :**

- Burette de 25 ml
- Erlenmeyer de 250ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.

❖ **Mode opératoire :**

A l'aide d'une pipette, introduire 25ml de l'échantillon d'eau brute dans une fiole conique. Ajouter 2 gouttes de l'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution vire d'une couleur brun rougeâtre au jaune citron. On note le volume d'AgNO<sub>3</sub> versé.

Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats.

❖ **Expression des résultats :**

$$[\text{Cl}^-] = \frac{0.2(a-b)}{V_{ech}} \text{ 35450mg/L}$$

a : volume total de  $\text{AgNO}_3$  versé pour l'échantillon d'eau ;

b : volume de  $\text{AgNO}_3$  versé pour le blanc (eau distillée).

### II.6.1.7. Test d'oxydabilité aux $\text{KMnO}_4$ ou bien indice permanganate (IP) :

#### ❖ Principe :

L'oxydation chimique des matières organiques et des substances minérales est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou à froid, suivant l'acidité du milieu et la température, l'oxydation est plus ou moins énergique. Ce test conventionnel permet d'apprécier la teneur en matière organique en même temps que la présence d'autres substances réductrices.

#### ❖ Réactifs utilisés :

- Acide sulfurique (1N);
- Solution mère de permanganate de potassium (0.01N) ;
- Solution d'oxalate de sodium (0.01N).

#### ❖ Matériels :

- Burette de 25 ml ;
- Erlenmeyer de 250ml ;
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml ;
- Plaque chauffante.

#### ❖ Mode opératoire :

Introduire une prise d'essai de 25ml d'eau à analyser dans le flacon d'essai. Ajouter 5ml d'acide sulfurique à 2mol/l, mélanger avec précaution. Placer le récipient dans le système de chauffage pendant 10min, puis ajouter 5ml de solution de  $\text{KMnO}_4$  (0,01N).

Noter l'heure au bout de 10min (15 seconde), ajouter 5ml de solution d'oxalate de sodium (0,01N) en excès et attendre la décoloration de la solution.

Titrer la solution encore chaude avec la solution de  $\text{KMnO}_4$  (0,01N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistant environ 30s. On note le volume de  $\text{KMnO}_4$  consommé.

Le titrage est refait 3 fois, puis la moyenne est calculée pour les trois résultats. Parallèlement à l'essai, procéder à un essai à blanc dans les mêmes conditions mais sur 25ml d'eau distillée.

❖ **Expression des résultats:**

$$IP \text{ (mg/l O}_2\text{)} = (V1-V0) * N * 8 * 1000 / V\acute{e}ch$$

IP : indice de KMnO<sub>4</sub> ;

V1 : volume en ml de la solution de KMnO<sub>4</sub> consommé pour l'échantillon;

V0 : volume en ml de la solution de KMnO<sub>4</sub> consommé pour le blanc (l'eau distillée) ;

N : normalité de KMnO<sub>4</sub> ;

8 : équivalent en O<sub>2</sub>, exprimé en mg/l d'une solution normale de KMnO<sub>4</sub> ;

Véché: volume de l'eau analysée.

## II.7. Analyse spectrophotométrique UV- Visible :

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative et qualitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert. La densité optique des échantillons est déterminée à la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier, par un spectrophotomètre préalablement étalonné.

❖ **Principe :**

Il est fondé sur la détermination de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde. On utilise donc un système de type monochromateur pour fixer la longueur d'onde et un photomultiplicateur vient enregistrer l'absorbance correspondante. Il suffit de faire varier la longueur d'onde sur une plage adéquate pour obtenir un spectre.

Une source de lumière est rendue monochromatique à travers un système dispersant (prisme) ou un système diffractant (réseau). Le faisceau est dédoublé. Un faisceau traverse la cuve et l'autre sert de référence (passe à travers une cuve de solvant). Un photomultiplicateur enregistre le spectre de transmission  $T = I / I_0$  puis traite l'information de façon à donner l'absorption. Le spectre est ensuite affiché et traité par un ordinateur qui détermine les différentes longueurs d'onde d'absorption maximale ainsi que les absorptions correspondantes.

❖ **Protocole de mesure de l'absorbance :**

Pour mesurer l'absorbance  $A$  d'une substance colorée en solution aqueuse à une longueur d'onde donnée, on place dans le spectrophotomètre, une cuve en plastique (milieu aqueux et domaine du visible, en verre (visible) ou en quartz (UV) ) quel que soit le milieu, contenant la solution de référence, puis on sélectionne la longueur d'onde, ensuite on fait le « blanc » (on dit aussi : on règle le zéro du spectrophotomètre) :  $A$  (solution de référence + cuve) = 0 .

On place, dans le spectrophotomètre une cuve identique à celle de la référence contenant la solution de la substance colorée à analyser, puis on lit la valeur de l'absorbance  $A$ , par comparaison au blanc.

#### ❖ **Méthode de la courbe d'étalonnage :**

C'est une méthode universelle graphique appliquée en UV-VISIBLE. Elle est basée sur la mesure des absorbances d'une série de solutions étalons dont les concentrations sont connues, et qui permettent de tracer la courbe étalonnage  $A = f(C)$ .

### II.7.1. Dosage de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) :

#### ❖ **Principe :**

A un pH compris entre 2,3 et 2,4, l'acide silicique dissout forme avec le molybdate d'ammonium un complexe jaune de molybdate silicique. Lorsqu'il est réduit avec le complexe ANS augmentant la sensibilité de l'analyse, on obtient une couleur bleu avec formation de l'azur de molybdate. [38]

#### ❖ **Réactifs utilisés:**

- Etalon commercial de silicate de sodium à 1000mg/l (SCP SCIENCE Canada, ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{tr. HF}$ ) ;
- Acide chlorhydrique  $\text{HCl}$  concentré à (50%) ;
- Solution de molybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ;
- Solution d'acide oxalique.

#### ❖ **Matériels**

- 06 Tubes à essai de 25 ml
- Porte tubes
- 3 fioles jaugées de 100ml
- Pipettes de 2ml, de 5ml et de 10ml.
- 02 cuves de mesure

#### ❖ **Préparation de la solution fille à 10mg/l de $\text{Si}^{4+}$ :**

Nous prélevons 1ml de la solution mère à 100mg/l dans une fiole de 100ml, et nous complétons jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée.

❖ **Préparation de la solution standard à 1 mg/l de  $\text{Si}^{4+}$  :**

Nous prélevons 10ml de la solution fille à 10mg/l de Si dans une fiole de 100ml et nous complétons jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée.

❖ **Préparation des étalons de silicate :**

Dans une série de tubes à essais de 25ml, on introduit à l'aide d'une pipette 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml de la solution standard à 1mg/l, on complète jusqu'à 10ml avec l'eau distillée en utilisant une pipette de 10 ml.

N° de fiole	1	2	3	4	5	6
C (mg/l)	blanc	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Vsol standard (ml)	0	1	2	3	4	5
Veau distillée (ml)	10	9	8	7	6	5

❖ **Courbe d'étalonnage :**

On verse 10ml d'étalon dans un tube à essai et on ajoute 0.2ml d'acide chlorhydrique, puis 0.4ml de la solution molybdate d'ammonium, on agite pour bien mélanger et on laisse au repos pendant 7min, puis on ajoute 0.4ml de la solution d'acide oxalique et on agite quelques minutes. Une coloration jaune claire se développe. On mesure l'absorbance après quelques minutes (15min), après l'addition de l'acide oxalique, car le complexe molybdo-silicate est plus stable au bout d'un certain temps.

Par la suite, on mesure l'absorbance de chacun des étalons à  $\lambda = 410\text{nm}$  par rapport au blanc préparé dans les mêmes conditions mais ne contenant le silicium.

❖ **Dosage de l'échantillon d'eau :**

On introduit 10ml d'eau brute dans un tube à essai propre et sec, puis on ajoute 0.2ml d'acide chlorhydrique, ensuite 0.4ml de la solution molybdate d'ammonium, on agite et on le laisse reposer 7min, puis on ajoute 0.4ml de la solution d'acide oxalique et on agite quelques instants puis on laisse au repos pendant quelques minutes (15min).

Après, on mesure l'absorbance de l'échantillon ainsi préparé par rapport au blanc. La concentration en silice est déterminée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage.

### II.7.2. Dosage des phosphates :

#### ❖ Principe :

Les ions ortho-phosphates peuvent être dosés avec précision par colorimétrie, ils réagissent avec le Molybdate d'ammonium pour donner de l'acide molybdophosphorique, cet acide donne lieu à diverses réactions colorées, la réduction bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de  $\lambda = 690\text{nm}$ .

#### ❖ Réactifs :

##### ➤ Solution mère de phosphate :

Dissoudre 0.0716 g d'hydrogénophosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) dans 10ml d'eau distillée (dans un bêcher, transférer la solution dans une fiole jaugée de 100 ml +1 ml de (HCl) .

##### ➤ Solution fille de phosphate :

Solution mère de phosphate .....1ml.

Eau distillée .....100ml.

##### ➤ Solution Molybdate :

Acide sulfurique concentré .....25ml.

Eau distillée .....40ml.

Ajouter l'acide sulfurique à l'eau distillée, mélanger la solution et laisser refroidir.

➤ Molybdate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) .....2.5g

Eau distillée .....7.5ml

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans l'eau distillée, mélange les solutions (1) et (2), laissé refroidir et diluer à 100ml.

##### ➤ Solution de chlorure stanneux :

Chlorure stanneux ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).....0.25g.

Glycérol .....10ml.

Chauffer le mélange dans un bain-marie jusqu'à dissolution complète du chlorure stanneux.

### ❖ Mode opératoire :

Introduire 40ml de l'eau à analyser dans une série de fioles jaugées de 50ml, ajouter 4ml de solution d'acide molybdate et 10gouttes de la solution de chlorures stanneux, ajuster jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée et bien mélanger, laisser reposer 5mn puis effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690nm.

Les préparation des étalons, ainsi que leurs absorbances pour l'établissement de la courbe d'étalonnage des phosphates sont inscrits respectivement dans le tableau qui suit.

### ✓ Établissement de la courbe d'étalonnage ( $\lambda = 690\text{nm.}$ )

Numéro des fioles	T	I	II	III
Solution stanneux des phosphates 0.05g /l	0	1	2	3
Eau distillée	40	39	38	37
Solution de chlorure de stanneux (goutte)	10	10	10	10
Solution acide molybdate (ml)	4	4	4	4
Abs	0	0	0.0006	0.0017

### ❖ Expression des résultats

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin et tracer la courbe d'étalonnage, les concentrations des échantillons en phosphates sont obtenues à partir de cette courbe d'étalonnage.

$$[PO_4^{3-}] (mg/L) = \frac{C}{VEch} \times 50$$

Avec :

**C** : concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage .

**VEch** : Volume d'échantillon.

### II.7.3.Détermination des nitrates

#### Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique à 415nm.

### ❖ Matériel :

- Capsule de 60mL environ ;
- Bain-marie ou plaque chauffante.

#### ❖ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 10g/L à renouveler toutes les 24h.
- Acide sulfurique concentré (d=1.84)
- Solution d'hydroxyde de sodium :
  - Hydroxyde de sodium 20g
  - Sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 5g
  - Eau dé-ionisée q.S.P 100ml

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80mL d'eau distillée ; ajouter le sel sodique EDTA .Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée de 100cc, ajuster le volume à 100ml avec l'eau distillée.

Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d'azoture de sodium :
  - Azoture de sodium 25mg
  - Eau distillée q.s.p 100mL
- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L :
  - Nitrate de sodium anhydre 34,6 mg
  - Eau distillée q.s.p 250 mL

Dissoudre 72.2mg de nitrate de potassium dans une fiole de 100cc, puis compléter au trait de jauge avec l'eau distillée.

A renouveler tout les deux mois.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 10mg /L

Prélever avec une pipette de 10cc, un volume précis de 10mL de la précédente solution mère dans une fiole jaugée de 100cc, puis compléter avec l'eau distillée.

### 🔧 Préparation de la solution étalon et dosage des nitrates

#### ❖ Mode opératoire

Dans une capsule en porcelaine de 60mL, introduire successivement :

- 10ml d'une Solution étalon d'azote nitrique 10mg/l
- Ajouter 0,5ml d'une Solution d'azoture de sodium
- Ensuite ajouter 0,2 ml d'Acide acétique pur à 100%
- Agiter en tournant légèrement la capsule avec la main, afin d'homogénéiser le mélange .attendre 5min puis évaporer modérément à sec au bain-marie ou sur une plaque chauffante réglée à 80°C(ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps).
- Ajouter 1mL de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer a sec sans calcination 'à sels humides) sur la plaque chauffante. Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 1mL d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.
- Attendre 10 minutes, puis ajouter 15mL d'eau distillée et 10mL de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. agiter la solution à la main avant d'effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm, par rapport au blanc (l'eau distillée). On mesure ainsi l'absorbance de la solution étalon Ae.

Préparation de la solution de l'échantillon d'eau et dosage des nitrates dans l'eau naturelle

❖ **Mode opératoire :**

- Introduire 10mL d'eau naturelle dans une capsule de 60 mL (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10mg/L , opérer une dilution).
- Alcaliniser faiblement avec 1ml de la solution d'hydroxyde de sodium .Poursuivre de dosage comme pour la courbe d'étalonnage , en suivant les memes étapes que précédemment :
  - Ajouter 0 .5 ml d'une solution d'azoture de sodium
  - Ensuite ajouter 0.2ml d'Acide acétique pur à 100%
- Agiter en tournant légèrement la capsule avec la main, afin d'homogénéiser le mélange. attendre 5minutes puis évaporer modérément à sec au bain-marie ou sur une plaque chauffante réglée à 80°C (ne pas surchauffer trop longtemps).
- Ajouter 1mL de solution de salicylate de sodium ,mélanger puis évaporer à sec sans calcination (à sels humides ) sur la plaque chauffante .laisser refroidir .
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.
- Attendre 10 minutes, puis ajouter 15ml d'eau distillée et 10ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune .Agiter la solution à la main avant d'effectuer la

lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm , par rapport au blanc (l'eau distillée) . On mesure ainsi l'absorbance de l'échantillon inconnue d'eau naturelle  $A_i$ .

#### ❖ Expression des résultats :

en appliquant la loi de Beer-Lambert  $A = l \cdot \epsilon \cdot C$  , on peut par comparaison de l'absorbance de l'échantillon d'eau naturelle avec celle de l'étalon de nitrates , on obtient la relation exprimant la concentration en nitrates dans l'eau naturelle ,

$$[\text{NO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \frac{A_i}{A_e} * 10 \text{ mg /L}$$

### II.8. Analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA):

En chimie analytique, la spectrométrie d'absorption atomique (Atomic absorption spectroscopy en anglais ou AAS) est une technique de spectroscopie atomique servant à déterminer la concentration de certains métaux dans un échantillon. Elle peut servir à mesurer la concentration de plus de 60 métaux différents en solution. Elle fait partie des méthodes classiques d'analyse en chimie analytique. Basée sur le principe de la spectrophotométrie, elle conduit beaucoup plus à des données quantitatives. L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage, l'élément est connu, on détermine sa concentration par rapport à des étalons.

L'analyse se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental, et on utilise à cet effet en général des solutions sauf dans le cas des hydrures.

La détermination spectroscopique d'espèces atomiques peut seulement être réalisée à partir d'un échantillon à l'état gazeux, dans lequel les atomes individuels comme l'Ag, l'Al, l'Au, le Fe et le Mg sont nettement séparés les uns des autres.

#### II.8.1. Dosage du Fer par SAA :

Le fer est le quatrième élément de la croûte terrestre. Le fer se trouve essentiellement dans les eaux privées d'oxygène. Ses origines sont diverses mais, en général, le fer dans l'eau provient principalement de sources naturelles par dissolution de roches dans le cas d'eaux souterraines ou de sédiments pour les eaux de fond de retenues. Parfois, il peut provenir de rejets industriels ou de la corrosion de canalisations métalliques. Enfin, l'utilisation de sels de fer comme agents de coagulation pour la production d'eau potable peut également apporter du fer.

Les besoins en fer pour l'homme sont d'environ 10 mg par jour. La présence de fer à des conséquences organoleptiques et, sous certaines conditions, peut engendrer des problèmes au niveau de l'exploitation des réseaux. A une teneur supérieure à 0,1 mg/l, le fer donne un goût désagréable à l'eau, une coloration noirâtre et peut également tâcher le linge.

### **II.9. Contrôles microbiologiques de l'eau :**

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales.

#### **II.9.1. Matériel :**

- Pipette Pasture ;
- Micropipette ;
- Bec bunsen ;
- Boîtes pétries ;
- Embouts ;
- Etuve ;
- Tubes à essais ;
- Autoclave.

#### **II.9.2. Milieux de cultures**

Un milieu de culture doit satisfaire à toutes les exigences nutritives des micro-organismes :

- apport de la source d'énergie, de carbone, d'azote ;
- besoins en ions minéraux, en facteurs de croissance ;
- pH et force ionique voisins de la valeur optimum.

Il peut se présenter sous forme liquide ou solide, par addition d'agar (intérêt : fusion au-delà de 80°C et possibilité de le maintenir en surfusion à 45°C, température compatible avec l'incorporation de micro-organismes ; pas d'hydrolyse de l'agar par les microorganismes)

✓ **Gélose de dénombrement (PCA)**

PCA est la gélose glucosée à l'extrait de levure appelée par les Anglo-Saxons "Plate Count Agar" est utilisée en bactériologie alimentaire pour le dénombrement des bactéries aérobies dans l'eau, le lait, les viandes, les produits à base de viande, les autres produits alimentaires, ainsi que pour l'analyse des produits pharmaceutiques, des produits cosmétiques et de leurs matières premières. Le tableau ci-dessous montre la composition de milieu PCA :

**Tableau II.3 : Gélose de dénombrement (PCA)**

Compositions	Quantité (g)
Glucose	1
Tryptone	5
Extrait de levure	2.5
Agar	12
pH	7.0±0.2
Eau distillée	1

✓ **Gélose lactosée au désoxycholate 0.1% (LDC)**

La gélose lactosée au désoxycholate à 0,1% est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des coliformes dans le lait, les produits laitiers et les autres produits alimentaires. Ce milieu est également recommandé pour la culture et l'isolement des Shigella.

**Tableau II.4 : composition de la Gélose lactosée au désoxycholate 0.1% (LDC) (pour 1l) :**

Compositions	Quantité (g)
Peptone pepsique de viande	10
Lactose	10
Désoxycholate de sodium	1

Chlorure de sodium	5
Phosphate dipotassique	2,0
Citrate ferrique ammoniacal	1,0
Citrate de sodium	1,0
Rouge neutre	0,03
Agar agar bactériologique	15,0
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C	7.3 ± 0.2

✓ **Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL).**

Le milieu BCP ou bouillon lactosé au BCP est un milieu de culture non sélectif et non enrichi utilisé en microbiologie pour l'identification de bactéries. C'est un milieu différentiel, comportant un indicateur de pH, le pourpre de bromocrésol. Ce dernier donne une couleur pourpre au milieu, et passe au jaune si le lactose du milieu est utilisé par les bactéries, par fermentation.

**Tableau II.5 : composition de Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL).**

Composition	Quantités (g)
<b>Tryptone</b>	<b>5</b>
<b>Extrait de viande</b>	<b>3,0.</b>
<b>Lactose</b>	<b>5,0.</b>
<b>Pourpre de bromocrésol</b>	<b>0,025.</b>
<b>pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C</b>	<b>6.7± 0,2.</b>

✓ **Préparation des milieux de culture**

Le milieu de culture déshydratée est mélangé au volume d'eau préconisé, homogénéisée, puis dissout totalement par chauffage (l'ébullition ne doit pas dépasser 1 à 2minutes). Après refroidissement à 50-60°C, le milieu est distribué dans d'autres récipients (tubes à essais ou flacons) en vue d'être stérilisé. La stérilisation se fait par autoclavage à 120°C pendant 15 à 20 minutes.

### II.9.3. Analyse microbiologique

Cette étape consiste à étaler les différents échantillons d'eau préparés sur les milieux de cultures, pour favoriser la croissance des populations microbiennes qui se trouve dans nos échantillons. Ces test va nous permettre d'avoir une idée sur l'état microbiologique de tous les échantillons analysés.

✓ **Flore totale aérobies mésophiles FTAM :**

- Allumez le bec bunsen et manipulez comme dans la zone de la flamme ;
- Versez une quantité suffisante (20 ml) de milieu PCA dans les boites de pétri stériles et laisser solidifier ;
- A l'aide d'une micropipette déposer 0.1 ml d'échantillon á analyser sur la surface de milieu ;
- Etaler l'échantillon sur toute la surface de milieu à l'aide d'une pipette râteau ;
- Incuber les boitesensemencées à l'étuve à 30°C pendant 72h ;
- Dénombrer les colonies apparues.

✓ **Coliforme totaux et coliformes thermo tolérant (E.coli)**

**Test présomptif sur milieu BCPL**

- Ensemencer 1 ml de chaque échantillon dans 10 ml de milieu BCPL contenant une cloche de Durham ;
- Mélanger bien puis incuber à 37°C pendant 48h
- un changement de couleur du pourpre vers le jaune et la présence du gaz dans la cloche est considéré comme un résultat positif.

**Test confirmatif sur milieu LDC**

- Préparer deux boites pour chaque échantillon :
- Déposer 1 ml de chaque échantillon au fond des boites de pétri;
- Versez une quantité suffisante de milieu LDC puis mélanger bien avec des mouvements en huit et laisser solidifier ;
- Ajoutez une deuxième couche de milieu LDC avec la même méthode et laisser solidifier ;
- Incuber la moitié des boites à 37°C (coliforme totaux)et les autres à 44°C (coliformes thermotolérants) pendant 48h
- Dénombrer les colonies apparues.

## **II.10. Traitement de l'eau brute par coagulation-floculation**

### **II.10.1. JART-TEST :**

Le Jart-test est un appareil composé d'une série d'agitateurs (6), contenant aussi des béciers de 1l et doté d'un dispositif de réglage simultané, de la vitesse et du temps d'agitation exprimé respectivement en tours par minute. Ces deux paramètres peuvent varier en fonction :

- De la vitesse de rotation : de 0 à 140tr/min ;
- Du temps de rotation.

### **II.10.2. Coagulation :**

#### **✓ Principe**

La coagulation est une opération qui annule les charges électriques des particules en suspension (colloïdes généralement électronégatifs), par ajout à l'effluent de réactifs minéraux, ou de poly-électrolytes. Cela donne un précipité. Le produit utilisé est appelé coagulant.

### **II.10.3. Floculation :**

#### **✓ Principe :**

La floculation provoque la formation de « floes », c'est-à-dire de particules agglomérées de taille suffisantes pour décanter. Le but est d'obtenir rapidement des floes de plus en plus lourds, volumineux et plus cohérents. Une agitation lente doit être suivie d'une homogénéisation de la solution de floculant (souvent de silice activée ou amidon) et de l'effluent coagulé. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif ; l'adjuvant défloculation, plus simplement appelé le floculant. Les floculants sont classés suivant leur origine (synthétique ou naturelle). Leur nature (minérale et organique), ou le signe de charge électrique (cationique ou anionique).

### **II.10.4. Les essais de traitement par coagulation-floculation :**

#### **✓ 1er Essai de traitement de coagulation-floculation :**

#### **❖ Variation de la caux $\text{Ca(OH)}_2$ :**

On fait varier la quantité de  $\text{Ca(OH)}_2$  en maintenant fixes les autres paramètres ainsi (voir tableau ci-après) :

$T^\circ = \text{amb} = 21^\circ\text{C}$  ;

$V = 45\text{t/mn}$  ;

t = 2h (1h pour coagulations, 1h pour floculation,);

N°	1	2	3	4	5	6
Coagulant et floculant						
M (mg) Chitosane	50	50	50	50	50	50
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	0	2	4	6	8	10
m (g) de Amidon	2	2	2	2	2	2

✓ **2eme Essai de traitement de coagulation-floculation :**

❖ **Variation de chitosane avec fixation de la quantité de la chaux a 6 ml :**

On fait varier la quantité de chitosane en maintenant fixes les autres paramètres ainsi (voir tableau ci-après) :

T°=amb= 21°C ;

V= 45t/mn ;

t = 1h.

N°	1	2	3	4	5	6
Coagulant et floculant						
M (mg) Chitosane	0	100	150	200	250	300
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6

✓ **3eme Essai de traitement de coagulation-floculation :**

❖ **Variation de chitosane avec l'Alun et fixation de la quantité de la chaux a 6 ml :**

On fait varier la quantité de **chitosane avec l'Alun** en maintenant fixes les autres paramètres ainsi (voir tableau ci-après) :

T°=amb= 21°C ;

V= 45t/mn ;

t = 1h.

N°	1	2	3	4	5	6
Coagulant et floculant						
M (mg) Chitosane	0	80	60	50	40	20

m (mg) d'Alun	0	20	40	50	60	80
V (ml) de Ca(OH) 2	6	6	6	6	6	6

✓ **4eme Essai de traitement de coagulation-floculation :**

❖ **Variation de l'Alun seul (sans chitosaine) et fixation de la quantité de la chaux a 6 ml :**

On fait varier la quantité de l'Alun seul en maintenant fixes les autres paramètres

ainsi (voir tableau ci-après) :

$T^{\circ}=\text{amb}= 21^{\circ}\text{C}$  ;

$V= 45\text{t/mn}$  ;

$t = 1\text{h}$ .

N°	1	2	3	4	5	6
Coagulant et floculant						
V (ml) de Ca(OH) 2	6	6	6	6	6	6
m (mg) d'Alun	0	100	150	200	250	300

✓ **5eme Essai de traitement de coagulation-floculation :**

❖ **Variation du temps et fixation de la quantité de la chaux a 6 ml :**

On fait varier le temps de la coagulation-floculation en maintenant fixes les autres paramètres

ainsi (voir tableau ci-après) :

$T^{\circ}=\text{amb}= 21^{\circ}\text{C}$  ;

$V= 45\text{t/mn}$  .

N°	1	2	3	4	5	6
Coagulant et floculant						
M (mg) Chitosane	60	60	60	60	60	60
m (mg) d'Alun	40	40	40	40	40	40
V (ml) de Ca(OH)2	6	6	6	6	6	6

✓ **6eme Essai de traitement de coagulation-floculation :**

❖ **Variation de la masse totale plus la vitesse de l'agitation et fixation de la quantité de la chaux a 6 ml pour les deux :**

On fait varier **la masse totale plus la vitesse de l'agitation** en maintenant fixes les autres paramètres ainsi (voir tableau ci-après) :

$T^{\circ} = \text{amb} = 21^{\circ}\text{C}$  ;

$t = 1\text{h}$

N° Coagulant et floculant	1	2	3	4	5	6
	Variation de la masse totale (45trs/mn)			Variation vitesse de l'agitation (100mg de coagulants)		
	50(mg)	200(mg)	300(mg)	(30tr/min)	45(tr/min)	120(tr/min)
M (mg) Chitosane	30	120	180	60	60	60
M (mg) d'Alun	20	80	120	40	40	40
V (ml) de Ca(OH) 2	2	2	2	2	2	2

**II.10.5.Filtration :**

On filtre séparément les 06 échantillons d'eau brute traitée au dessus d'un entonnoir munit d'un papier filtre placé au dessus d'un erlenmeyer de 250ml.

Après la filtration, on doit prélever 50ml dans chaque bêcher pour faire l'analyse (pH, conductivité, IP, TH, TA et TAC,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). On réserve 25 ml pour les tests microbiologiques à froid.

Les analyses effectuées ont eu pour objectif l'évaluation de la qualité, physico-chimique et microbiologique, de l'eau de barrage de Tichihaf, pour deux périodes distinctes durant lesquelles ont été réalisés les prélèvements.

### -Première partie-

#### Analyses physico-chimiques et microbiologique de l'eau du barrage

La qualité des eaux est évaluée par un ensemble de critères physico-chimiques et bactériologiques qui définissent leur degré de potabilité, exigées par les normes de l'OMS.

#### **III.1. Contrôles physico-chimiques de l'eau brute :**

Les résultats obtenus des différents paramètres sont consignés dans des tableaux et représentés par des histogrammes comme suit :

##### **III.1.1 Paramètres organoleptiques :**

###### **a- La couleur :**

**Tableau III.1 :** couleur de l'eau des deux prélèvements de l'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
Couleur	Pas de couleur	Pas de couleur	Pas de couleur

Les résultats obtenus (Tableau III.1) montrent que les eaux des deux prélèvements sont incolores et conforment à la norme.

###### **b- Odeur :**

On constate une absence d'odeur dans les eaux des deux prélèvements. L'eau du barrage est donc conforme à la norme de potabilité exigée par la norme de l'OMS.

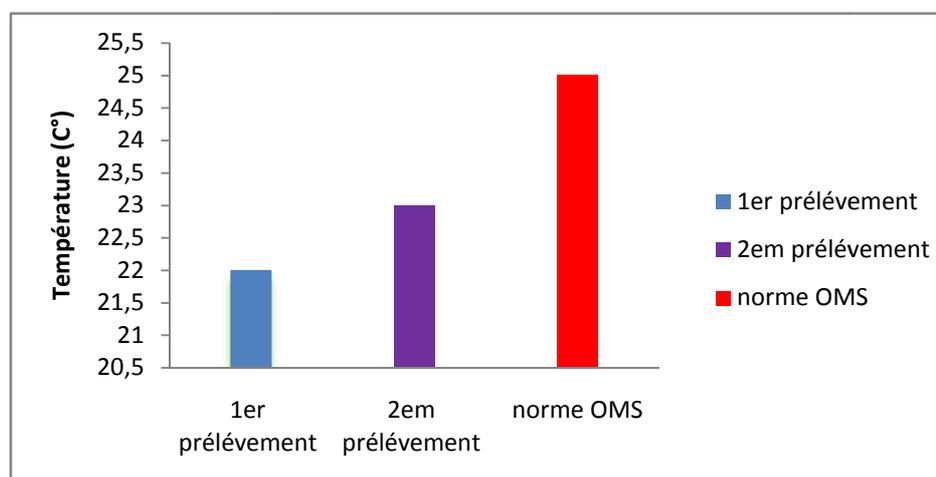
#### **III.1.2 Paramètres physico-chimiques :**

##### **III.1.2.1 La température :**

Les températures mesurées sont consignées dans le tableau qui suit :

**Tableau III.2 :** Température des deux prélèvements de l'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
T (°C)	22	23	25

**Figure III.1 :** Températures des deux prélèvements d'eau du barrage

Les résultats obtenus (**Figure III.1**) montrent que les températures de l'eau du premier et du second prélèvement sont proches et inférieures à la norme fixée par l'OMS qui est de 25°C.

### III.1.2.2 Le Potentiel d'hydrogène (pH) :

**Tableau III.3 :** pH des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
pH	7.43	7.77	6,5-8,5

D'après l'histogramme (fig. III-2), représenté ci-dessus nous notons que les valeurs du pH des deux prélèvements d'eau sont proches, respectivement 7,43 et 7,77. Les eaux du barrage de tichihaf ont un pH voisin de la neutralité et supérieures à 7. Mais, ces valeurs sont comprises dans l'intervalle de la norme de l'OMS.

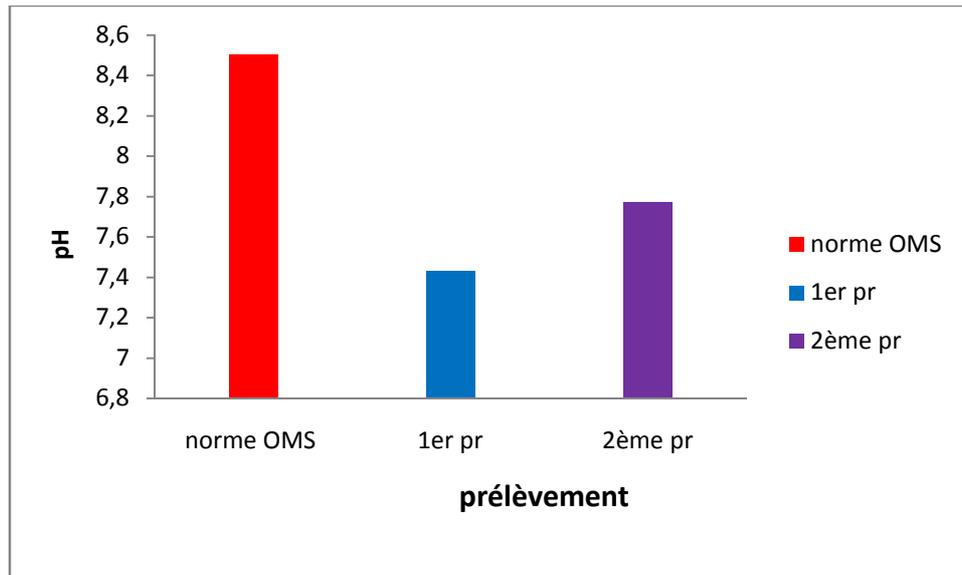


Figure III.2 : pH des deux prélèvements d'eau du barrage.

### III.1 2.3 Conductivité :

Tableau III.4 : conductivité des deux prélèvements d'eau du barrage.

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
$\lambda$ ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1337	1139	2000

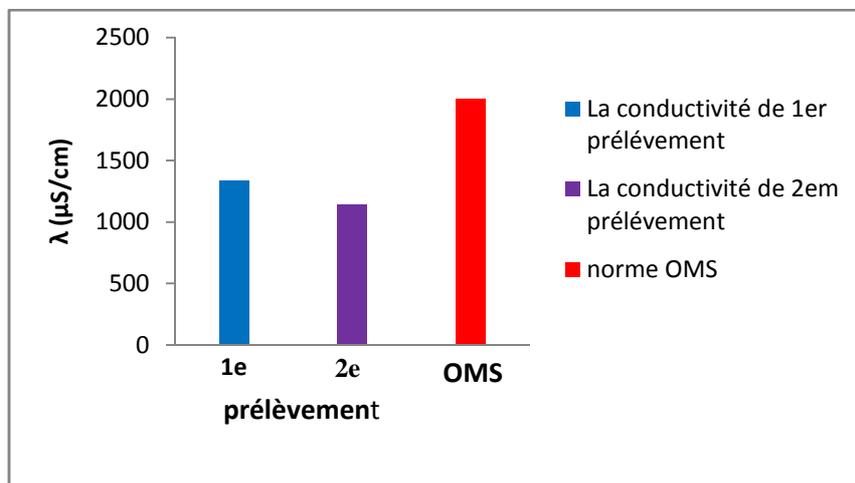


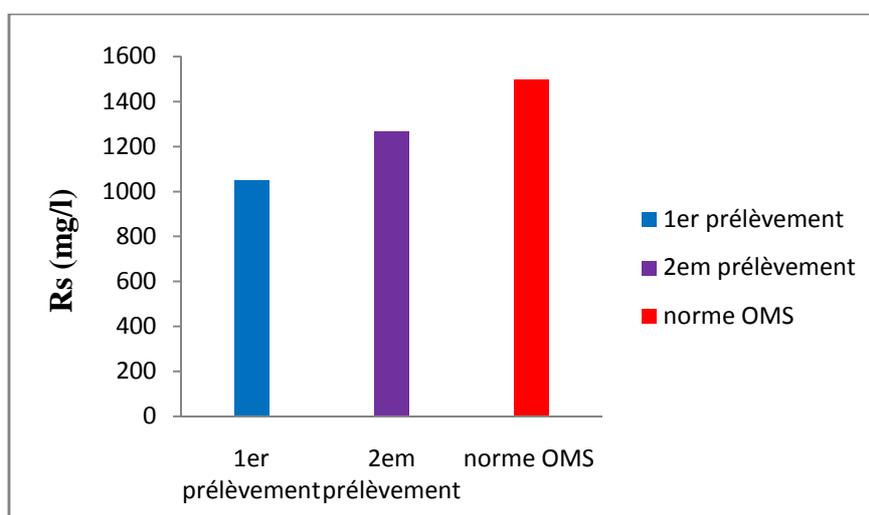
Figure III.3 : conductivité des deux prélèvements d'eau du barrage.

Les valeurs enregistrées (fig. III-3), indiquent que l'eau des deux prélèvements est caractérisée par une conductivité élevée due à une forte minéralisation de l'eau. Celle du 1<sup>e</sup> prélèvement est légèrement plus élevée que la conductivité du second prélèvement. Ceci est dû aux lessivages des sols avoisinant le barrage par les eaux de pluies. Néanmoins, celles-ci restent au-dessous du seuil maximal fixé par l'OMS.

### III.1.2.4 Résidu sec :

**Tableau III.5 :** résidu sec des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
Rs (mg/l)	1049	1267	1500



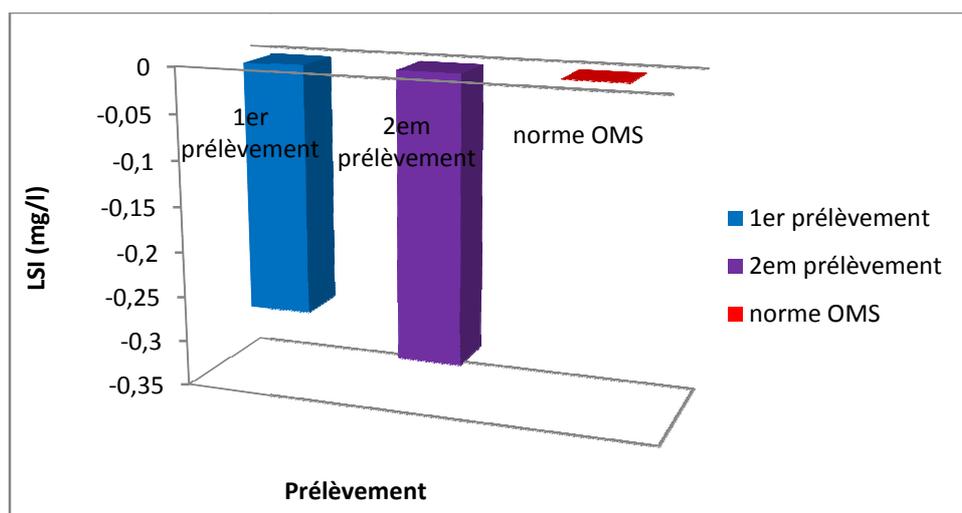
**Figure III.4 :** Résidu sec RS des deux prélèvements d'eau du barrage.

L'histogramme ci-dessus montre que les eaux des deux prélèvements présentent d'importants résidus secs, en raison des concentrations plus importantes en minéraux dissous, et que les deux valeurs restent toujours au dessous de la norme fixée par l'OMS. Ce qui est en accord avec les précédents résultats de la conductivité.

### III.1.2.5 Indice de saturation de Langelier :

**Tableau III.6 :** Indice de Langelier LSI des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
LSI (mg/l)	-0.27	-0.31	0



**Figure III.5 :** indice de Langelier LSI des deux prélèvements d'eau du barrage.

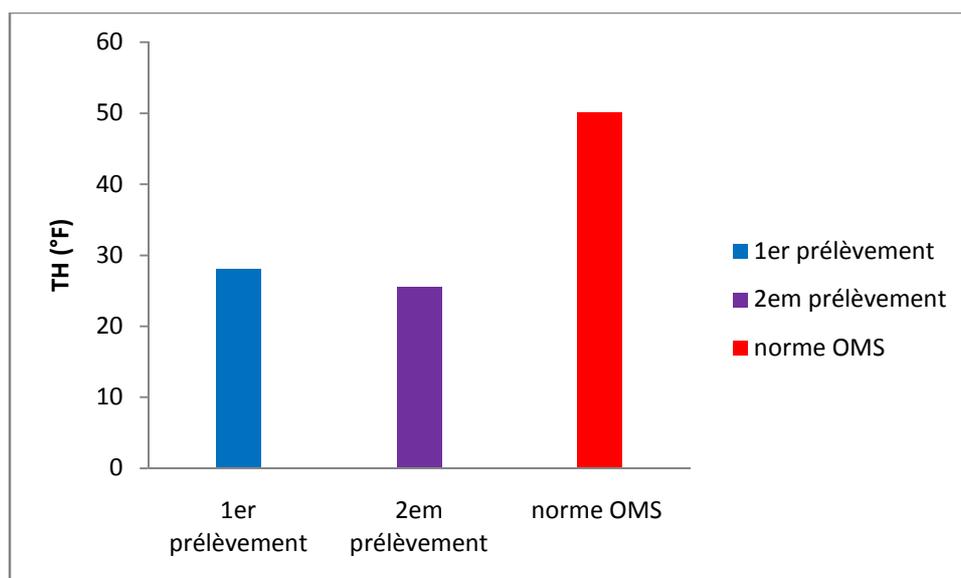
Les résultats (fig III.7) montrent que les valeurs de LSI sont négatives pour les deux prélèvements, ceci signifie que l'eau du barrage possède un caractère légèrement agressif. La valeur du LSI de l'eau du 2<sup>e</sup> prélèvement est plus négative que celle du premier prélèvement. Ce qui montre que le taux de CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau est plus élevé durant le mois d'avril où s'est effectué le 2<sup>e</sup> prélèvement, entraînant ainsi l'augmentation de la teneur en acide carbonique.

Néanmoins, les valeurs sont au dessous et conformes à la norme de potabilité fixée par l'OMS.

#### III.1.2.6. Dureté totale :

**Tableau III.7 :** dureté totale des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
TH (°F)	28	25.6	50



**Figure III.6 :** TH des deux prélèvements d'eau du barrage.

D'après la (fig III.6) le TH de l'eau des deux prélèvements est égale presque à 50% de la valeur fixée par l'OMS. Ceci signifie que notre eau est moyennement dure causée par la présence des ions de  $Mg^{++}$  et de  $Ca^{++}$ . Du fait que l'eau est légèrement agressive, ceci signifie que l'eau ne provoque pas la co-précipitation des carbonates de calcium et du magnésium, en plus du fait que les valeurs de la dureté totale sont nettement inférieures au seuil maximal de la norme de l'OMS, qui est de 50°F.

### III.1 2.7 Dureté calcique :

**Tableau III.8 :** dureté calcique des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
TH <sub>Ca</sub> (°F)	13.44	13.20	20

D'après les résultats obtenus (Fig.III.7.), nous remarquons que les valeurs du TH<sub>Ca</sub> des deux prélèvements sont proches est inférieures à la norme de l'OMS. De ce fait, cette eau est moyennement dure et elle n'est pas trop chargée en ions  $Ca^{++}$ .

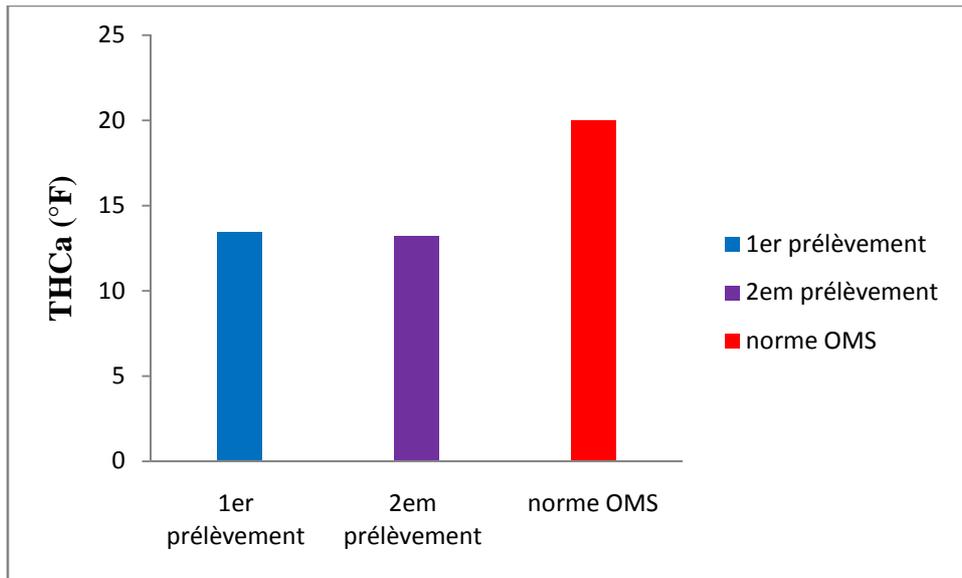


Figure III.7 : TH<sub>Ca</sub> des deux prélèvements d'eau du barrage.

III.1.2.8 Dureté magnésique :

Tableau III.9 : dureté magnésique des deux prélèvements d'eau barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
TH <sub>Mg</sub> (°F)	11.2	9.20	15

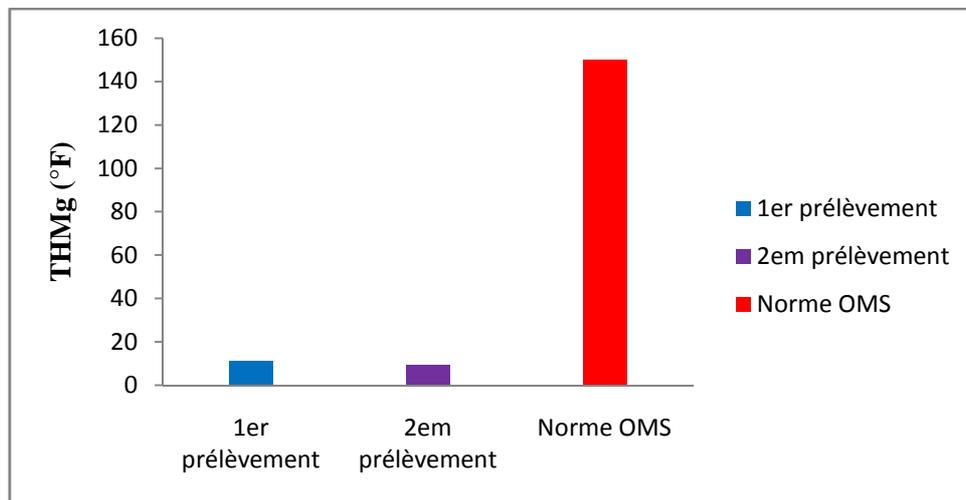


Figure III.8 TH<sub>Mg</sub> des deux prélèvements d'eau du barrage.

D'après les résultats obtenus (Fig.III.8), nous remarquons que les valeurs de TH<sub>Mg</sub> des deux prélèvements sont inférieures à celles du TH<sub>Ca</sub> et elles sont conformes à la norme de l'OMS. D'où, cette eau n'est pas trop chargée en ions Mg<sup>++</sup>.

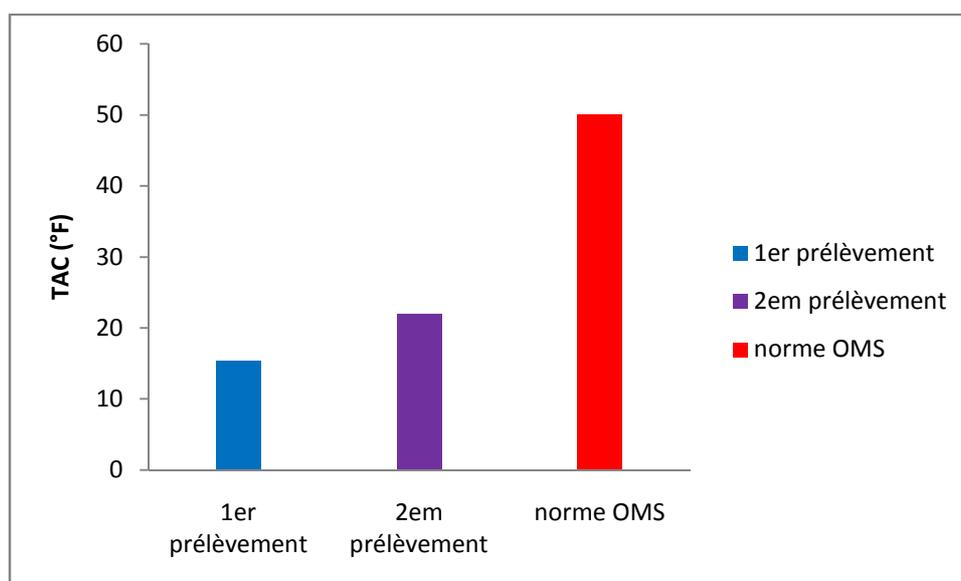
### III.1.2.9 Titre alcalimétrique :

Les résultats obtenus pour le titre alcalimétrique, révèlent que les valeurs de TA sont nuls pour les deux prélèvements de l'eau brute. Le titre alcalin représente la concentration en carbonates et en hydroxydes d'une eau. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de bases fortes dans l'eau des deux prélèvements.

Par contre, les résultats des mesures du titre alcalimétrique complet (TAC) montrent que l'eau du barrage renferme des quantités non négligeables d'hydrogénocarbonates. Ceux-ci sont spécifiés dans le tableau III.10

**Tableau III.10 :** Valeurs de TAC pour les deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
TAC (°F)	15.4	22	50



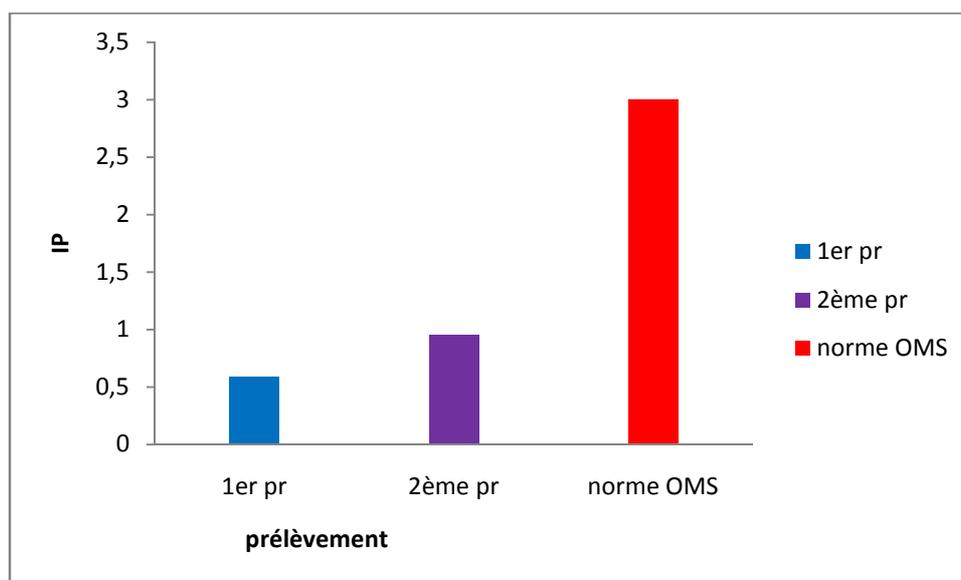
**Figure III.9** TAC des deux prélèvements d'eau du barrage.

La figure III.9 montre que les valeurs de titre alcalimétrique des deux prélèvements sont proches et elles sont nettement inférieures à la norme fixée par l'OMS. Ce qui veut dire que notre eau est faiblement bicarbonatée. Ce qui diminue le risque d'entartrage des installations du réseau.

### III.1.2.10. Indice d'oxydation au permanganate :

**Tableau III.11 :** Indice d'oxydation au permanganate des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
IP	0.59	0.95	3



**Figure III.10 :** Indice d'oxydation au permanganate IP des deux prélèvements d'eau du barrage.

La figure montre que la valeur de l'indice IP est plus élevée dans le 2<sup>e</sup> que dans le 1<sup>e</sup> prélèvement. Néanmoins, les valeurs sont au dessous de la valeur fixée par l'OMS. Ce qui signifie que notre eau contient peu de matières organiques, provenant des acides humiques ou des résidus de végétaux.

### III.1.2.11 Chlorures :

**Tableau III.12 :** concentration en chlorures des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	113.4	141.8	250

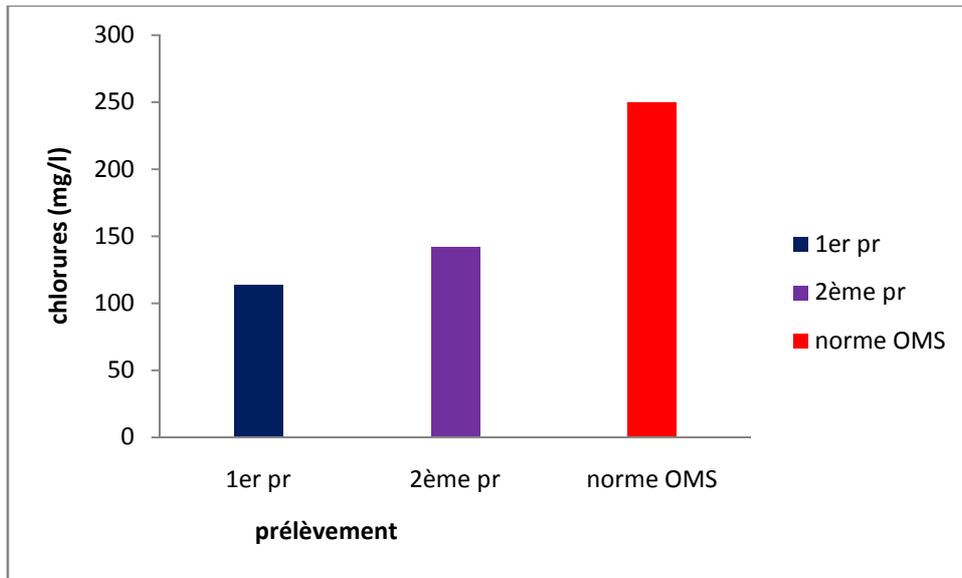


Figure III.11 : concentration des Cl<sup>-</sup> des deux prélèvements d’eau du barrage.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en chlorures sont plus élevées dans le 2<sup>e</sup> prélèvement, néanmoins les valeurs sont au dessous de la norme OMS.

III.1.2.12 Nitrates :

Tableau III.13 : concentrations des nitrates des deux prélèvements d’eau du barrage:

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l’OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg/l)	15.77	17.42	50

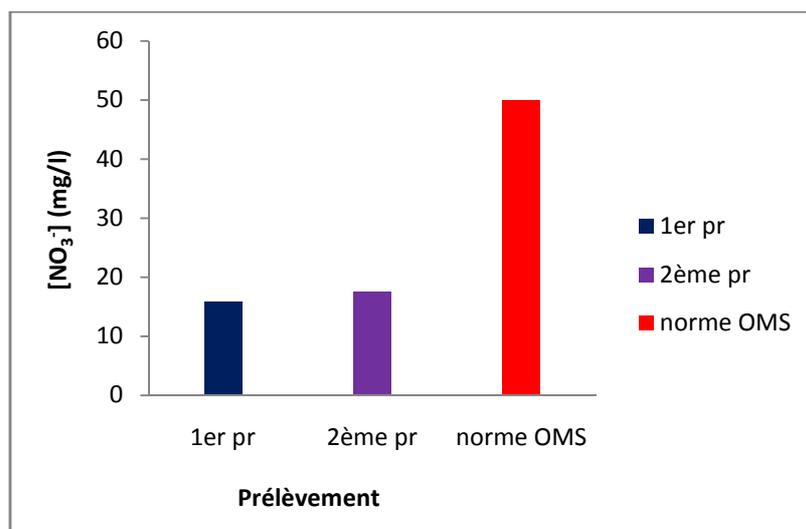


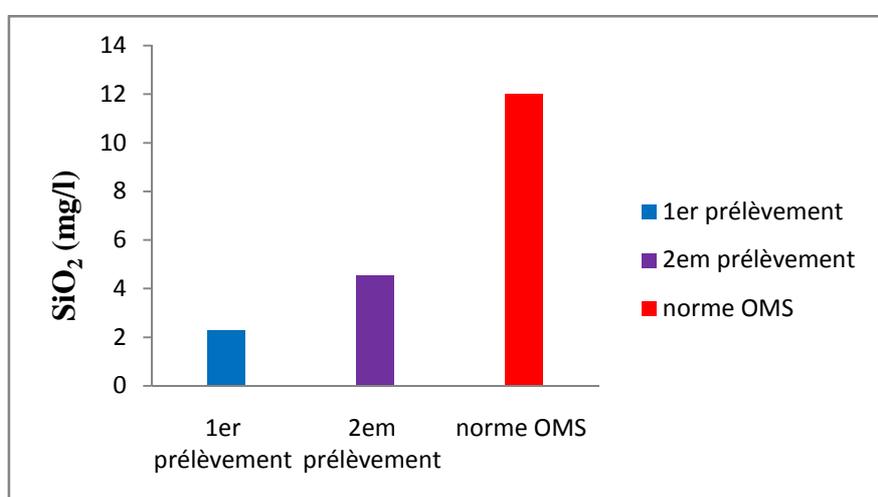
Figure III.12 : concentration de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> des deux prélèvements d’eau du barrage.

Les résultats montrent que la concentration des nitrates dans le 1<sup>e</sup> prélèvement est inférieure à celle des nitrates dans le 2<sup>e</sup> prélèvement. Mais, les valeurs sont inférieures à la concentration maximale autorisée par l'OMS. Ce qui signifie que notre eau n'est pas nocive pour la santé humaine.

### III.1.2.13 Silice :

**Tableau III.14** : concentrations en silice des deux prélèvements d'eau du barrage

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	2.2	4.5	12



**Figure III.13** : concentrations en silice des deux prélèvements d'eau du barrage

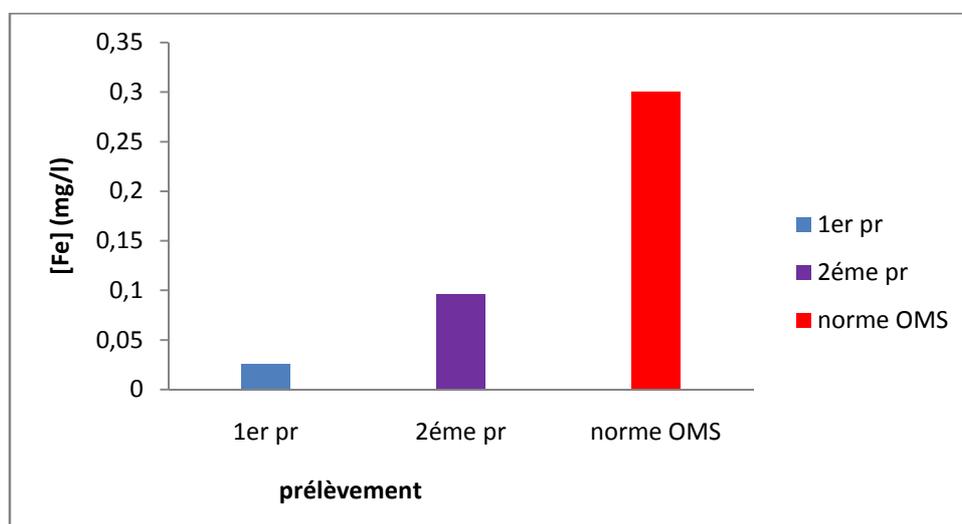
D'après les résultats de l'analyse UV-visible, consignés dans le tableau III.14 et représentés par l'histogramme de la figure III.13, on remarque que la quantité de la silice est légèrement plus élevée dans le 2<sup>e</sup> prélèvement, en raison de la pluviométrie qui est moins importante au cours de la deuxième période (avril). Cependant, les valeurs sont inférieures à la norme de l'OMS.

### III.1.2.14 Le fer :

Lorsque la concentration en fer dans l'eau dépasse 0,3 mg/L, celui-ci peut modifier le goût et la couleur, causant aussi des tâches et des encrassements des installations, des conduites et des équipements des stations d'eau potable. Par ailleurs, l'excès en fer peut nuire également à la santé.

**Tableau III.15** : concentrations en fer des deux prélèvements d'eau du barrage :

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
[Fe] (mg/l)	0.026	0.096	0.3

**Figure III.14** : concentration en fer des deux prélèvements d'eau du barrage.

Les résultats obtenus mettent en évidence (fig.III.14) la présence de faibles quantités de fer dans l'eau du barrage. Ces valeurs sont très inférieures à la norme de l'OMS. D'autre part la concentration du fer de l'eau brute du premier prélèvement est davantage moins importante que celle du deuxième prélèvement.

### III.1.2.15 Le phosphate :

**Tableau III.16** : concentrations en phosphate des deux prélèvements d'eau du barrage :

Date et lieu de prélèvement	06/03/2018	24/04/2018	La norme de l'OMS
	La station de distribution de Tichihaf		
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	9.8	13.9	0.5

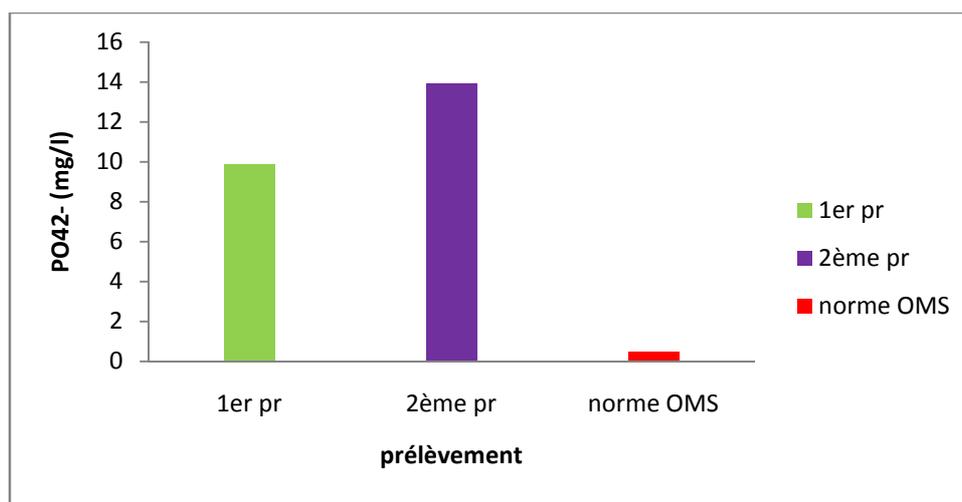


Figure III.15 : concentration en PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l) des deux prélèvements d'eau du barrage.

La figure III.15 montre que les valeurs de la concentration en PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> de l'eau brute des deux prélèvements sont supérieures à la norme OMS, ce qui signifie que l'eau de barrage est riche en matières phosphorées.

### **-Deuxième partie -**

## **Traitement de l'eau du barrage par coagulation-floculation et contrôles physico-chimiques et microbiologique**

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau brute, ayant subi la coagulation-floculation par le chitosane et/ou l'alun en tant que coagulants et floculants, après l'optimisation des paramètres du processus, sont présentés dans les tableaux et les figures suivantes.

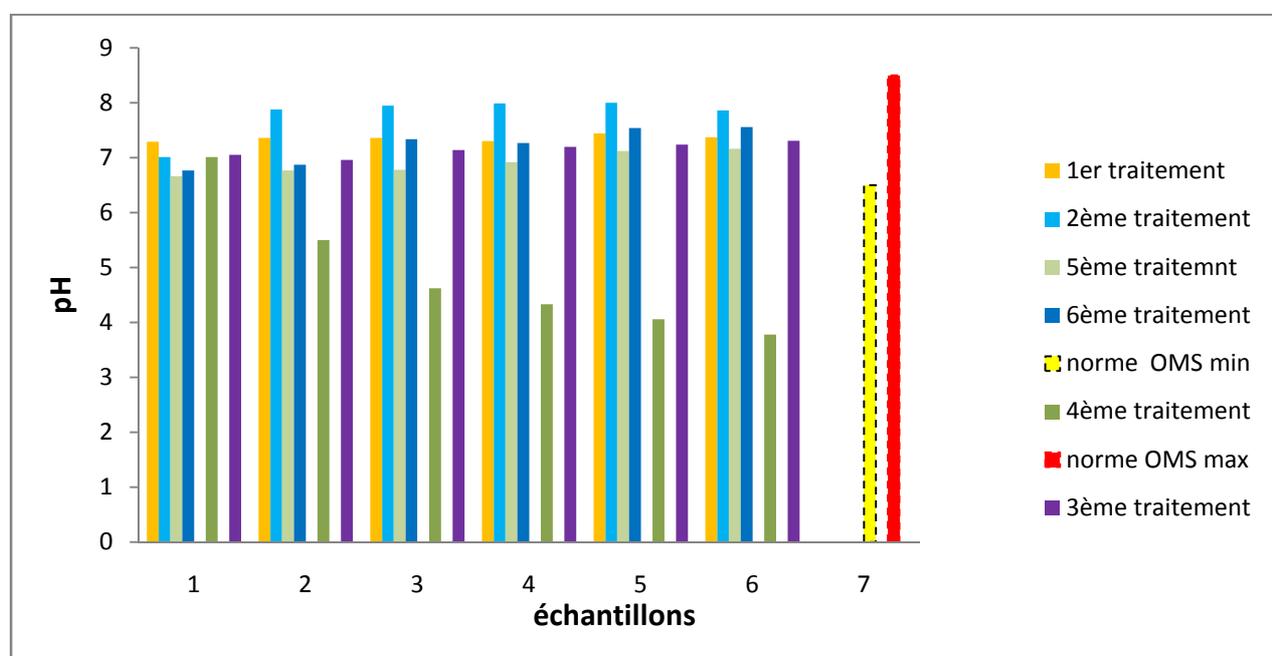
### **III.2 Influence des paramètres physicochimiques**

#### **III.2.1. Résultats de contrôle de pH après traitement**

**Tableau III.17** : pH de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation.

Prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	
		pH(1)	7,29	7,36	7,36	7,3	7,44	7,37	
	2	Chit. (mg)	0	100	150	200	250	300	
		pH(2)	7,01	7,88	7,95	7,99	8	7,86	

	3	Chit/Alun (m/m)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	6.5-8.5
		pH(3)	7,05	6,96	7,14	7,2	7,24	7,31	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		pH(4)	7,01	5,5	4,62	4,33	4,06	3,78	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		pH(5)	6,66	6,77	6,78	6,92	7,12	7,16	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	100	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		pH(6)	6,77	6,87	7,34	7,27	7,54	7,56	



**Figure III.16 :** pH de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

#### ❖ Discussion :

Nous constatons, à partir des résultats (fig. III.16), que :

Pour le 1<sup>er</sup> traitement, les valeurs du pH de l'eau traitée augmentent légèrement avec les quantités croissantes de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ceci implique, que la quantité introduite de chaux ne dégrade pas la qualité de l'eau traitée à la fin du traitement.

Pour le 2<sup>ème</sup> traitement, les valeurs du pH augmentent avec la quantité de chitosane, sauf pour l'échantillon N°6, dont le pH diminue légèrement par rapport au 5<sup>ème</sup> échantillon.

Pour le 3<sup>ème</sup> traitement, les valeurs du pH diminuent relativement avec la masse du chitosane, tandis qu'elles augmentent avec celle de l'Alun. Sauf pour le témoin (sans ajout de chitosane et d'alun) correspondant à une valeur de pH=7,05 presque neutre. Les influences sur le pH de l'eau traitée sont les mêmes pour des masses égales de chitosane et d'alun (50/50) correspondant au pH=7,20. La valeur minimale de pH= 6,96 légèrement acide correspond à 80mg en chitosane et 20mg en alun. Ce qui signifie que le mélange du chitosane avec l'alun confère un caractère faiblement acide à l'eau.

Pour le 4<sup>ème</sup> traitement, les valeurs du pH diminuent avec les quantités croissantes de l'Alun. Les échantillons traités deviennent de plus en plus acides. Ce qui signifie que le traitement avec l'Alun seul fait augmenter nettement l'acidité ce qui dégrade la qualité de l'eau. La valeur minimale atteinte est de  $3.78 < 6.5$ , correspondant à une eau très acide.

Pour le 5<sup>ème</sup> traitement, le pH après traitement augmente en fonction du temps, Les meilleures valeurs de pH sont celles qui correspondent aux échantillons 5 et 6, respectivement après 75 et 90mn, pour lesquels les pH sont légèrement supérieurs à 7 mais inférieurs à la valeur initiale du 2<sup>e</sup> prélèvement (7,77).

Pour le 6<sup>ème</sup> traitement, Le pH augmente légèrement en fonction de la masse totale en coagulant et la vitesse de l'agitation, mais les valeurs tendent à devenir constantes au-delà de 60 trs /mn. Les meilleurs résultats correspondent aux valeurs de pH supérieures à 7 (échantillons 3, 4, 5, 6).

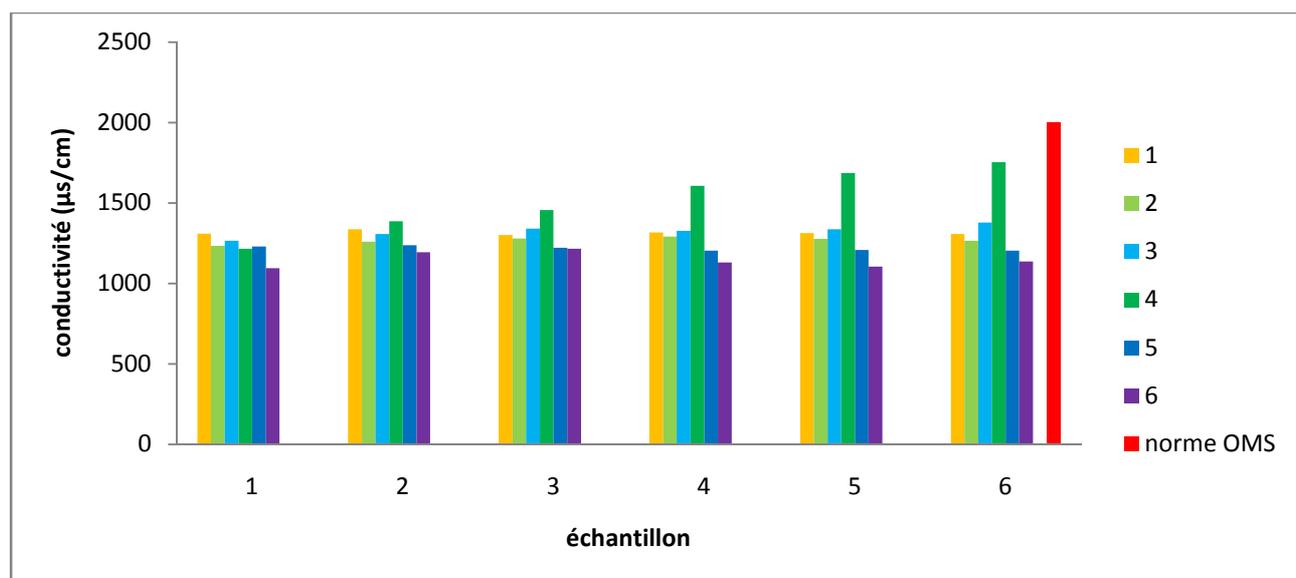
On remarque que les valeurs du pH sont comprises entre les limites minimale et maximale tolérées par la norme de l'OMS pour tous les traitements, sauf pour le 4<sup>e</sup> traitement avec l'alun seul qui affiche des valeurs hors norme OMS ( $\text{pH} < 6.5$ ).

On conclut, que pour le paramètre pH, le meilleur traitement est le 2<sup>e</sup> qui correspond à l'ajout de chitosane seul, avec 6ml de chaux, temps = 60mn et  $v = 45 \text{ trs/mn}$ . Les valeurs du pH sont supérieures à celle de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement, ce qui permet de compenser l'indice de Langelier LSI qui est négatif, et rendre l'eau moins agressive et plus équilibrée après traitement.

## III.2.2. Résultats de contrôle de la conductivité après traitement

**Tableau III.18 :** Conductivité de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	2000 μS/cm
		Cond. (μS/cm) 1	1310	1337	1302	1318	1314	1307	
	2	Chit. (mg)	0	100	150	200	250	300	
		Cond. (μS/cm) 2	1234	1260	1280	1292	1277	1266	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		Cond. (μS/cm) 3	1266	1307	1341	1327	1338	1378	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		Cond. (μS/cm) 4	1217	1387	1456	1607	1687	1753	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		Cond. (μS/cm) 5	1230	1238	1223	1204	1208	1205	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		Cond. (μS/cm) 6	1095	1194	1216	1131	1105	1136	



**Figure III.17 :** Conductivité de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation

#### ❖ Discussion de la conductivité :

Les résultats (fig. III.17) montrent que :

Pour le 1<sup>er</sup> traitement, les valeurs de la conductivité de l'eau traitée fluctuent légèrement en augmentant avec les quantités de  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Pour le 2<sup>ième</sup> traitement, les valeurs de la conductivité augmentent avec celle du chitosane jusqu'à la valeur  $1292\mu\text{S/cm}$ , correspondant à 200mg de coagulant. Puis, elle diminue pour la masse maximale (300mg) de chitosane.

Pour le 3<sup>ième</sup> traitement, la conductivité de l'eau brute après traitement diminue légèrement avec la masse du chitosane, tandis qu'elle augmente relativement avec celle de l'alun. Sauf pour le témoin sans ajout de coagulant (0 chitosane et 0 alun) où la valeur de la conductivité est minimale ( $1266\mu\text{S/cm}$ ).

Pour le 4<sup>ième</sup> traitement, les valeurs de la conductivité augmentent avec les quantités croissantes de l'Alun. On conclut, que l'ajout de l'alun seul ne permet pas de faire baisser la conductivité, ceci est dû à la libération des ions  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  contenus dans l'alun.

Pour le 5<sup>ième</sup> traitement, la conductivité varie peu avec l'augmentation du temps.

Pour le 6<sup>ième</sup> traitement, les valeurs optimales pour le meilleur essai de traitement sont la vitesse égale à 45tr/mn et la masse totale en coagulants est de 50mg (Chit/alun =60/40), correspondant au meilleur traitement pour l'abaissement de la conductivité à un seuil minimal de

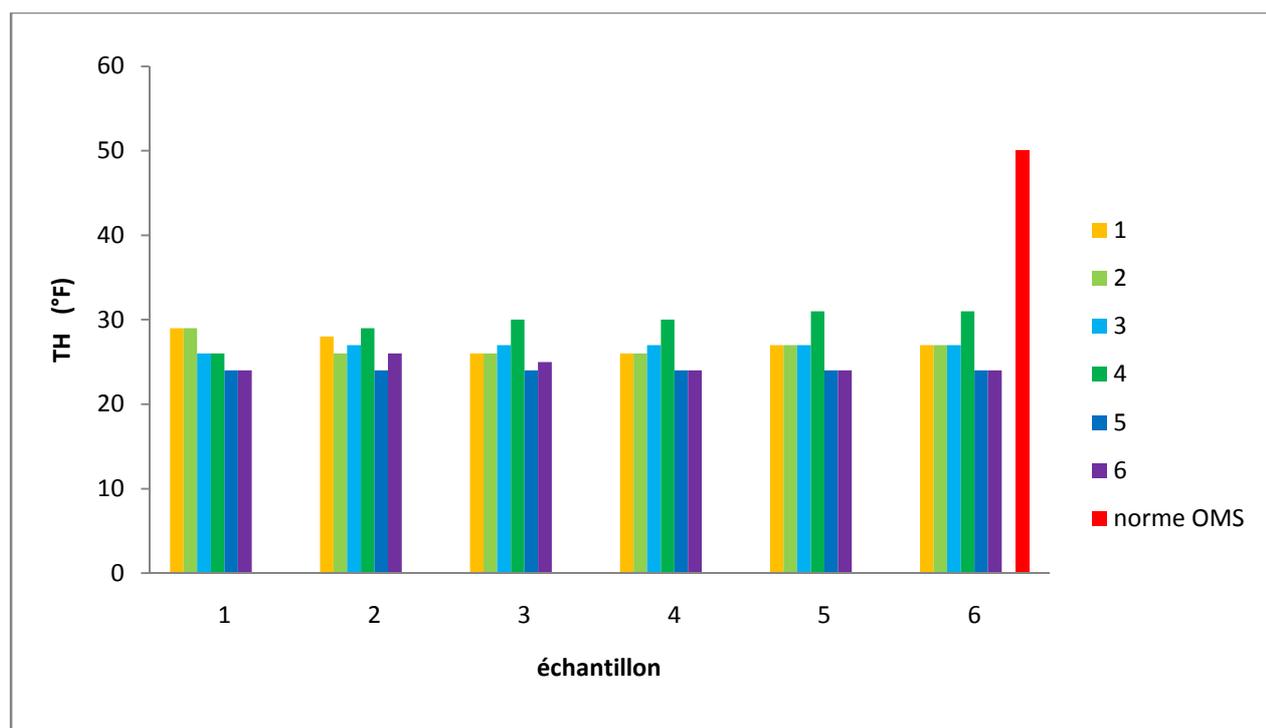
1095  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette valeur est inférieure à la conductivité de l'eau brute du 2<sup>e</sup> prélèvement (1139 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Néanmoins, la conductivité pour tous les essais des 6 traitements sont au dessous du seuil maximal de la norme de l'OMS.

### III.2. 3.Résultats de contrôle de TH après traitement

**Tableau III.19** : les valeurs de TH (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	50°F
		TH (F°) 1	29	28	26	26	27	27	
	2	Chit. (mg)	0	100	150	200	250	300	
		TH(F°) 2	29	26	26	26	27	27	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		TH (°F) 3	26	27	27	27	27	27	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		TH (°F) 4	26	29	30	30	31	31	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		TH (°F) 5	24	24	24	24	24	24	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		TH (°F) 6	24	26	25	24	24	24	



**Figure III.18 :** TH (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

#### ❖ Discussion de TH :

Nous constatons, à partir des résultats (fig. III.18), que :

Pour le 1<sup>er</sup> traitement, la diminution la plus importante du TH (26°F) a été obtenue pour les quantités optimales correspondant à 4ml et à 6 ml de chaux, et la valeur est inférieure à celle de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement (28°F).

Pour le 2<sup>ème</sup> traitement, toutes les valeurs de TH sont inférieures à la valeur initiale de l'eau brute (28°F), sauf celle du témoin (29°F, sans ajout de chitosane).

Pour le 3<sup>ème</sup> traitement, le TH de l'eau traitée a augmenté par rapport au témoin, mais les valeurs sont constantes et ne dépendent ni de la variation de la masse du chitosane ni de celle de l'alun dans le mélange. De plus, ces valeurs sont légèrement inférieures à la valeur initiale de l'eau brute (28°F). On peut conclure que l'ajout de l'alun au chitosane n'a pas permis d'améliorer la dureté de l'eau d'une manière significative.

Pour le 4<sup>ème</sup> traitement, les valeurs du TH augmentent avec les quantités croissantes de l'Alun en affichant une valeur maximale de 31°F pour 250 (5<sup>e</sup> essai) et 300mg (6<sup>e</sup> essai) d'Alun, les échantillons traités sont de plus en plus durs et les valeurs sont supérieures à celles de l'eau brute.

Pour le 5<sup>iem</sup> traitement, les valeurs de TH ont baissé d'une façon constante par rapport aux quantités relevées dans l'eau brute (25,6°F) du 2<sup>e</sup> prélèvement.

Pour le 6<sup>iem</sup> traitement, on remarque que Le TH fluctue légèrement entre une valeur minimale de 24 °F avec 50mg de coagulant et une valeur maximale de 26 est atteinte pour 200mg de coagulant.

Le TH est minimal (24°F), constant et indépendant de la vitesse d'agitation.

Néanmoins, toutes les valeurs sont très inférieures à la norme de l'OMS.

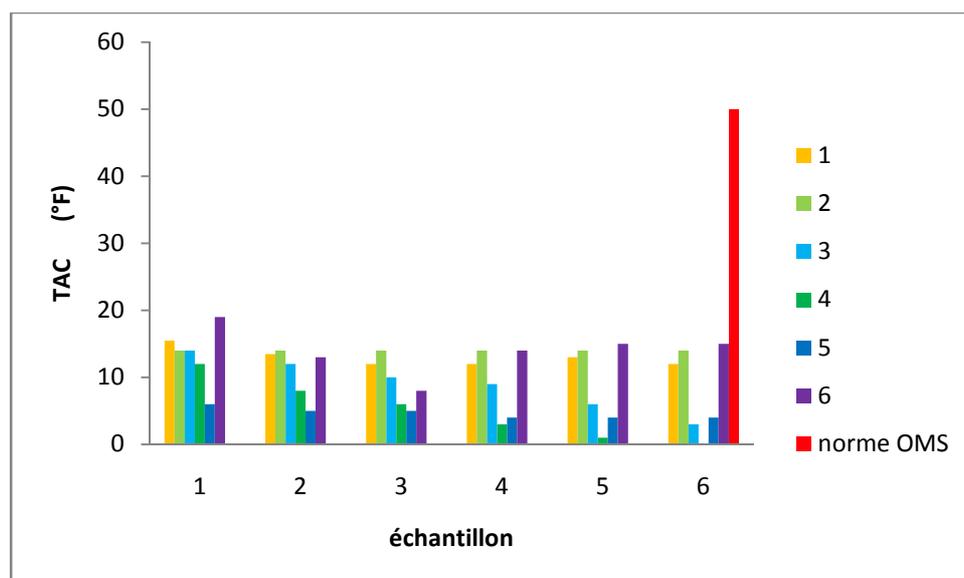
En conclusion, on peut dire que les meilleurs traitements pour abaisser relativement le TH sont pour le 1<sup>e</sup> prélèvement d'eau le 1<sup>e</sup> (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> essais, 4 et 6 ml de chaux) et le 2<sup>e</sup> traitement (2<sup>e</sup> essai, 100mg de Chit), et pour le 2<sup>e</sup> prélèvement d'eau ce sont le 5<sup>e</sup> (1<sup>e</sup> essai, 15mn) et le 6<sup>e</sup> traitement (1<sup>e</sup> essai (50mg coagulants ; 45trs/mn) et et 2<sup>e</sup> essai (100mg coagulants ; 30trs/mn)).

En résumé, il apparait que les conditions optimales pour l'abaissement du TH sont : 6ml de chaux ; 50mg de coagulants (Chit/Alun ; 60/40) ; temps =15mn ; v= 45trs/mn.

### III.2.4.Résultats de contrôle de TAC après traitement

**Tableau III.20** : les valeurs de TAC (F°) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	50°F
		<b>TAC (°F) 1</b>	<b>15,5</b>	<b>13,5</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	
	2	Chit.(mg)	0	100	150	200	250	300	
		<b>TAC (°F) 2</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		<b>TAC (°F)3</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		<b>TAC (°F)4</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		<b>TAC (F°)5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		<b>TAC (°F)6</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	



**Figure III.19 :** TAC (F°) de l'eau des deux prélèvement après les différents traitements par coagulation-floculation :

-Pour le 1<sup>er</sup> traitement, les valeurs du TAC ont diminué par rapport à la valeur initiale du TAC (15,4°F) de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement. La plus forte diminution des TAC a été obtenue pour les quantités optimales 3, 4 et 6ml de chaux.

-Par contre, les valeurs de TAC de l'eau brute après le 2<sup>ème</sup> traitement, sont constantes avec la variation de la masse du chitosane. On peut conclure que le chitosane ne fixe pas les carbonates et les hydrogencarbonates existant dans l'eau. Seule la chaux a permis de diminuer légèrement le TAC par rapport à la valeur initiale, par précipitation de ces derniers sous forme de carbonates et d'hydrogencarbonates de calcium.

-Le TAC, après le 3<sup>ème</sup> traitement de l'eau brute, a diminué et les valeurs sont inférieures à la valeur initiale de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement, ainsi qu'à celles des deux précédents traitements.

On conclut, que l'ajout de l'alun même avec une plus faible masse, permet de diminuer sensiblement la dureté à une valeur minimale de 3, qui correspond à une eau très douce pour l'échantillon traité avec 20mg de chitosane et 80 mg d'alun.

-Pour le 4<sup>ème</sup> traitement, le TAC de l'eau traitée diminue avec les quantités croissantes de l'Alun. Les valeurs sont inférieures à celle de l'eau brute. On conclut que l'alun seul agit efficacement en diminuant l'alcalinité par neutralisation des ions hydrogencarbonates. Le TAC s'annule pour la masse maximale d'alun relative à 300mg. Ces résultats sont en accord avec les précédents résultats du pH. De plus, l'abaissement très important du TAC pourrait entraîner la corrosion des canalisations, des installations et des réservoirs de stockage d'eau.

-Les valeurs de TAC de l'eau après traitement par variation du temps dans le 5<sup>e</sup> traitement, subissent une légère diminution par rapport à la valeur de TAC de l'eau du 2<sup>e</sup> prélèvement (22°F) avant traitement. La valeur optimale est observée à partir d'une heure de traitement.

-Pour le 6<sup>ème</sup> traitement, les valeurs diminuent avec l'accroissement de la masse totale en coagulants. Elle atteint la valeur minimale (8°F) à 300mg. Mais, les valeurs sont inférieures à celles de l'eau brute. Cependant, la valeur minimale atteinte est supérieure aux valeurs minimales des précédents traitements, sauf pour la 4<sup>e</sup> coagulation-floculation. Par contre, les valeurs de TAC après traitement par variation de la vitesse est plus ou moins stable, le minimum (14°) est obtenu à la vitesse minimale de 30trs/mn. Les valeurs sont inférieures à celle de l'eau brute avant traitement. Cependant, le TAC est supérieur aux valeurs minimales obtenues dans les précédents traitements, sauf pour le 2<sup>e</sup> traitement qui aboutit au même TAC (14°F).

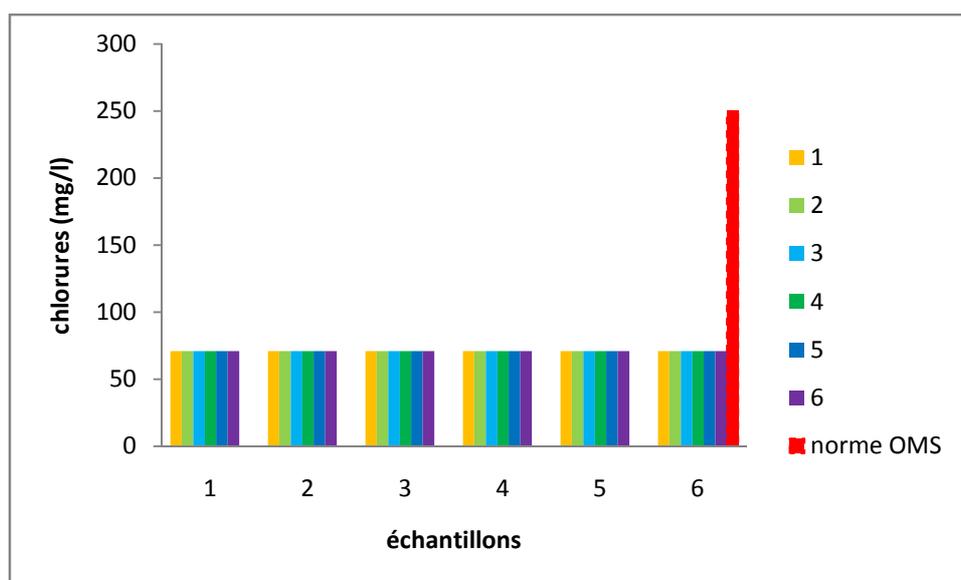
Il apparait clairement, que les conditions optimales pour obtenir un TAC=14°F (8°F<TAC<15°F) qui donne à l'eau un caractère plus équilibrée, ni entartrante, ni agressive, et qui ne serait pas très élevée par rapport à la valeur du TAC de l'eau brute avant le traitement, sont :

6ml de chaux ; 100mg de chitosane seul (2<sup>e</sup> traitement ; 2<sup>e</sup> essai) ou 100mg de coagulants (chit/alun ; 60/40) ; temps=15mn ; v=30trs/mn (6<sup>e</sup> traitement ; 4<sup>e</sup> essai).

## III.2.5. Résultats de contrôle de la concentration en chlorures après traitement

**Tableau III.21** : les valeurs des concentrations de  $\text{Cl}^-$  (mg/l) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	250°F
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (1)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	
	2	Chit.(mg)	0	100	150	200	250	300	
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (2)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (3)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (4)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (5)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	
	6	$M_{\text{tot}}$ Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		$\text{Cl}^-$ (mg/l) (6)	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	70,9	



**Figure III.20** : concentrations de  $\text{Cl}^-$  (mg/l) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

**-Discussion :**

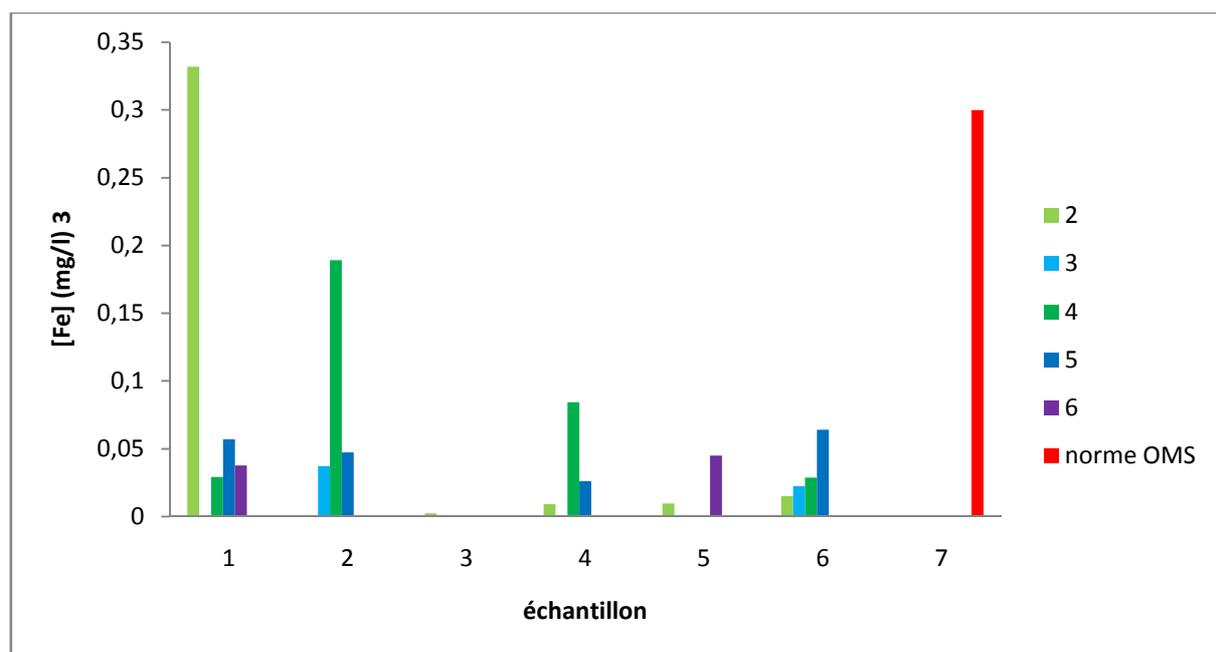
D'après les résultats du tableau III..... et l'allure de l'histogramme de la figure III....., on déduit que les chlorures ne sont pas vraiment influencés par les variations des paramètres, pour les 6 traitements, étant donné que les valeurs sont constantes pour tous les essais. Cependant, il semble que l'ajout d'un volume minimal de 2ml de chaux et d'une masse minimale de 50 mg de chitosane, ont permis d'atteindre les valeurs optimales qui ont réduit la concentration en Cl<sup>-</sup> à 70,9mg/L, et qui est inférieure à celles du 1<sup>e</sup> (113,4°F) et du 2<sup>e</sup> (141,8°) prélèvements d'eau de barrage avant traitement.

Par ailleurs, la concentration en chlorures après les traitements est nettement inférieure à la norme de l'OMS.

**III.2.6.Résultats de contrôle de la concentration en Fe après traitement**

**Tableau III.22 :** les valeurs des concentrations en Fe de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	0,3mg/L
		<b>Fe (mg/l) 1</b>	-	-	-	-	-	-	
	2	Chit.(mg)	0	100	150	200	250	300	
		<b>Fe (mg/l) 2</b>	<b>0,3319</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,0092</b>	<b>0,0097</b>	<b>0,0151</b>	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		<b>[Fe] (mg/l) 3</b>	<b>0</b>	<b>0,0373</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0223</b>	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		<b>Fe (mg/l) 4</b>	<b>0,0291</b>	<b>0,1891</b>	<b>0</b>	<b>0,0844</b>	<b>0</b>	<b>0,0288</b>	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		<b>Fe (mg/l) 5</b>	<b>0,057</b>	<b>0,0474</b>	<b>0</b>	<b>0,0262</b>	<b>0</b>	<b>0,064</b>	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		<b>Fe (mg/l)6</b>	<b>0,0378</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0451</b>	<b>0</b>	



**Figure III.21:** concentrations de Fe de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

#### -Discussion :

- On constate dans le 2<sup>e</sup> traitement, que les concentrations en fer diminuent nettement en fonction de l'ajout du chitosane par rapport à la valeur de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement (0,026mg/L). La concentration minimale (0,0005mg/L) en fer est obtenue pour 100mg de chitosane (2<sup>e</sup> essai), et les concentrations augmentent légèrement avec la masse de coagulant ( de 100 à 300 mg).

On conclut, que le chitosane a un fort pouvoir chélatant vis-à-vis des ions ferreux et ferriques.

-Pour le 3<sup>e</sup> traitement, le fer est totalement éliminé dans l'essai témoin, le 3<sup>e</sup> (60/40), le 4<sup>e</sup> (50/50) et le 5<sup>e</sup> essai (40/60) avec 100 mg de coagulants. Pour les autres essais, les concentrations en fer sont néanmoins inférieures à celle de l'eau brute avant traitement.

- Pour le 4<sup>e</sup> traitement, la concentration en fer après traitement fluctuent d'un essai à l'autre, celles des échantillons 3 (150mg) et 5 (250mg) sont nuls et inférieurs à la concentration en Fe dans l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement (0,026mg/L). Contrairement pour les autres échantillons 1 (témoin), 2, 4 et 6 où les concentrations sont supérieures à la valeur initiale. Ceci est dû à la présence d'impuretés ferrifères dans l'alun utilisé.

On déduit qu'il ne faut pas dépasser la masse de 150 mg d'alun, afin d'éviter la contamination de l'eau du barrage au cours du traitement.

-les concentrations en Fe de l'eau après le 5<sup>e</sup> traitement ont sensiblement diminué par rapport à celle de l'eau brute (0,096 mg/L) en fonction du temps. Les valeurs s'annulent pour les échantillons 3 (30mn) et 4 (75mn). Par contre, pour les autres échantillons (1, 2, 5 et 6) on remarque que les

concentrations sont relativement supérieures à celles des eaux traitées dans la 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> coagulation-floculation. Sauf, pour le cas de la 4<sup>e</sup> coagulation-floculation, où les valeurs obtenues sont plus élevées.

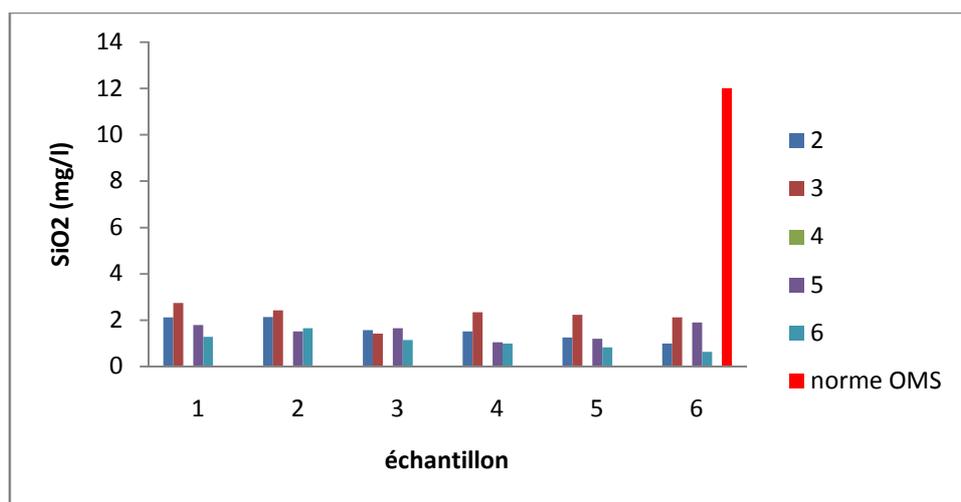
On déduit, qu'il faut un temps minimal de 30 mn seulement pour éliminer totalement le fer dans des conditions fixées : 6ml de chaux ; 100mg de coagulants (60/40) ; v=45trs/mn.

Néanmoins, toutes les valeurs sont inférieures à la norme de l'OMS, sauf pour le témoin du 2<sup>e</sup> traitement (6ml chaux ; sans coagulants).

### III.2.7. Résultats de contrôle de la concentration en silice après traitement

**Tableau III.23** : les valeurs des concentrations de SiO<sub>2</sub> de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> prélèvement	1	Chaux (ml)	0	2	4	6	8	10	12mg/L
		[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	-	-	-	-	-	-	
	2	Chit.(mg)	0	100	150	200	250	300	
		[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	2,1178	2,1349	1,5726	1,5151	1,2541	0,9931	
	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	
		[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	2,7487	2,432	1,4185	2,3464	2,2389	2,1166	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		SiO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		SiO <sub>2</sub> (mg/l)	1,7909	1,5163	1,6496	1,0481	1,1936	1,9063	
	6	M <sub>tot</sub> Chit/Alun (60/40) (mg)	50	200	300	100	100	100	
		Vitesse (trs/mn)	45	45	45	30	50	60	
		SiO <sub>2</sub> (mg/L)	1,2779	1,6496	1,1422	0,9931	0,8256	0,6324	



**Figure III.22 :** concentrations de  $\text{SiO}_2$  de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation.

#### ✓ Discussion :

- Dans le 2<sup>e</sup> traitement, les concentrations en silice des échantillons traités ont diminué en fonction de la masse ajoutée de coagulant. La valeur minimale (0,9931 mg/L) a été obtenue avec 300mg de chitosane. Ce qui montre que la coagulation-floculation de la silice par le chitosane est très efficace, ce qui permet d'éliminer une grande quantité de silice existante dans l'eau (2,2892 mg/L) du 1<sup>e</sup> prélèvement.

- Pour le 3<sup>e</sup> traitement, on peut déduire que les valeurs fluctuent légèrement avec la variation des masses dans le mélange Chit/Alun. La valeur minimale (1,4185mg/L) a été obtenue pour le 3<sup>e</sup> échantillon d'eau traitée avec 40 mg d'alun et 60 mg de chitosane, correspondant au mélange le plus efficace pour l'élimination de la silice. Celle-ci est inférieure à la concentration de silice dans l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement (2,2890 mg/L). Par contre, nous remarquons que les valeurs des autres échantillons 1 (témoin), 2 et 4 sont supérieures à celle de l'eau avant traitement. Ces excès de silice sont dus à l'existence d'impuretés dans le chitosane et la nature silicatée de l'alun de départ, qui se dissolvent dans l'eau au cours du traitement. Néanmoins, celles des échantillons 5 et 6 sont légèrement inférieures à la valeur initiale en silice.

- Quant au 4<sup>e</sup> traitement, la concentration en silice de l'eau après traitement s'annule pour toutes les concentrations d'alun, ce qui montre que l'Alun est très efficace pour l'élimination totale de la silice dans l'eau.

-Les concentrations en silice dans l'eau après le 5<sup>e</sup> traitement par variation du temps sont inférieures à celle de l'eau brute (4.5202 mg/L) du 2<sup>e</sup> prélèvement avant traitement. La valeur minimale (1.0481 mg/L) est observée pour une durée d'une heure.

- On remarque une augmentation de la silice à 200mg de coagulants pour le 2<sup>e</sup> essai du 6<sup>e</sup> traitement, qui atteint une valeur maximale de 1,6496mg/L, puis décroît à 1,1422mg/L pour 300mg de coagulants (3<sup>e</sup> essai), alors qu'elle diminue en fonction de la vitesse d'agitation et atteint une valeur minimale de 0,6324mg/L pour v=60trs/mn. Les valeurs sont relativement inférieures à celles obtenues au 5<sup>e</sup> traitement, elles sont plus ou moins équivalentes à celles du 2<sup>e</sup> et du 3<sup>e</sup> traitement, mais elles sont très supérieures à celles du 4<sup>e</sup> traitement où les concentrations en silice sont nulles. Néanmoins, les concentrations sont inférieures à celle de l'eau brute (4,5202 mg/L) avant traitement et à la norme de l'OMS.

On déduit, que la chaux seule (6ml) peut être très efficace pour l'élimination radicale de la silice dans l'eau du barrage.

### III.2.8.Résultats de contrôle de la concentration en $\text{PO}_4^{2-}$ après traitement

**Tableau III.24** : les valeurs des concentrations de  $\text{PO}_4^{2-}$  (mg/l) de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

prélèvements	traitements	Paramètres	Echantillons						Norme OMS
			1	2	3	4	5	6	
1 <sup>er</sup> Prélèvement	3	Chit/Alun (mg/mg)	0/0	80/60	60/40	50/50	40/60	20/80	0,5 mg/L
		$[\text{PO}_4^{2-}]$ (mg/l)	0	0	0,2667	0,6288	1,2623	0	
	4	Alun (mg)	0	100	150	200	250	300	
		$[\text{PO}_4^{2-}]$ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	
2 <sup>ème</sup> prélèvement	5	Temps (mn)	15	30	45	60	75	90	
		$[\text{PO}_4^{2-}]$ (mg/L)	0	0	0	0	0	0	

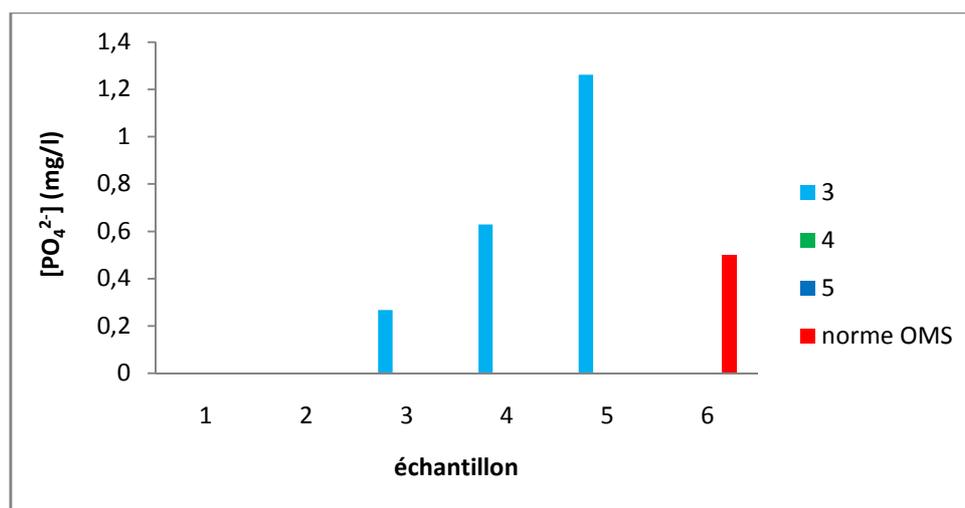


Figure III.23 : concentrations de  $\text{PO}_4^{3-}$  de l'eau des deux prélèvements après les différents traitements par coagulation-floculation :

#### -Discussion :

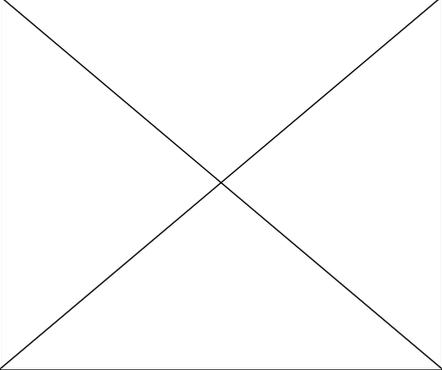
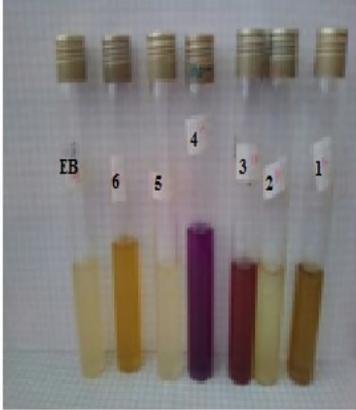
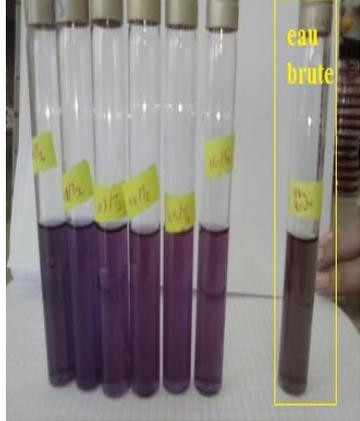
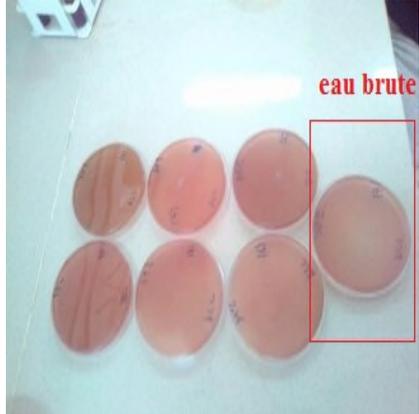
- ✓ Le 3<sup>e</sup> traitement, montre que les concentrations en phosphates de l'eau brute après traitement par l'ajout de l'Alun avec le chitosane, sont inférieures à la valeur initiale de l'eau brute du 1<sup>e</sup> prélèvement (9.8601 ), mais elles sont supérieures dans le cas des échantillons 4 (40/60) et 5 (50/50) à la norme de l'OMS. La valeur maximale (1.2623mg/L) a été réalisée pour le mélange avec 40mg de chitosane et 60 mg d'alun (4<sup>e</sup> essai). Ceci est attribué aux impuretés existant dans le chitosane utilisé qui ont été libérées pendant le traitement.

Il est recommandé de purifier le chitosane, en éliminant le maximum de phosphates pour le tester en tant que coagulant.

- ✓ Dans le 4<sup>e</sup> traitement, on observe l'élimination totale des phosphates et ceci ne dépend pas de la quantité d'alun ajoutée.
- ✓ Pour le 5<sup>e</sup> traitement, les résultats montrent que les valeurs sont indépendantes du temps, et les conditions physico-chimiques (6ml de chaux, 100mg de coagulants à 60/40, temps= 15mn ;  $v= 45\text{trs/mn}$ ) ont permis d'éliminer la totalité des ions phosphates pour un temps minimal de 15 mn seulement. On conclut que ce traitement est très efficace pour l'enlèvement des ions  $\text{PO}_4^{2-}$ .

### III.3 résultats des testes microbiologiques sur l'eau brute et l'eau traité de barrage :

**Tableau III.25:** les germes présents dans les deux prélèvements d'eau du barrage avant et après traitement par coagulation-floculation.

Test	N°	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement
Flore totale aérobies mésophiles (PCA à 30°C) Norme : selon le MSDA (manuel suisse des denrées alimentaires) <b>&gt;300 colonies /ml</b>		<b>13 (eau avant traitement)</b> 	
Coliformes totaux (BCPL)		<b>+ (avant et après 2<sup>e</sup> traitement)</b> 	<b>+/- (avant et après 2<sup>e</sup> traitement)</b> 
Coliformes totaux (DLC à 37°C)  <b>Norme OMS : ✓ 10 colonies /ml</b>		<b>6 (avant traitement)</b> 	<b>0 (après 2<sup>e</sup> traitement)</b> 
<i>E. Coli</i> (DLC à 44°C)  <b>Norme OMS : ✓ 0 colonies /ml</b>		<b>0 (avant traitement)</b> 	<b>0 (après 2<sup>e</sup> traitement)</b> 

Le principe général des techniques des analyses bactériologiques des eaux consiste à ensemercer une quantité connue d'eau à analyser sur un milieu de culture adapté, solide ou liquide. Durant l'incubation, chaque microorganisme présent se développe pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements d'apparence dans un milieu liquide. Dans notre cas, le changement d'apparence sur le milieu liquide (BCPL) est apparu sur les deux prélèvements de l'eau brute, en plus de l'apparition de quelques colonies sur le milieu solide (DLC) après incubation à 37°C, qui indique la présence de quelques germes de type coliformes totaux, et absence de *E. Coli* après incubation à 44°C sur le même milieu (DLC).

On conclut, que l'ajout d'une quantité suffisante de chitosane ( 200 mg) dans le 2<sup>e</sup> traitement par coagulation-floculation a permis d'éliminer totalement certains germes, tels que les coliformes totaux (coloration bleue intense).

Le test microbiologique relatif aux coliformes totaux montre que l'eau du 1<sup>e</sup> prélèvement (6 colonies) ne dépasse pas la norme qui est de 10 colonies. De plus, on remarque l'absence d'*E. Coli*. D'où, l'eau du barrage est relativement potable du point de vue microbiologique.

Après traitement par coagulation-floculation, la qualité microbiologique a été nettement améliorée par l'élimination totale des germes coliformes totaux.

**Tableau III.26:** Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimique et bactériologique des deux prélèvements des eaux (au niveau de la station de distribution des eaux de Tichy-Haf) avant et après le traitement.

N°	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	Norme	
Date et lieu et heure de prélèvement			OMS	algériennes
temps	Nuageux	Ensoleillée		
Odeur	Pas d'odeur	Pas d'odeur	inodore	inodore
couleur	incolore	incolore	incolore	incolore
T(°C)	22	23	25	25
pH	7.43	7.77	6.5-8.5	6.5-8.5
Conductivité (µS/cm)	1337	1139	2000	2800
Résidu sec (mg)	1049	1267		1500
LSI	-0.27	-0.31	0	0
TH (°F)	28	25.6	50	
TH <sub>Ca</sub> (°F)	13.44	13.20		
TH <sub>Mg</sub> (°F)	11.2	9.20		
TA(°F)	0	0	0	0

TAC(°F)	15.4	22	50				
IP	0.59	0.95	3 mg/l O2	3 mg/l O2			
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	113.4	141.8	250 mg/l				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	15.77	17.42					
SiO <sub>4</sub> (mg/l)	2.2890	4.5202	< 12 mg/l				
Fe <sup>++</sup> (mg/l)	0.026	0.096	< 0,3 mg/l	< 0,3 mg/l			
Flore totale aérobie mésophile	13	/					
Coliformes totaux	6	0	<b>10 colonies /ml</b>				
<i>E.Coli</i>	0	0	<b>0 colonies /ml</b>	0			
Traitement							
<b>1</b>	<b>1<sup>er</sup> prélèvement et premier traitement (variation de la chaux)</b>						Norme OMS
N°	1(témoin)	2	3	4	5	6	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	0	2	4	6	8	10	
Chit. (mg)	50	50	50	50	50	50	
Dosage de flocculant Amidon (g)	2	2	2	2	2	2	
Filtration							
pH	7.29	7.36	7.36	7.30	7.44	7.37	6.5-8.5
Conductivité (µS/cm)	1310	1337	1302	1318	1314	1307	2000
TH (F°)	29	28	26	26	27	27	50
TAC (°F)	15,5	13,5	12	12	13	12	50
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	250
IP	0	0	0	0	0	0	3
Coliformes totaux	0	0	0	0	123	0	<b>10c/ml</b>
<i>E.Coli</i>	0	0	0	0	23	0	<b>0 c/ml</b>
<b>2</b>	<b>Le prélèvement 2<sup>ème</sup> traitement (variation de chitosane)</b>						Norme OMS
N°	1(témoin)	2	3	4	5	6	
m de chitosane (mg)	0	100	150	200	250	300	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6	
Filtration							
pH	7.01	7.88	7.95	7.99	8	7.86	6.5-8.5
Conductivité (µS/cm)	1234	1260	1280	1292	1277	1266	2000
TH	29	26	26	26	27	27	50
TAC (°F)	14	14	14	14	14	14	250
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	250

IP	0	0	0	0	0	0	3
Fe (mg/l)	0.3319	0.0005	0.0024	0.0092	0.0097	0.0151	0.3
[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	2.1178	2.1349	1.5726	1.5151	1.2541	0.9931	12
[PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0	0.5
Flore totale aérobies mésophiles	5	0	0	0	2	0	/
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0	10c/ml
<i>E.Coli</i>	0	0	0	0	0	0	0 c/ml
3	1 <sup>e</sup> prélèvement 3 <sup>ème</sup> traitement (Variation du chitosane et de l'Alun)						Norme OMS
N°	1	2	3	4	5	6	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6	
Chitosane(mg)	0	80	60	50	40	20	
Alun (mg)	0	20	40	50	60	80	
Masse globale du mélange Chitosane- Alun (mg)	0	100					
Filtration							
pH	7.05	6.96	7.14	7.20	7.24	7.31	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	1266	1307	1341	1327	1338	1378	2000
TH (°F)	26	27	27	27	27	27	50
TAC (°F)	14	12	10	9	6	3	50
[Fe] (mg/l)	0	0.0373	0	0	0	0.0223	0.3
[PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] (mg/l)	0	0	0.2667	0.6288	1.2623	0	0.5
[SiO <sub>2</sub> ] (mg/l)	2.7487	2.4320	1.4185	2.3464	2.2389	2.1166	12
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0	10c/ml
<i>E.Coli</i>	0	0	0	0	0	0	0 c/ml
4	1 <sup>er</sup> prélèvement 4 <sup>ème</sup> traitement (variation de l'Alun)						Norme OMS
N°	1(témoin)	2	3	4	5	6	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6	
m de l'Alun en (mg)	0	100	150	200	250	300	
Filtration							
pH	7.01	5.50	4.62	4.33	4.06	3.78	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	1217	1387	1456	1607	1687	1753	2000
TH (°F)	26	29	30	30	31	31	50
TAC(°F)	12	8	6	3	1	0	50
Fe (mg/l)	0.0291	0.1891	0	0.0844	0	0.0288	0.3

Si (mg/l)	0	0	0	0	0	0	12
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0.5
5	Deuxième prélèvement 5 <sup>ème</sup> traitement (variation du temps)						Norme OMS
N°	1(témoin)	2	3	4	5	6	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6	
m d Alun en (mg)	100	100	100	100	100	100	
m de chit. en (mg)	150	150	150	150	150	150	
t (mn)	15	30	45	60	75	90	
Filtration							
Ph	6.66	6.77	6.78	6.92	7.12	7.16	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	1230	1238	1223	1204	1208	1205	2000
TH (°F)	24	24	24	24	24	24	50
TAC (F°)	6	5	5	4	4	4	50
Cl (mg/l)	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	250
Fe (mg/l)	0.0570	0.0474	0	0.0262	0	0.0640	0.3
Si (mg/l)	1.7909	1.5163	1.6496	1.0481	1.1936	1.9063	12
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0.5
6	Deuxième prélèvement 6 <sup>ème</sup> traitement (variation de l'agitation et de la masse totale)						Norme OMS
m <sub>t</sub> (mg)	50	200	300	100			
V (tr/min)	45			30	60	120	
M (mg) Chitosane	30	120	180	60	60	60	
M (mg) d'Alun	20	80	120	40	40	40	
V (ml) de Ca(OH) <sub>2</sub>	6	6	6	6	6	6	
Filtration							
pH	6.77	6.87	7.34	7.27	7.54	7.56	6.5-8.5
Conductivité (µs/cm)	1095	1194	1216	1131	1105	1136	2000
TH (°F)	24	26	25	24	24	24	50
TAC (°F)	19	13	8	14	15	15	50

Cl (mg/)	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	250
Fe (mg/)	0.0378	0	0	0	0.0451	0	0.3
Si(mg/)	1.2779	1.6496	1.1422	0.9931	0.8256	0.6324	12
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/)	0	0	0	0	0	0	0.5

#### III.4. Conclusion :

D'après les résultats obtenue dans les 6 différents traitements de l'eau brute de barrage, nous constatant que le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> traitement on bien influencés sur la diminution des paramètres étudiés, le 4<sup>ème</sup> traitement ou on a fait varie la quantité de l'alun seul avec 6 ml de chaux n'est pas fiable, le pH est inférieur a la norme OMS, donc il doit subir un procédé de correction de Ph.

Pour le 5<sup>ème</sup> traitement nous avons trouvé 1h comme un meilleur temps de traitement par coagulation-floculation

Et d'après les résultats de 6<sup>ème</sup> traitements, la meilleur valeur trouvé pour fixé la masse totale (chitosane +Alun) est de 200 mg/200ml d'eau brute et nous avons aussi remarqué que la coagulation-floculation s'améliore avec l'augmentation de la vitesse d'agitation dans notre cas.

L'eau est un facteur essentiel pour la vie, c'est un composé fondamental pour tous les organismes vivants.

Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains, elle se charge alors en éléments chimiques, par échange à la surface eau-atmosphère, ces eaux se chargent aussi en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique).

Nous rappelons aussi que l'eau est un milieu favorable pour la prolifération d'un certain nombre de bactéries qui proviennent de différentes origines.

Dans ce travail, il nous est apparu important de commencer par une analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute avant traitement, pour mieux montrer l'efficacité de procédé de traitements effectué par Coagulation-Floculation.

Nos résultats ont révélé que l'eau des deux prélèvements avant traitement est impropre à la consommation.

En effet les paramètres physicochimiques quantifiés (pH, Température, conductivité, couleur, alcalinité, dureté, MES, chlorures...) sont légèrement ou largement supérieur aux normes OMS.

Il ressort de nos résultats que l'état bactériologique de l'eau brute des deux prélèvements sont convenables, comparées aux normes de l'OMS.

Après traitement par Coagulation-Floculation, les paramètres physico-chimiques quantifiés pour les deux prélèvements répondent très nettement aux normes de l'OMS. Il est important aussi de signaler d'après les résultats, l'état bactériologique amélioré après traitement.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que le traitement par procédés de Coagulation-floculation de l'eau brute est efficace, notamment pour l'élimination des MES, du fer, phosphate, silice et la réduction de la dureté au seuil minimal. Ce qui prédestine cette eau à la consommation.

**Référence bibliographique :**

1. [1]. Emeric Beneteaud., Pascal Pujades Sous la direction de : Dominique Petrella, l'eau., 2009-2010, 13p
2. [2] : Raymond Desjardins., le traitement des eaux, 2007, 293 p
3. [3] : ADOUR-GARONNE., le suivi des lacs du bassin, agence de l'eau, établissement public du ministre du développement durable France.
4. [4] : Alexandre Brun et Frédéric Lasserre., Politique de l'eau, Presses de l'Université du Québec, 2006
5. [5] : AntonJ. Schleiss et Henri Pougatsch., les barrage, de l'ecole polytechnique fédérale de Lausanne,2011
6. [6] : PIERRO KOCH, Alimentation en des agglomérations.
7. [7] : Sylvy Jaglin., L'eau potable dans les villes en développement,2001
8. [8] : Monique Henry : Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent 1991
9. [9] : AFNOR : Qualité physique et chimique de l'eau. 1999, Tome 4]
10. [10] : R. KHIMOUD et H. KHENNANE, Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau brute et de l'eau traitée de Barrage « TAKSEBET » Tizi-Ouzou, mémoire de fin études en écologie Végétale et environnement, Université Mouloud Mammeri, Tizi – Ouzou, 2011.
11. [11] : Jean Juc Celleric: La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris 2002
12. [12] : Ramade F., 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed inscience internationale, Paris, 786p
13. [13] : Bremond R, Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris].
14. [14] : Rodier J., 2009. Analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer.9<sup>ème</sup> édition. Ed. Dunod bordas, Paris. 1526 p.]
15. [15] : Afri-Mehennaoui- F-Z., 1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de magistère en cologie. Université Mentouri, Constantine. 238 p.
16. [16] : SAINT-LAURENT VISION 2000, VOLET SANTÉ. Reflets du Saint- Laurent - La parole aux riverains, Ministère des Approvisionnements et Services Canada, numéro de catalogue H21-132/1996F, 1996.
17. [17] : MEMOIRE DE MAGISTER /Spécialité: Eau et Environnement/ETUDE ET TRAITEMENT DE L'EAU DU BARRAGE DJORF-ELTORBA DE LA WILAYA DE

BECHAR PAR FILTRATION SUR SABLES Par Meme KOUIDRI NEE BELALA ZOHRA

18. [18] : De Villers J, Squilbin M, yourassowsky C., 2005. Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
19. [19] : Volume 2: L'état du Saint-Laurent. Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement - et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll
20. [20] : «BILAN Saint-Laurent». COMITÉ DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC.
21. [21] : LEYRAL. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F, Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 2002, 245p.]
22. [22] : BERNE. F, Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 1972, 207 p.
23. [23] : GREGORIO. C, PIERRE-MARIE. B, Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 2007, 356 p.
24. [24] : S. ACHOUR, N. GUESBAYA. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et desurface. LARHYSS, Université de Biskra, B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie, *Juin 2005*].
25. [25] : CIDF Centre International De Formation. Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux, 2000
26. [26] : L. Andriamirado , D. Asensi ,T. Bullard , A.Cousin , DEGREMONT Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS – Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition, 2005.
27. [27] : W.J. Masschelein, Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Editeur : Cebedoc novembre 5, 1999
28. [28] : C. Cardot. Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A., 1999.)
29. [29] : F. Valiron , Gestion des eaux : alimentation en eau – assainissement, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1989
30. [30] : C. LAFLEUR et J. FORTIER, Evaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles, Québec, 2008.
31. [31] : Ruhsing Pan, J., C. Huang, S. Chen et Y.C. Chung (1999). Evaluation of a modified chitosan biopolymer for coagulation of colloidal particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Asp.* 147 (3): .359-364.

32. [32] : Chavasit, V. et Torres, J.A. (1990). Chitosan-polyacrylic acid: mechanism of complex formation and potential industrial applications. *Biotechnol. Prog.*, 6: 2-6.
33. [33] Ravi Kumar, M.N.V. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *React. Funct. Pol.* 46 (1): 1-27.
34. [34] : Huang, C., S. Chen et Ruhsing Pan J. (2000). Optimal condition for modification of chitosan: a biopolymer for coagulation of colloidal particles, *Wat. Res.* 34 (3): 1057-1062.
35. [35] : Jourdin, Philippe (2001) Les crustacés contre les eaux usées. La Science au Québec.
36. [36] : Marinard Biotech (2001). Utilisation du chitosane pour une réduction du phosphate à l'effluent d'entreprises aquacoles.
37. [37] : Bullock, G., V. Blazer, S. Tsukuda and S. Summerfelt (2000). Toxicity of acidified chitosan for cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 185 (3-4): 273-280.
38. [37] : JEAN RODIER, BERNARD LEGUBE, NICOLE MERLET, *Analyse de l'eau*, 9eme édition, Editeur Durand, 2009.
39. [38] : Gerard G., *L'eau, Milieu naturel et maitrise*, Edition INRA : Volume 1, 1999.

## Annexe 01 : Matériels utilisé

### ✚ Les appareils :

- ❖ Une plaque chauffante avec agitateur magnétique
- ❖ Une balance
- ❖ Turbidimètre
- ❖ pH mètre
- ❖ Spectrophotomètre

### ✚ La verrerie :

- ❖ Pipettes 1, 2, 5 et de 10ml
- ❖ Erlenmeyer de 100ml
- ❖ Burettes graduées
- ❖ Poire
- ❖ Béchers
- ❖ Pissettes
- ❖ Entonnoirs
- ❖ Fioles de 50, 100 et 250ml
- ❖ Eprouvettes
- ❖ Barreaux magnétiques
- ❖ Spatules
- ❖ Verres de montre
- ❖ Tubes à essais
- ❖ Porte tubes
- ❖ Mortier et un pilon
- ❖ Papier filtre
- ❖ Papier absorbant

## Annexe 02 : préparation des solutions

### 1. Préparation d'un V= 500 ml d'une solution de NaOH à 0.02N pureté = 98%

- NaOH 0.8g
  - Fiole 1000ml
- Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

### 2. Préparation d'un V=50 ml d'une solution de Phénophtaléine à 0.5 %

- Phénolphtaléine 0.25g
  - Ethanol 25ml
  - Fiole 50ml
- Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

### 3. Préparation d'un V=100 ml d'une solution de méthyle orange à 0.5 %

- Méthyle orange 0.25g
  - Fiole 50ml
- Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

### 4. Préparation d'un V=250ml d'une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0.02 N

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 142.5μl
- Eau distillée 249.9ml
- Fiole 250ml

### 5. Préparation de noir erriochrome (N.E.T) :

- Noir d'erriochrome T(N.E.T) 0.25g
  - Chlorure de sodium NaCl 25g
- Broyer dans un mortier, Conserver à l'abri de lumière

### 6. Préparation d'un V=250ml d'une solution tampon ammoniacal à PH =10 :

- NH<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub> 16.875g
  - NH<sub>4</sub>OH 142.5ml
  - Fiole 250ml
- Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

### 7. Préparation de solution EDTA-Na<sub>2</sub> 0.02N

- EDTA (poudre séchée pendant 1 heure à 180C°) 3.7298g
  - Fiole 1L
- Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**8. Préparation du Murexide :**

- Murexide 0.25g
- NaCl 25g

Broyer dans un mortier Conserver à l'abri de la lumière

**9. Préparation d'un V=100ml d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH 1N**

- NaOH 2.02g
- Fiole 50ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**10. Préparation d'un V=50 ml d'une solution de Chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> :**

- Chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 5g
- Fiole 50ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

Conserver à l'abri de la lumière

**11. Préparation d'un V=250 ml d'une solution de Nitrate d'argent 0.2N**

- Nitrate d'argent (Ag NO<sub>3</sub> séché) 11.978g
- Fiole 250ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

Conserver à l'abri de la lumière

**12. Préparation d'un V=100ml d'une solution d'acide chlorhydrique à 50% :**

- Acide chlorhydrique pure (HCl) 50ml
- Fiole 100ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**13. Préparation d'un V=100ml d'une solution de Molybdate d'ammonium :**

- Molybdate d'ammonium 10g
- Fiole 100ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**14. Préparation d'un V=100ml d'une solution d'acide oxalique :**

- Acide oxalique 7.5g
- Fiole 100ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**15. Préparation d'un V=500ml d'une solution de la chaux Ca(OH)<sub>2</sub> :**

- Ca(OH)<sub>2</sub> 0.063g
- Fiole 500ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**18. Préparation d'un V=250ml d'une solution de KMnO<sub>4</sub> 0.1N :**

- KMnO<sub>4</sub> 0.8g
- Oxalate de sodium 1.675g
- Fiole 250ml

Complété au trait de jauge avec l'eau distillée

**23. solution d'hydroxyde de sodium**

- hydroxyde de sodium 20g
- sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 5g
- eau déionisée q.s.p. 100ml

**24. solution d'azoture de sodium**

- fiole de 50ml
- azoture de sodium 25mg
- eau distillée q.s.p. 50ml

**25. solution mère étalon d'azote nitrite à 100mg /L :**

- nitrate de sodium anhydre 34.6mg
- eau distillée q.s.p. 250ml

**26. Solution fille étalon d'azote nitrite à 10mg/L**

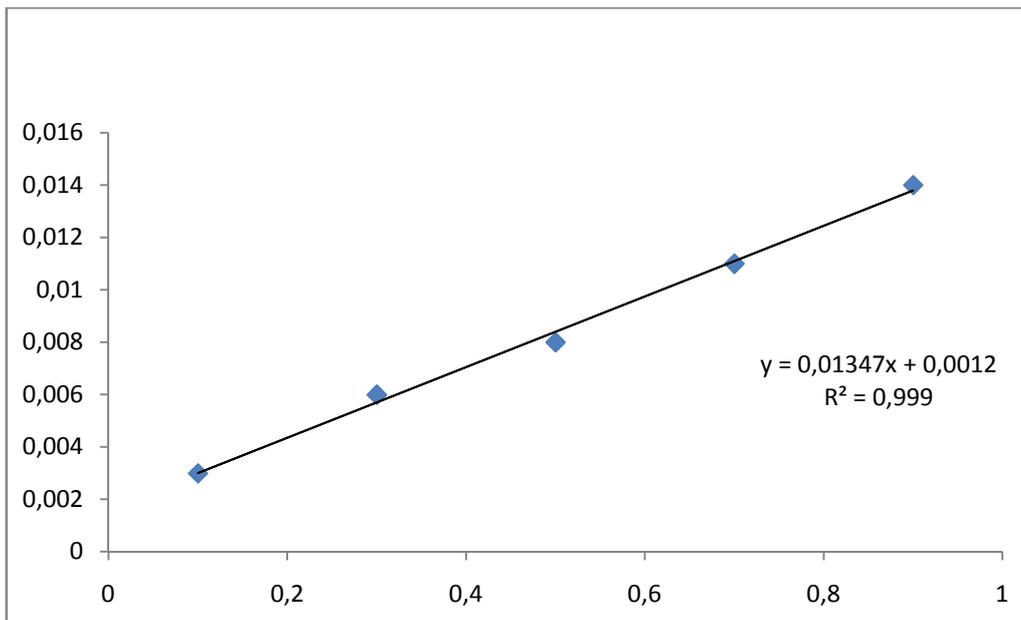
- solution mère étalon d'azote nitrite à 100mg/L 10ml
- eau distillée 90ml
- fiole 100ml

### Annexe N° 03 : courbe d'étalonnage.

**Tableau N°1 : Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage de fer par SAA :**

<b>Fe (mg/l)</b>	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
<b>Abs</b>	0,003	0,006	0,008	0,011	0,014

$$Y = 0,01347 X + 0,0012 \quad R^2 = 0,999$$



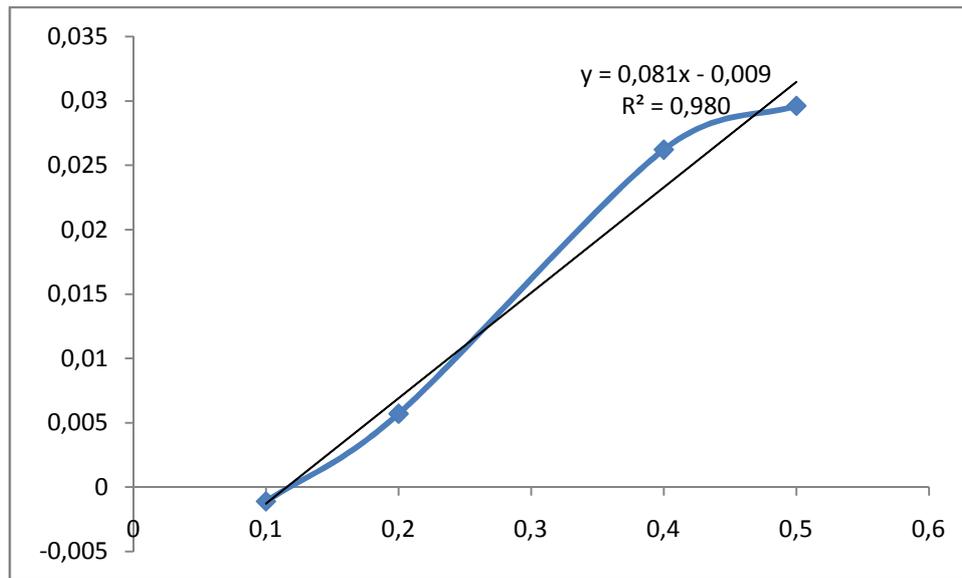
**Figure. II.1. : Courbe d'étalonnage du fer par SAA.**

**Tableau N°07 : Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage de la silice**

<b>[SiO<sub>2</sub>] mg/l</b>	0,1	0,2	0,4	0,5
<b>Abs</b>	0	0,0057	0,0262	0,0296

**Tableau N°8 : dilution effectuée pour l'eau brute de 1<sup>er</sup> pr (facteur de dilution de 5 fois)**

	<b>Eau brute 1<sup>er</sup> pr</b>	<b>Eau brute 1er pr après dilution 5 fois</b>
<b>[SiO<sub>2</sub>] mg/l</b>	<b>2.2890</b>	<b>0.9063</b>
<b>Abs</b>	<b>0.1778</b>	<b>0.0647</b>



**Figure. II.7 :** courbe d'étalonnage de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) à 410nm.

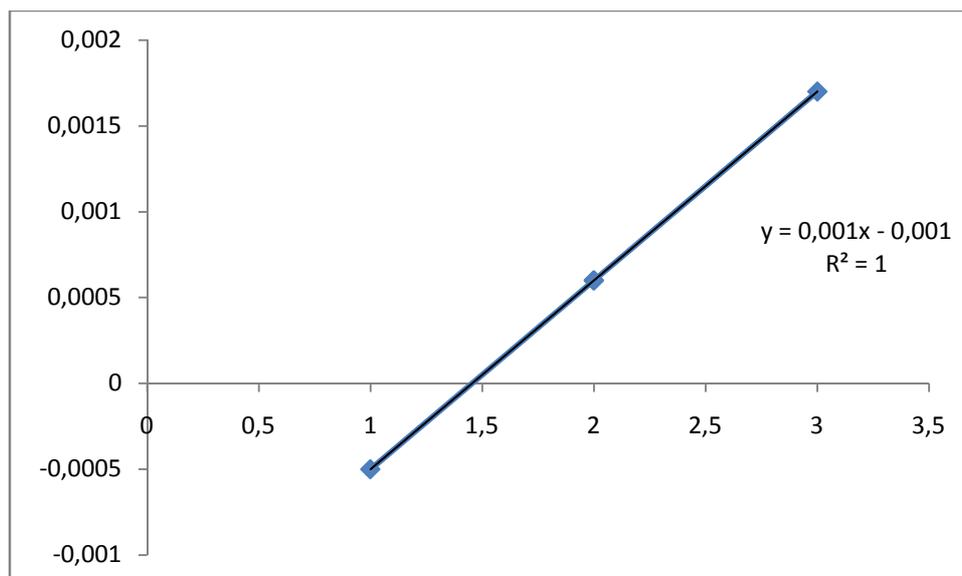
**Tableau N° :** Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage de phosphate

**Tableau N°9 :** Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage de phosphate

$[\text{PO}_4^{2-}]$ mg/l	1	2	3
Abs	-0,0005	0,0006	0,0017

**Tableau N°10 :** dilution effectuée pour l'eau brute de 1<sup>er</sup> pr (facteur de dilution de 20 fois)

	Eau brute 1 <sup>er</sup> pr	Eau brute 1er pr après dilution 20 fois
$[\text{PO}_4]$ mg/l	9.8601	2.2578
Abs	0.0093	0.0009



**Figure II.8 :** courbe d'étalonnage de phosphate ( $\text{PO}_4^{2-}$ ) à 690 nm.