

**N° d'ordre :**

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES



Domaine  
Science de la matière

## **MEMOIRE DE MASTER**

Option

**Chimie de l'environnement**

*Thème*

**Etude de la fiabilité de la méthode LCK 301, utilisée à la  
SEAAL de Tizi-Ouzou (TAKSEBT).**

*Présenté par :*

**M<sup>elle</sup> SI TAYEB Souhila**

**et**

**M<sup>elle</sup> MECHAI Kahina**

*Soutenu publiquement, le 04 /10 /2016 devant le Jury composé de*

Mlle A. CHEIKH	Maitre de conférences B	UMMTO	Présidente
Mlle O. ALI	Maitre de conférences B	UMMTO	Examinatrice
Mme A. CHIKHI	Responsable du laboratoire	SEAAL	Invitée
Mr S. KADOUCHE	Maitre de conférences B	UMMTO	Promoteur
Mr A. SAAL	Maitre de conférences B	UMMTO	Co-Promoteur

**2015/2016**

# *Dédicaces*

*De Melle Souhila SI TAYEB*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon frère Sofiane,  
qui aurait été certainement le plus heureux en ce moment  
exceptionnel de ma vie,  
A la mémoire de mes grands-pères,  
A mes chères grands-mères,  
A Mes très chers parents pour leurs encouragements, leur aide et  
que Dieu les protège,  
A mon cher frère BELKACEM et à ma chère sœur NAWAL.  
A ma chère sœur KAHINA et son mari SI BRAHIM  
ainsi qu'à leur fils ISLAM.  
A ma chère sœur RAZIKA et son mari MOHAMED.  
A ma chère binôme DOUNIA ainsi qu'à toute sa famille.  
A mes adorables ami(e)s.*

*A tous ceux qui me sont chers*



*SOUHILA*

*De Melle Kahina MECHAI*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents pour leur grand amour,  
leur soutien et leur encouragements,  
que DIEU les protège*

*A ma chère sœur SADIA qui a toujours été à mes côtés,  
A ma chère sœur GHANIA, son mari MOUSSA et  
leur enfants YACINE, SOFIANE et SELMA,  
A mon cher frère YAZID, sa femme FAZIA et leur fils AYMANE,  
A ma chère sœur ZHIRA, son mari FARID et  
leur filles MAYA, MAROUA et MAYLINE,  
A mon cher frère HOCINE, sa femme RABEA et leur fils AXEL,  
A ma chère sœur AROUDJA, son mari ALI et leur enfants  
AYLANE et KENZA,  
A ma chère sœur KARIMA, son mari SLIMANE et leur  
enfants AMINE, AYOUB et SAMI,  
A mon cher frère MOUNIR et sa fiancée NASSIMA,  
A ma chère binôme SOUHILA et  
A toute sa famille,*

*A mes chères amies,*

*A tous ceux qui me sont chers.*



*KAHINA*

## *Remerciements*

*Nous remercions notre DIEU qu'il nous a aidé à faire ce modeste travail.*

*C'est pour nous un grand honneur et un réel plaisir de formuler des remerciements aux personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont apporté leur soutien et contribué à finaliser ce mémoire.*

*Ce travail a été réalisé au niveau de Laboratoire de la station de potabilisation la SEAAL TIZI-OUZOU.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promoteur Mr **Slimane KADOUCHE** et notre Co-promoteur Mr **Amar SAAL** pour l'aide qu'ils nous ont apporté, pour leur patience, leur confiance et leurs encouragements. Nous les remercions vivement.*

*Nous adressons un remerciement tout particulier à Madame **Akila CHIKHI**, responsable du laboratoire de la station de Taksebt pour sa disponibilité, sa générosité et l'intérêt constant qu'elle a apporté à ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'avoir accepté de juger ce travail :*

*Mlle **Assira CHEIKH** Maitre de conférences à UMMTO pour l'intérêt qu'elle a accordé à ce travail en acceptant de le juger et de présider ce jury.*

*Mlle **Oum-Essaâd ALI** Maitre de conférences à UMMTO d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'examiner ce travail.*

*Nous adressons nos remerciements aussi au directeur générale d'exploitation Mr **ABDOUSSE**, des membres du laboratoire Mr **HADDADI**, M<sup>eme</sup> **KHALI** et M<sup>elle</sup> **AKLIOATE** et l'ensemble du personnel de la station de SEAAL, Tizi-Ouzou.*

*Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des techniciens du Laboratoire de master chimie de l'environnement du département de chimie, UMMTO, pour leur générosité et leur aide.*

*Enfin, nos derniers remerciements et non les moindres vont à nos familles pour leur soutien moral et leur aide, ainsi que tous nos amis qui nous ont soutenu et aidé tout au long de cette étude et toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail de près ou de loin.*

## ***Liste des abréviations***

<b>AEP</b>	Assainissement des eaux potables.
<b>CAS</b>	Chromazurol S.
<b>ICP- OES</b>	Spectroscopie d'émission optique par plasma à couplage induit.
<b>MES</b>	Matière en suspension.
<b>MO</b>	Matière organique.
<b>NTU</b>	Néphélobimétrie Turbidity Unite.
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé.
<b>UV-Visible</b>	Spectrophotomètre ultra-violet visible.
<b>SEAAL</b>	Société des Eaux et l'Assainissement d'Alger (station de traitement des eaux potables).

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1</b> : Valeurs contractuelles relatives aux caractéristiques de l'eau brute.	<b>08</b>
<b>Tableau I.2</b> : Analyses et contrôle de qualité quotidienne.	<b>09</b>
<b>Tableau II.1</b> : Temps de décantation des particules.	<b>11</b>
<b>Tableau V.1</b> : Variation de la concentration de l'aluminium en fonction du pH dans les solutions S0.25 et S0.30 préparées à partir de la solution standard d'aluminium. Les concentrations sont obtenues avec la méthode LCK 301.	<b>34</b>
<b>Tableau V.2</b> : Concentration en $Al^{3+}$ affichée par le DR 6000 des solutions de l'eau distillée acidifiées. Sont également reportées les concentrations des solutions S0.25 et S0.30 corrigées par celles de l'eau distillée acidifiée.	<b>36</b>
<b>Tableau V.3</b> : Paramètres physico-chimiques de l'eau traitée des différents échantillons.	<b>39</b>
<b>Tableau V.4</b> : Concentration en aluminium détectée avec la méthode LCK 301 des échantillons A, B, C et D à différents pH.	<b>40</b>
<b>Tableau V.5</b> : Concentrations de l'aluminium des différents échantillons obtenues avec la méthode HACH.	<b>40</b>
<b>Tableau V.6</b> : Concentrations de l'aluminium des différents échantillons obtenues avec la méthode EC.	<b>40</b>
<b>Tableau V.7</b> : Concentration en aluminium détectée avec la méthode ICP-EOS des échantillons A, B, C et D à différents pH.	<b>41</b>
<b>Tableau V.8</b> : Comparaison des $[Al^{3+}]$ entre LCK et la moyenne (HACH+ E.C)/2.	<b>47</b>
<b>Tableau V.9</b> : Concentration de l'aluminium dans les solutions S(0;0), S(0.5;0.5), S(0.25;0.25) et S(0.1;0.1) obtenues avec la méthode LCK 301 à différentes valeurs de pH.	<b>48</b>

## *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b> : Localisation du barrage de TAKSEBT	05
<b>Figure I.2</b> : Ouvrage d'entrée	06
<b>Figure I.3</b> : Les décanteurs	07
<b>Figure II.1</b> : Particule colloïdale et potentiel électrostatique	12
<b>Figure III.1</b> : Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre.	17
<b>Figure III.2</b> : Diagramme de prédominance des espèces d'aluminium et effet du pH.	18
<b>Figure III.3</b> : Espèces ioniques et moléculaire de l'aluminium dans l'eau.	18
<b>Figure IV.1</b> : Molécule de CAS	26
<b>Figure IV.2</b> : Echantillon acidifié sur un pH-mètre	26
<b>Figure IV.3</b> : Echantillons à différents pH	27
<b>Figure IV.4</b> : Les tubes a LCK301, la solution A et le réactif B	27
<b>Figure IV.5</b> : Echantillon à différents pH dans les tubes à LCK 301.	27
<b>Figure IV.6</b> : Molécule de l'eriochrome cyanine	28
<b>Figure IV.7</b> : Résultats de l'eriochrome cyanine pour les différents échantillons.	28
<b>Figure IV.8</b> : Molécule de l'Aluminon.	29
<b>Figure IV.9</b> : Pochette HACH de réactif d'acide ascorbique	29
<b>Figure IV.10</b> : Pochette HACH de réactif Aluver 3	30
<b>Figure IV.11</b> : Pochette HACH de réactif Bleaching3.	30
<b>Figure IV.12</b> : Kits LCK 301avec et sans ajout de $\text{Cu}^{2+}$ / $\text{Zn}^{2+}$	32
<b>Figure V.1</b> : Variation de la concentration obtenue avec le DR 6000 en fonction du pH de la solution S0.25 d' $\text{Al}^{3+}$ .	35
<b>Figure V.2</b> : Variation de la concentration obtenue avec le DR 6000 en fonction du pH de la solution S0.30 d' $\text{Al}^{3+}$ .	35
<b>Figure V.3</b> : Concentration de l'aluminium en fonction du pH dans l'eau distillée.	37
<b>Figure V.4</b> : Variation de la concentration de $\text{Al}^{3+}$ en fonction du pH de la solution S0.25 sans et avec concentration de l'eau distillée.	38
<b>Figure V.5</b> : Variation de la concentration de $\text{Al}^{3+}$ en fonction du pH de la solution S0.30 sans et avec concentration de l'eau distillée.	38
<b>Figure V.6</b> : Variation des concentrations en aluminium des échantillons analysés obtenues avec les différentes méthodes.	46
<b>Figure V.7</b> : Concentrations de l'aluminium en fonction du pH, avec et sans ajout des solutions de $\text{Zn}^{2+}$ / $\text{Cu}^{2+}$ .	48

# Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

<b>Introduction Générale</b> .....	<b>1</b>
------------------------------------	----------

<b>Chap1. Description du barrage de Taksebt et de la stations SEAAL</b> .....	<b>3</b>
---	----------

I.1. Généralité sur l'eau de surface.....	3
I.2. Description du barrage de Taksebt .....	4
I.3. Présentation de la station de potabilisation.....	4
I.3.1. Capacité de la station.....	5
I.3.2. Chaîne de traitement.....	5
I.3.2.1. Ouvrage d'entrée .....	6
I.3.2.2. Décanteurs .....	6
I.3.2.3. La filtration.....	7
I.3.2.4. Désinfection et stockage de l'eau traitée .....	7
I.3.2.5. Réservoir d'eau traitée et Chambre de sortie.....	8
I.3.3. Qualité de l'eau à l'entrée de la station .....	8
I.3.4. Qualité de l'eau à la sortie de la station.....	9

<b>Chap II. Utilisation des sulfates d'alumine dans la coagulation fluculation</b> <u>11</u>	
--	--

II.1. Particules en suspension .....	11
I.3.1. définition .....	11
I.3.2. Taille des particules en suspension.....	11
I.3.3. Charges électriques et double couche.....	11
II.2. La coagulation.....	12
II.3. La floculation .....	12
II.4. Paramètres liés à la coagulation-floculation .....	12
II.4.1. Influence du pH .....	13
II.4.2. Influence du réactif.....	13
II.4.3. Influence de la nature de particules .....	13
II.4.4. Influence de la température .....	13
II.4.5. Influence de la turbidité.....	13
II.5. Types de coagulants/floculants utilisés .....	14
II.5.1. Les coagulants .....	14
II.5.1.1. Les sels d'aluminium.....	14
II.5.1.2. Les sels de fer.....	14
II.5.2. Les floculants .....	14
II.5.2.1. Les floculants minéraux .....	14
II.5.2.2. Les floculants de type polymères (poly électrolytes) synthétiques .....	15
II.5.2.3. Les floculants naturels.....	15
II.6. Réactions d'hydrolyse de l'aluminium et mécanismes de déstabilisation.	15

<b>Chap III. Généralité sur l'aluminium</b> .....	<b>16</b>
III.1. Origine .....	16
III.2. Propriétés physico-chimiques .....	17
III.2.1. Propriétés physiques.....	17
III.2.2. Propriétés chimiques .....	17
III.2.2.1. Spéciation de l'aluminium.....	17
III.2.2.2. Les complexes de l'aluminium.....	19
III.3. Principales sources d'exposition et toxicité.....	19
III.3.1. Principales sources d'exposition .....	19
III.3.2. Toxicité de l'aluminium .....	20
III.4. Méthodes d'analyse d'aluminium.....	21
III.4.1. Spectrophotométrie d'adsorption moléculaire.....	21
III.4.2. Spectrophotométrie d'absorption et d'émission atomique .....	21
III.4.2.1. Spectroscopie de plasma à couplage inductif (ICP) .....	21
III.4.2.2. Spectroscopie d'absorption atomique.....	22
<b>Chap IV. Matériel et Méthodes</b> .....	<b>23</b>
IV.1. Matériels et produits .....	23
IV.1.1. Matériels utilisés.....	23
IV.1.2. Produits utilisés .....	24
IV.2. Analyses physico-chimiques de L'eau traitée .....	24
IV.2.1. Mesure du pH.....	24
IV.2.2. Mesure de la turbidité.....	24
IV.2.3. Mesure de la conductivité.....	25
IV.2.4. Absorbance à 254 nm .....	25
IV.3. Dosage de l'aluminium par spectrophotométrie.....	26
IV.3.1. Méthode colorimétrique par kit LCK 301 .....	26
IV.3.2. Méthode colorimétrique à l'eriochrome cyanine (EC).....	28
IV.3.3. Méthode colorimétrique par les pochettes de réactif (HACH).....	29
IV.3.4. Dosage d'aluminium par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES) .....	31
IV.4. Interférences des métaux $\text{Cu}^{2+}$ / $\text{Zn}^{2+}$ Avec l'aluminium .....	31
<b>Chap V. Résultats et discussion</b> .....	<b>34</b>
V.1. Les résultats obtenus .....	34
V.1.1. Teste de fiabilité de la méthode LCK 301 .....	34
V.1.2. Résultats de dosage d'aluminium dans l'eau traitée avec les différentes méthodes.....	39
V.1.3. Effet de la présence d'ions $\text{Cu}^{2+}$ et $\text{Zn}^{2+}$ sur les résultats de la LCK 301 .....	43
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>46</b>

# *Introduction Générale*

L'eau est un élément majeur du monde minéral et biologique. Cette ressource naturelle recouvre 71% de la surface du globe. Elle est aussi le vecteur essentiel de la vie et de l'activité humaine. A l'heure actuelle, avec l'augmentation de la population mondiale, la demande en eau douce ne cesse de croître.

L'une des méthodes utilisée pour obtenir une eau consommable est le traitement des eaux de surfaces. Pour cela, des coagulants minéraux sont utilisés afin de rendre l'eau claire et potable. Les sels d'aluminium s'avèrent être très efficaces pour répondre aux normes de la turbidité. Toutefois, leur utilisation génère un désagrément qui est la persistance des ions d'aluminium à la fin du traitement. Ces ions sont indésirables et toxiques pour la santé humaine. En effet, en dépassant un certain seuil, aussi petit que 0.2 mg/l, les ions  $Al^{3+}$  provoquent l'apparition de plusieurs maladies telles que l'Alzheimer et le cancer.

L'eau traitée n'est acheminée vers les foyers qu'une fois elle répond aux normes fixées par la législation algérienne. Dans le cas de l'aluminium, la norme est que sa concentration doit être inférieure à 0.2 mg/l. Aussi, parmi les différents tests que subit une eau traitée l'analyse de la quantité des ions  $Al^{3+}$  présents dans un litre. Pour cela, plusieurs méthodes d'analyse sont utilisées, entre autres : la méthode LCK 301, HACH, EC et ICP-OES.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à étudier la fiabilité de la méthode utilisée pour le traitement de l'eau traitée à la SEAAL de Tizi-Ouzou, en l'occurrence la méthode LCK 301.

A travers cette étude, nous nous sommes fixés trois objectifs : (i) Le premier consiste à déterminer la valeur du pH adéquate pour obtenir une meilleure détermination de la concentration de l'aluminium dans l'eau traitée avec la méthode LCK 301. (ii) le deuxième objectif est de comparer les résultats de différentes méthodes de dosage : les méthodes spectrophotométriques moléculaires : LCK 301, HACH et EC appliquées à la SEAAL de Tizi-Ouzou et la méthode spectroscopique d'émission optique ICP-OES utilisée au niveau du laboratoire central d'Alger. (iii) Le troisième objectif est d'étudier, dans le cas de la méthode LCK 301, la sensibilité de cette méthode d'analyse à la présence d'autres ions métalliques, et si des interférences se manifestent, d'étudier leurs effets en fonction de la concentration des ions métalliques fâcheux.

Ce mémoire regroupe deux grandes parties :

La première partie est constituée de trois chapitres dont les titres sont : Chapitre I : Présentation du barrage TAKSEBT et de station de potabilisation SEAAL, Chapitre II : Utilisation du sulfate d'alumine dans la coagulation-floculation et Chapitre III : Généralité sur l'aluminium.

La deuxième partie porte sur l'étude expérimentale qui est constituée de deux chapitres : Chapitre IV : Matériels et Méthodes utilisées et Chapitre V : Résultats et Discussion.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale où sont rassemblés les résultats pertinents obtenus. Suivie de quelques perspectives que nous laisse présager cette étude pour un meilleur dosage.

## Chapitre I.

---

# *Description*

# *du Barrage Taksebt et de la Station de Potabilisation SEAAL*

---

### **I.1. Généralité sur l'eau de surface**

L'eau de surface désigne l'eau qui s'écoule ou qui stagne à la surface de l'écorce terrestre. Elle désigne également les sources, puits et autres collecteurs directement influencés par l'eau de surface.

Les eaux de surface proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines. Elles comprennent les eaux des grands cours d'eaux, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux des hauts pays alimentés par des sources et qui recueillent les eaux de ruissellement des bassins versants.

Les eaux de surface peuvent être réparties en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée. [1]

### *Eaux de rivière (partie amont)*

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes [1].

### *Eaux de rivière (partie aval)*

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont [1].

### *Eaux de lac*

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante.

Les substances nutritives (phosphore et azote) présentes dans les eaux de ruissellement et dans les eaux usées domestiques favorisent la croissance d'algues et de plantes aquatiques, ce qui accélère l'eutrophisation du lac. Durant l'été, ces algues et ces plantes aquatiques entraînent la dégradation des caractéristiques chimiques et physiques de l'eau : la turbidité, l'indice de couleur, les goûts et les odeurs augmentent. Par ailleurs la respiration des algues et des plantes aquatiques modifie continuellement la teneur de l'eau en oxygène dissous.

De plus, les algues mortes se déposent au fond du lac, ce qui augmente l'épaisseur de la couche de vase [1].

## **I.2. Description du barrage de Taksebt**

Le barrage de Taksebt est situé sur l'Oued Aissi, affluent du Sebaou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou. Il a été inauguré le 28 novembre 2002 pour alimenter en eau potable les wilayas : Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger [2].

La retenue créée par le barrage a une capacité de 175 millions de m<sup>3</sup> permettant une régularisation de 180 millions m<sup>3</sup>, destinée à l'alimentation en eau potable et répartie comme suite :

- 173 000 m<sup>3</sup> / jour pour Tizi-Ouzou
- 60 000 m<sup>3</sup> / jour pour Boumerdes
- 235 000 m<sup>3</sup> / jour pour Alger.

## **I.3. Présentation de la station de potabilisation**

La station de traitement des eaux de surface se situe à environ 4km du barrage de Taksebt. Elle occupe une superficie de 34 hectares. Elle est mise en service en mai 2007. Elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau de 616 000 m<sup>3</sup>/j.

La station est conçue pour l'alimentation en eau potable des communes suivantes : Fréha, Azazga, Draa-Ben-Khedda, centre wilaya de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger.



**Figure I.1** : Localisation du barrage de Taksebt.

L'acheminement se fera de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de Draa-Ben-Khedda puis l'eau continue à être transférée à travers des conduites de fonte et de tunnels jusqu'au réservoir de Boudouaou.

### **I.3.1. Capacité de la station**

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m<sup>3</sup>/j (soit 7000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m<sup>3</sup>/j [3].

- Débit d'eau brute : 616 000 m<sup>3</sup>/j
- Volume des boues extraites des clarificateurs : 7 400 m<sup>3</sup>/j
- Volume des boues extraites des filtres : 3 600 m<sup>3</sup>/j
- Production d'eau traitée : 605 000 m<sup>3</sup>/j
- La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m<sup>3</sup>/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.

### **I.3.2. Chaîne de traitement**

L'eau brute, provenant du barrage Taksebt, subit un traitement éventuel avant acheminement vers la station de pompage d'arrivée. La station de traitement comporte:

- Un ouvrage d'arrivée (arrivée de l'eau brute).
- Chambre de mélange (appartient à l'ouvrage d'arrivée).
- Deux filières de traitement comprenant 4 décanteurs et 12 filtres chacune.
- Deux réservoirs de capacités de 38000 m<sup>3</sup>.

### **I.3.2.1. Ouvrage d'entrée**

L'eau brute qui est acheminée arrive avec un débit de 616 000 m<sup>3</sup>/j dans une chambre appelée chambre de dissipation qui sert à tranquilliser son débit. Cette eau est ensuite versée dans un réservoir.

Du chlore (1 rampe commune pour les 2 filières) est injecté dans l'eau au niveau de l'ouvrage d'entrée dans le sens du flux. Ce réactif est utilisé pour limiter la présence d'organismes, tels que les algues, les bactéries et les planctons, susceptibles de proliférer dans les filières de traitement. Le taux d'injection est déterminé par un test de demande en chlore. Cette opération oxyde une partie du fer et du manganèse présents dans l'eau.



**Figure I.2 :** Ouvrage d'entrée.

L'eau brute passe ensuite à travers la chambre de mélange. Cet ouvrage assure un temps de contact suffisant pour que le mélange des réactifs soit homogène :

- Permanganate de potassium : limiter la présence de manganèse et/ou contrôler la charge biologique.
- Charbon actif en poudre : contrôle du goût et des odeurs.
- Sulfate d'alumine : coagulant pour faciliter la clarification dans les décanteurs Pulsatube.
- Acide sulfurique : ajustement du pH pour optimiser la coagulation.

### **I.3.2.2. Décanteurs**

A la sortie de la chambre de mélange, il y a l'ajout de polymère (adjuvant de floculation). Il permet la formation de floccs facilement décantés. L'eau est répartie dans des décanteurs dont le débit maximal théorique unitaire est de 4500 m<sup>3</sup>/h.

L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floccs de plus grande taille.

Une partie des MES décantées est conservée au fond de l'ouvrage formant un lit de boue qui occupe un volume apparent variable selon sa densité et la vitesse de l'eau.



**Figure I.3 :** Les décanteurs.

### **I.3.2.3. La filtration**

La filtration est le processus qui vient juste après la décantation. L'eau venant des décanteurs passe par gravité à travers 24 filtres à sable de granulométrie homogène (type Aquazur V). Le rôle des filtres, qui fonctionnent en alternance par groupe de douze, est d'éliminer les matières en suspension.

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de la matière filtrante. Lorsque le filtre est colmaté, une demande de lavage automatique est générée. Elle consiste principalement en l'injection d'air et d'eau au travers du filtre à contre-courant. L'eau permet d'entraîner les particules capturées par le sable et l'air sert à fluidiser et à brasser la couche de sable.

### **I.3.2.4. Désinfection et stockage de l'eau traitée**

La désinfection finale de l'eau traitée est faite dans des cuves de contact après injection de chlore. La sortie des cuves de contact, vers les réservoirs d'eau traitée, se fait par-dessus un déversoir. Par conséquent, le niveau d'eau dans les cuves de contact en service est quasiment constant. Le lait de chaux est injecté au-dessus du déversoir.

### I.3.2.5. Réservoir d'eau traitée et Chambre de sortie

Les réservoirs d'eau traitée jouent le rôle de bassin de stockage, permettant de conserver une réserve de production de 1.5 heure au débit nominal de production ( $605000\text{m}^3/\text{j}$ ).

Les réservoirs débouchent dans une chambre de sortie qui assure la distribution de l'eau vers les conduites de sortie d'eau traitée. Les pompes d'eau de service, ainsi que les pompes de dilution de chaux sont alimentées depuis cette chambre.

### I.3.3. Qualité de l'eau à l'entrée de la station

L'eau brute alimentant le barrage de Taksebt provient de l'Oued Aissi et de l'Oued Bougdoura. La conception de l'usine de traitement est basée sur les valeurs du tableau I.1 [3].

**Tableau I.1** : Valeurs contractuelles relatives aux caractéristiques de l'eau brute.

Paramètre	Unité	Valeurs Contractuelles		
		min	max	typique
pH		7.00	9	8
Couleur	Hazen	5	25	6
Turbidité	NTU	1	100	5
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	300	800	500
Température	$^{\circ}\text{C}$	10	30	18
Ammoniac	$\text{mg} / \ell$	0.01	0.2	0.05
Nitrite	$\text{mg} / \ell$	<0.001	0.05	0.002
Nitrate	$\text{mg} / \ell$	0.5	4	1
MO <sup>a</sup>	$\text{mg} / \ell$	2.5	10	3.5
Alcalinité	$\text{mg} / \ell$	100	250	160
Dureté total	$\text{mg} / \ell$	100	350	200
Calcium	$\text{mg} / \ell$	20	70	40
Magnésium	$\text{mg} / \ell$	15	60	24
Sodium	$\text{mg} / \ell$	5	60	15
Chlorure	$\text{mg} / \ell$	10	70	30
Sulfate	$\text{mg} / \ell$	20	100	40
Orthophosphate	$\text{mg} / \ell$	< 0.01	0.2	0.05
Fer (total)	$\text{mg} / \ell$	0.05	5	0.15
Manganèse (total)	$\text{mg} / \ell$	< 0.01	0.1	0.02
Silice réactif	$\text{mg} / \ell$	0.1	10	5
Oxygène dissout	$\text{mg} / \ell$	4	10	8
DBO <sup>b</sup>	$\text{mg} / \ell$	0.2	10	1
DCO <sup>c</sup>	$\text{mg} / \ell$	< 10	60	20
Coliforme totaux	MPN/ 100ml	10	10 000	200
E. coli	MPN/ 100ml	5	5000	100

<sup>(a)</sup> MO : Matière organique. <sup>(b)</sup> DBO : Demande biochimique en oxygène. <sup>(c)</sup> DCO : Demande chimique en oxygène.

#### I.3.4. Qualité de l'eau à la sortie de la station

La station de traitement est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable exempte d'organismes pathogènes. Dans les conditions de qualité de l'eau contractuelles et d'une exploitation normale, la qualité finale de l'eau après traitement doit être conforme aux normes représentées dans le tableau I.2. En ce qui concerne les autres paramètres individuels, ils doivent être inférieurs aux valeurs désirables [3].

**Tableau I.2 :** Analyses et contrôle de qualité quotidienne.

---

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs limites</b>
Turbidité (avant injection de chaux)	inférieure à 1.0 NTU
Goût et odeur	acceptables pour le consommateur
Couleur	inférieure à 5° Hazen
Aluminium	inférieur à 0.2 mg/l
Fer	inférieur à 0.3 mg/l
Manganèse	inférieur à 0.1 mg/l
pH	entre 6,5 et 8,5
E. coli ou bactérie thermo tolérante	néant sur tout échantillon de 100 ml
Total bactéries coliformes	néant sur tout échantillon de 100 ml

---

## Chapitre II.

---

# *Utilisation du Sulfate d'alumine dans la Coagulation Floculation*

---

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causé par des particules les très petites dites des particules colloïdales. Ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer ces particules, on a recours au procédé de coagulation floculation [1].

## II.1. Particules en suspension

### I.3.1. définition

Les particules en suspensions dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution des substances minérales et de la décompositions des substances organiques. À cet apport naturel il faut ajouter les déversements d'eaux d'égouts domestiques, industriels et agricoles. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules des matières inorganiques alors que sa couleur est imputable à des particules de matières organiques et les hydroxydes en métal [1].

### I.3.2. Taille des particules en suspension

On peut classer les particules en fonction de leur taille. Ainsi, les particules dont le diamètre est supérieur à  $1\mu\text{m}$  sont des particules de matières organiques ou inorganiques qui se déposent facilement, alors que les particules dont le diamètre est inférieur à  $1\mu\text{m}$  sont des particules colloïdales qui se déposent très lentement. Le Tableau 1-1 indique le temps de décantation des différentes particules en fonction de leur dimension, de leur densité et de la température de l'eau ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [1].

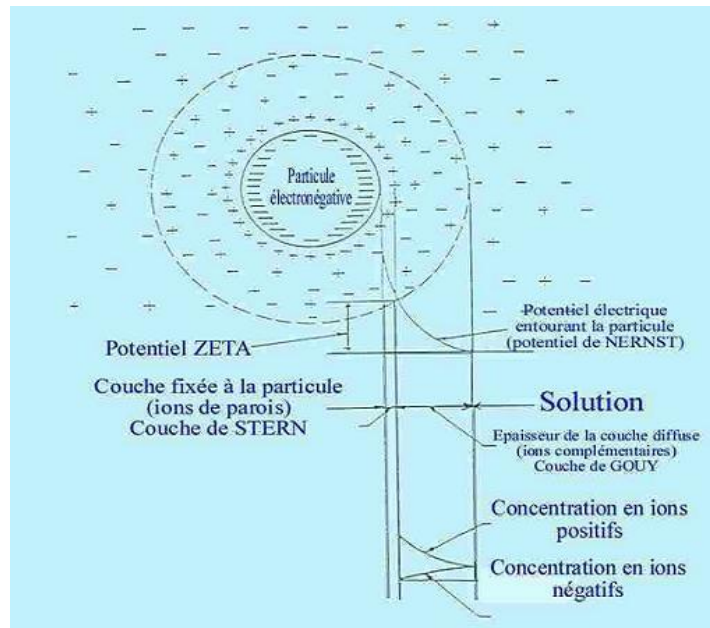
**Tableau II.1 :** Temps de décantation des particules.

Type de Particules	Diamètre (mm)	Temps de chute *		
		Densité de 2.6	Densité de 2.0	Densité de 1.1
Gravier	10.0	0.013s	0.02s	0.20s
Sable grossier	1.0	1.266s	2.09s	20.90s
Sable fin	0.1	126.66s	3.48mn	34.83mn
Glaise	0.01	3.52h	5.80h	58.0h
Bactéries	0.001	14.65j	24.19j	241.9j
Colloïdales	0.0001	4.12a	6.66a	66.59a
Colloïdales	0.00001	412.1a	665.9a	6 659a
Colloïdales	0.000001	41 222.7a	66 590a	665 905a

(\*) s : secondes ; min : minutes ; h : heures ; a : années.

### I.3.3. Charges électriques et double couche

Dans une eau de surface, les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative située à leur surface. Ces charges, dites primaires, attirent les ions positifs en solution dans l'eau, lesquels adhèrent fortement à la particule et attirent à leur tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité d'ions positifs [1].



**Figure II.1.** Particule colloïdale et potentiel électrostatique.

## II.2. La coagulation

La coagulation consiste en la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants. Le procédé nécessite une agitation importante.

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et bien sûr de son coût [4].

## II.3. La floculation

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (agglomération des colloïdes). On utilise, pour se faire, des floculants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente.

Les floculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse. Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé [4].

## II.4. Paramètres liés à la coagulation-floculation

Pour optimiser le procédé de coagulation-floculation, nous allons énumérer l'ensemble des paramètres influençant le bon fonctionnement de ce procédé [5-7].

#### **II.4.1. Influence du pH**

Le pH a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant'. La plage du pH optimal est la plage à l'intérieur de laquelle la coagulation a lieu suffisamment rapidement. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. En général, le temps de coagulation est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques. En effet, plus on coagule à un pH acide plus on élimine des matières organiques. Par exemple, un sulfate d'aluminium a une efficacité optimale pour un pH compris entre 6.2 et 7.4 [5-7].

#### **II.4.2. Influence du réactif**

La dose de réactif est également un paramètre à prendre en compte. Le coagulant qui est habituellement fortement acide a donc tendance à abaisser le pH de l'eau. Pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base. Une dose de coagulant excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante [5-7].

#### **II.4.3. Influence de la nature de particules**

La nature des particules influe sur l'efficacité de la coagulation. Par exemple, les argiles sont des particules beaucoup plus faciles à traiter par coagulation - floculation que les matières humiques. La nature du coagulant est également un paramètre important à prendre en compte pour le bon fonctionnement du procédé de coagulation. L'action des sels d'aluminium ou de fer est prépondérante dans les filières de traitement de l'eau. Il reste à faire changer le taux d'injection du coagulant, en fonction de la nature de l'eau à traiter [5-7].

#### **II.4.4. Influence de la température**

La température joue également un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons [5-7].

#### **II.4.5. Influence de la turbidité**

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES

favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir les floccs, on ajoute un adjuvant de floculation [5-7].

## **II.5. Types de coagulants/floculants utilisés**

Dans la séparation liquide/solide par coagulation-floculation le choix des coagulants et/ ou floculants est très large et son influence est grande sur les procédés envisagés pour effectuer la séparation (sédimentation, flottation, filtration) et pour limiter la quantité des boues produites. Des coagulants floculants minéraux et organiques sont disponibles. La connaissance de leur chimie, leur structure et des mécanismes d'interaction avec les minéraux sont nécessaires afin d'optimiser les procédés [8].

### **II.5.1. Les coagulants**

Les principaux types de coagulant employés sont à base de sels d'aluminium ou de fer [9].

#### **II.5.1.1. Les sels d'aluminium**

Le sulfate d'aluminium est disponible en poudre ou hydraté, ou en solution commerciale diluée au demi. Les doses sont toujours exprimées en poids de poudre dont la formule chimique est :  $(Al_2(SO_4)_3, 18H_2O)$ . Sa masse molaire est de 666 g/mol. Le dosage et consommation de ce coagulant s'expriment communément en fonction de cette formule. Lors de l'addition de sels d'aluminium, ce cation réagit avec la molécule d'eau selon les réactions d'hydrolyse.

- Le W.A.C est un polychlorure d'aluminium dont la formule générale est :  $Al_n(OH)_m(SO_4)_kCl_{3n-m-2k}$ .
- Les PCBA sont des Polychlorures basiques d'aluminium dont la formule est :  $[Al_2(OH)_5Cl]_n$ . Ils sont sous forme très instable.

#### **II.5.1.2. Les sels de fer**

Les sels de fer sont généralement plus coûteux que le sulfate d'aluminium, ce qui explique leur emploi plus restreint. Par ailleurs, ils se révèlent plus efficaces comme coagulants quant à l'abattement des substances humiques [10,11]. On peut citer le chlorure ferrique ( $FeCl_3, 6H_2O$ ) peut induire une coloration de l'eau traitée, le chlorosulfate ferrique (liquide) est de formule  $FeSO_4Cl$  et le sulfate ferreux est peu utilisé et de formule :  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .

### **II.5.2. Les floculants**

#### **II.5.2.1. Les floculants minéraux**

Il s'agit essentiellement de la silice activée, préparée (en continu ou discontinu) en neutralisant partiellement l'alcalinité d'une solution de silicate de sodium par un acide ( $H_2SO_4$ ) le plus souvent, mais aussi  $HCl$ ,  $NaHCO_3$ , sulfate d'alumine... [12].

Ce composé offre de bons rendements lorsqu'il est associé au sulfate d'aluminium en eau froide. Un inconvénient accompagne son utilisation : il doit être préparé juste avant son utilisation, vue sa faible stabilité [13].

### II.5.2.2. Les floculants de type polymères (poly électrolytes) synthétiques

Ce sont tous les composés de types anioniques comme : Les acides polyacryliques, polyvinylsulfoniques, les copolymères acrylateacrylamide, ainsi que les cationiques comme les polyéthylèneimines, le chlorure de poly-diallylammonium, le chlorhydrate de polyvinylammonium, ou non ioniques (Le polyacétate de vinyle) (PVAC).

### II.5.2.3. Les floculants naturels

- Ce sont des polymères hydrosolubles d'origine animale ou végétale.
- non ioniques, ils peuvent être modifiés chimiquement.
- Leur poids moléculaire est plus faible que celui des polymères de synthèse, ce qui leur confère de moins bonnes propriétés de floculation.
- non toxique et biodégradable [14] comme : alginates, amidons, chitosane.

## II.6. Réactions d'hydrolyse de l'aluminium et mécanismes de déstabilisation.

Le sulfate d'aluminium réagit avec la molécule d'eau selon les réactions d'hydrolyse suivantes. [15,16]

Espèces	Réaction
$Al(OH)^{2+}$	$Al^{3+} + 1H_2O \rightarrow Al(OH)^{2+} + 1H^+$
$Al(OH)_2^+$	$Al^{3+} + 2H_2O \rightarrow Al(OH)_2^+ + 2H^+$
$Al(OH)_3$	$Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$
$Al(OH)_4^-$	$Al^{3+} + 4H_2O \rightarrow Al(OH)_4^- + 4H^+$

Il résulte de ces réactions :

- Que l'hydrolyse libère des ions  $H^+$ , et que l'addition de sels d'aluminium provoquera une acidification du milieu, qu'il sera parfois nécessaire de corriger pour maintenir le pH à une valeur optimale de coagulation.
- Que la concentration des divers ions produits par l'hydrolyse dépend étroitement du pH du milieu.

## Chapitre III.

---

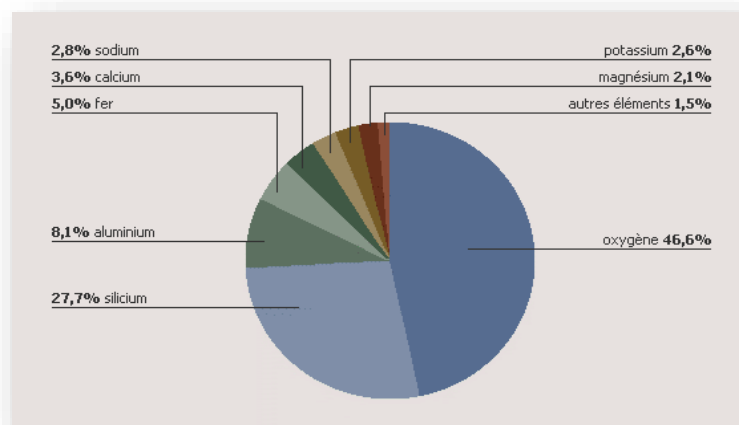
# *Généralité sur l'Aluminium*

---

### **III.1. Origine**

L'aluminium (du latin alumen, qui signifie « léger ») est l'élément métallique le plus abondant et le troisième constituant de l'écorce terrestre. Il représente (8,1%) de son poids après l'oxygène (46,6%) et le silicium (28%). A l'état naturel, l'aluminium n'est jamais retrouvé sous forme de métal : très réactif il est toujours combiné à d'autres éléments.

Les composés les plus fréquents sont les oxydes (alumine) et hydroxydes provenant essentiellement de la bauxite, les silicates provenant de l'argile et des micas, et des formes hydrosolubles complexées aux sulfates (alun), nitrates, chlorures en présence de matières organiques dissoutes. L'aluminium est également présent sous forme de particules de poussières dans l'air, les silicates d'aluminium contribuant pour une large part aux teneurs de ces poussières provenant du sol.



**Figure III.1 :** Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre.

## III.2. Propriétés physico-chimiques

### III.2.1. Propriétés physiques

La masse atomique de l'aluminium est de 26,98. Son nombre atomique est de 13 et sa densité de 2,7. Son point de fusion est de 660°C et son point d'ébullition de 2467°C. L'aluminium comme tout élément de la famille du bore possède trois électrons de valence. Il s'agit d'un métal amphotère qui réagit avec les acides (chlorhydrique, perchlorique, sulfurique) et les bases fortes [17].

L'aluminium est un métal gris argenté, brillant, qui présente des propriétés physico-chimiques particulièrement intéressantes : basse densité, grande malléabilité, grande ductilité, bonne conductivité électrique et chimique, résistance à la corrosion, à la traction. Il est trois fois plus léger que l'acier. Il ne s'altère pas au contact de l'air en raison de la formation d'une couche protectrice d'alumine en surface, ce qui le rend très résistant à la corrosion de l'air mais aussi de l'eau. Il est de plus totalement recyclable.

### III.2.2. Propriétés chimiques

#### III.2.2.1. Spéciation de l'aluminium

L'aluminium est présent dans les eaux naturelles sous formes de micropoussières, de particules d'argile insolubles en suspension, de sels solubles et insolubles. Toutes ces formes de l'aluminium sont présentes dans les eaux de percolation à travers les sols. L'aluminium en solution influence fortement la qualité chimique et biologique des solutions de sol et des eaux de surface. Différentes formes de l'aluminium peuvent être retrouvées dans les eaux naturelles [18].

Le pH est l'un des facteurs qui déterminent cette forme. Par exemple, l'acidité entraîne une dissolution et un transport des formes salines de l'aluminium en solution, qui sont adsorbées par les végétaux et les animaux [19]. La Figure III.2 représente la courbe d'évolution de l'aluminium dissous en fonction du pH [20]. L'ensemble des formes des espèces d'aluminium en solution sont schématisé convenablement dans la Figure III.3 suivante [18].

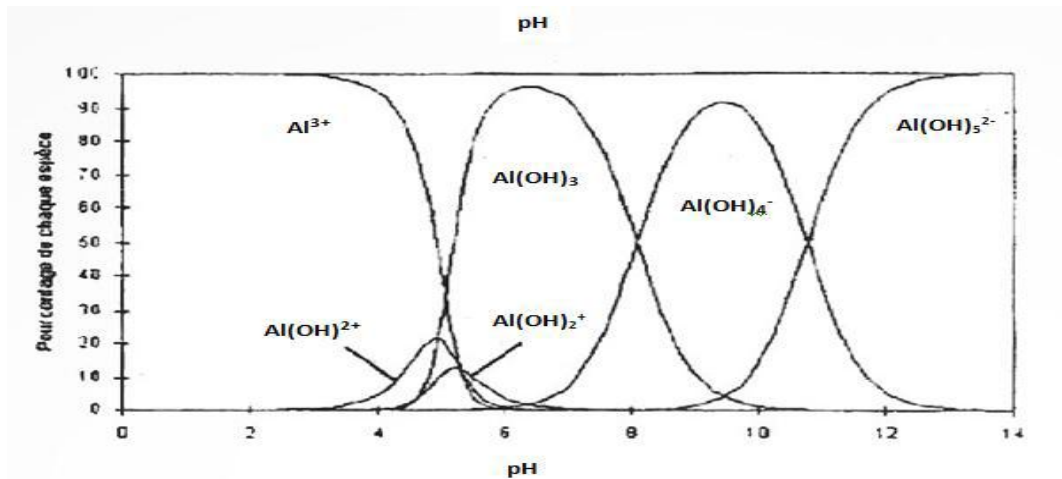


Figure III.2 : Diagramme de prédominance des espèces d'aluminium et effet du pH.

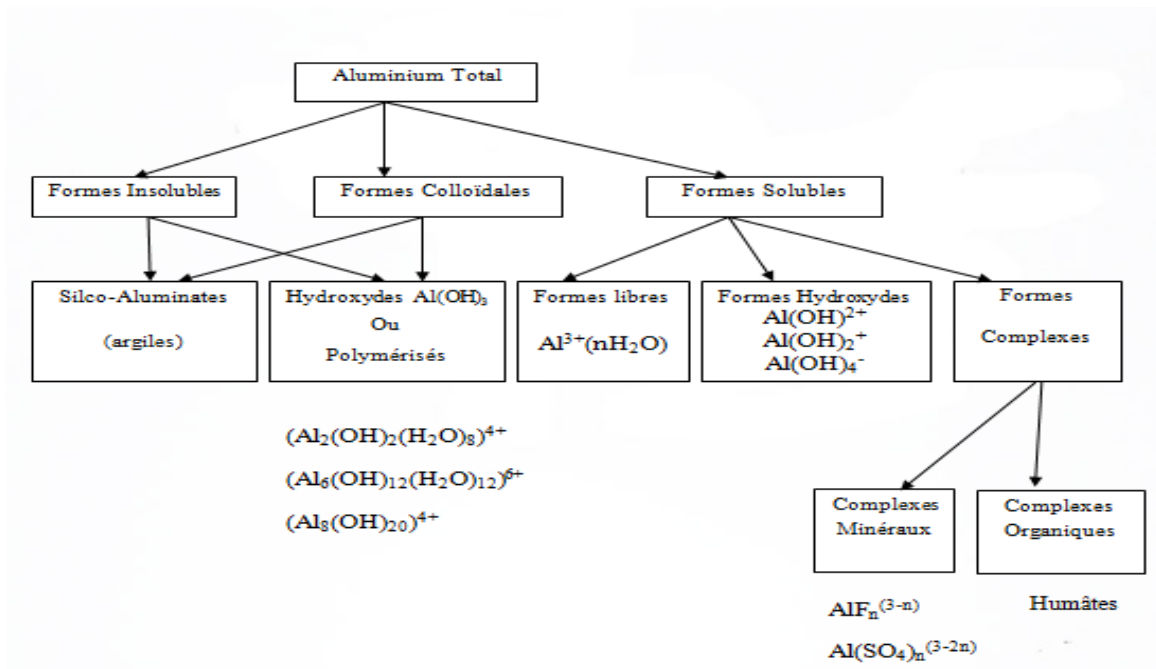


Figure III.3 : Espèces ioniques et moléculaire de l'aluminium dans l'eau.

### III.2.2.2. Les complexes de l'aluminium

#### a) Les complexes inorganiques

L'aluminium réagit avec des anions pour former des complexes inorganiques tels que:

- Les ions fluors  $F^-$  : qui forment avec l'aluminium  $Al^{3+}$  les complexes  $AlF^{2+}$ ,  $AlF_2^+$ ,  $AlF_3$ ,  $AlF_4^-$  et  $AlF_5^{2-}$ .
- Les ions phosphates  $PO_4^{3-}$  : réagissent avec l'aluminium  $Al^{3+}$  en milieu neutre ou acide pour former  $Al(PO_4)$ ,  $AlH(PO_4)^+$  et  $AlH_2(PO_4)^{2+}$ .
- Les ions sulfates  $SO_4^{2-}$  : se combinent avec l'aluminium  $Al^{3+}$  et forment les espèces  $Al(SO_4)^+$  et  $Al(SO_4)_2^-$ .

#### b) Les complexes Al-Matière organique

L'aluminium peut se complexer avec la matière organique naturelle (substances humiques, protéines, etc..). Contrairement aux anions inorganiques, la matière organique hydrosoluble (notamment les acides humiques et fulviques) a plus d'affinité pour l'Al aux pH plutôt acides ( $\leq 4,5$ ) qu'en milieu basique ou neutre.

## III.3. Principales sources d'exposition et toxicité

### III.3.1. Principales sources d'exposition

L'aluminium peut se trouver dans l'air, l'alimentation, dans l'eau et dans d'autres sources, nous décrivons ci-dessous quelques-unes de ces sources.

#### a) Eau

L'apport d'aluminium par l'intermédiaire des eaux de distribution publique a deux origines :

- Présence naturelle dans les eaux de sources : L'aluminium se trouve sous trois formes : insoluble, colloïdale et soluble correspondant à des silicoaluminates, des hydroxydes, des formes libres ou complexes minérales ou organique.
- Traitement des eaux : Les réactifs chimiques utilisés pour la coagulation des eaux sont des sels de fer ou d'aluminium qui, par hydrolyse, conduisent à des formes cationiques plus ou moins chargées électriquement. Pour les sels d'aluminium, ce sont principalement le sulfate d'aluminium et les sels d'aluminium pré polymérisés.

#### b) Air

La concentration atmosphérique de l'aluminium dépend des sources géologiques et industrielles .Sa présence dans l'environnement est naturelle et anthropique, l'émission par les sols ou les roches de particules contenant de l'aluminium ainsi que l'activité volcanique, constituent les principales sources naturelles d'exposition à l'aluminium. Les industries minières, l'agriculture, la combustion du charbon, les fonderies et les échappements des automobiles contribuent également à la contamination de l'environnement par l'aluminium.

**c) Alimentation**

L'aluminium est naturellement présent dans de nombreux aliments, mais généralement en faibles concentrations. Le théier est une exception, puisqu'il accumule de grandes quantités d'aluminium qui peuvent être libérées des feuilles de thé dans le thé infusé. L'aluminium peut également s'introduire dans la nourriture à partir des casseroles, des ustensiles de cuisine et des emballages.

**III.3.2. Toxicité de l'aluminium**

La connaissance de la spéciation d'Al est un préalable nécessaire à l'estimation de sa toxicité puisque selon la forme sous laquelle il est, l'Al présentera des biodisponibilités variables. Les fractions les plus réactives et toxiques d'aluminium sont généralement reconnues comme étant :  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{AlOH}^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  et les complexes très instables d'aluminium principalement inorganiques [21].

Les ions minéraux en solution tels que les fluorures, phosphates, sulfates représentent de très bons complexant. Ces phénomènes de complexation jouent un rôle essentiel dans la mobilité mais également dans la toxicité de l'aluminium dans l'eau. Cette toxicité affecte aussi bien les organismes aquatiques, les végétaux ainsi que l'homme.

**a) Organismes aquatiques**

De nombreuses études ont montrés que l'aluminium peut s'accumuler dans l'organisme des poissons [22,23] et entraîner une baisse de leur population. Les fractions qui présentent des effets toxiques varient selon les organismes étudiés. Les formes toxiques de l'aluminium vis à vis des poissons regroupent essentiellement les espèces  $\text{Al}_3^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$  et très probablement  $\text{AlSO}_4^+$  [24]. Le complexe  $\text{AlF}_2^+$  conserve une certaine toxicité [25]. Les formes de l'Al lié à la matière Organique (MO) et  $\text{Al-PO}_4$  ne sont pas toxiques pour les poissons.

**b) Végétaux**

Concernant les végétaux, l'aluminium est un important facteur de limitation de croissance des plantes dans les sols acides, particulièrement pour les pH inférieurs à 5.0 [26]. L'aluminium pénètre dans les végétaux par les racines, en empruntant les mêmes voies d'entrées que les ions calcium et magnésium. Il peut provoquer une inhibition du développement des racines secondaires, une diminution de la respiration au niveau racinaire, ainsi que la perturbation du fonctionnement de certaines enzymes.

**c) Homme**

La découverte de la toxicité de l'aluminium vis à vis de l'homme est récente. En effet, cet élément est susceptible de provoquer des détériorations cérébrales, des

décalcifications osseuses avec fractures spontanées, des destructions de cellules hépatiques, des lésions cardiaques et des anémies. L'Al peut agir à deux niveaux différents variables suivant le taux de contamination. De faibles concentrations en Al issues des eaux de boisson, sont associées à des démences séniles de type Alzheimer (intoxication chronique) [27,28]. De fortes ingestions (issues de composants de certains médicaments, ou de contamination lors de dialyse) peuvent provoquer des intoxications aiguës [29].

### **III.4. Méthodes d'analyse d'aluminium**

Plusieurs méthodes analytiques ont été utilisées pour doser l'aluminium dans différents milieux : plasma, urine, fragment de tissu nerveux, l'air et l'eau. La détermination de l'aluminium dépend de la technique employée ; pour utiliser une, il faut donc savoir quelle est la fraction de l'aluminium étudiée.

#### **III.4.1. Spectrophotométrie d'adsorption moléculaire**

C'est la méthode analytique la plus utilisée en analyse d'eau. Elle nécessite la mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de l'élément recherché. Elle s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière ne laisse passer qu'une fraction de la lumière incidente ; la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché (loi de Beer-Lambert) :

$$A = D.O = \log (I_0 / I) = \varepsilon c l$$

Où A : absorbance, D.O : la densité optique,  $I_0$ : l'intensité lumineuse incidente, I: l'intensité lumineuse transmise,  $\varepsilon$  : est le coefficient d'extinction molaire caractéristique de la substance étudiée à une longueur d'onde donnée en l/mol cm,  $l$  : l'épaisseur traversée en cm,  $c$  : la concentration en mol/l.

Cette technique a permis le développement de chaînes analytiques de laboratoire en flux continu, l'utilisation industrielle de photo colorimètre pour la mesure « séquentielle en continu » de nombreux paramètres (silice, ammonium...) [30].

#### **III.4.2. Spectrophotométrie d'absorption et d'émission atomique**

##### **III.4.2.1. Spectroscopie de plasma à couplage inductif (ICP)**

La spectroscopie de plasma à couplage inductif est une technique qui fait appel aux phénomènes d'émission atomique dont la source d'atomes est un plasma d'argon. À haute température, il se forme au sein de l'argon un mélange d'atomes et de particules chargés suivant un équilibre :



Le plasma est produit par voie inductive par un générateur à haute fréquence. Sa température varie entre 6000 et 8000 °C. Les éléments recherchés sont introduits dans le plasma et transformés en vapeur atomique et éventuellement ionique par excitation lors de leur collision avec les éléments constitutifs du plasma.

#### **III.4.2.2. Spectroscopie d'absorption atomique**

Elle permet de doser l'aluminium total, indépendamment de sa spéciation. Cette technique de dosage repose sur l'absorption d'un rayonnement à des longueurs d'onde bien définies et caractéristiques de l'aluminium. Le dosage nécessite une flamme de protoxyde d'azote-acétylène (N<sub>2</sub>O-C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), dont la température avoisine les **2950°C**. La gamme concernée par le dosage est 0.3mg/L. La limite de détection dépend de la technique d'atomisation utilisée.

## Chapitre IV.

---

# *Matériels et Méthodes*

---

### **IV.1. Matériels et produits**

#### **IV.1.1. Matériels utilisés**

- pH Mètre, WTW avec terminal 730 et électrode en verre,
- Conductimètre, WTW avec terminal 740,
- Turbidimètre Merck 1500 P avec une cuvette de verre incolore de 50mm de diamètre,
- Chronomètre,
- Verreries courantes de laboratoire : fioles jaugées, béchers, pipettes, micropipette, Epruvettes graduées, flacons, burettes, cuves carrées, cellule de 20 ml,
- Code barre LCK 301,
- pissette, poire,
- Agitateur magnétique,
- Barreau magnétique,
- Spectrophotomètre HACH-LANGE DR 6000,
- Appareil spectrométrie d'émission atomique par plasma à couplage induit ICP- OES optima 8000,
- Pompe, munie de tubes adaptés à la pompe.

### IV.1.2. Produits utilisés

- Eau traitée,
- Eau distillée.
- Acide nitrique HNO<sub>3</sub> 69% (d=1.42),
- Solution A (Ammonium acétate ; méthanol ; sodium acétate),
- réactifs B (Acide ascorbique ; sodium thiosulfate),
- Tube à LCK complexe chromazurol S (CAS) +solution tampon pH 4.6
- Thiosulfate de sodium, concentration 0,028N,
- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,
- Acide ascorbique C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>,
- Solution tampon de pH (6.2),
- Solution mère d'eriochrome cyanine (indicateur coloré) 10g /l,
- Solution fille d'eriochrome cyanine concentration 0.1g /l,
- Solution mère d'aluminium de concentration 1g/l,
- Solution fille d'aluminium de concentration 0.001g/l,
- Pochettes de réactif pour aluminium Aluver3 (contient : acide succinique, sel disodique, acide aurintricarboxylique, sel de calcium),
- Pochettes de réactif à l'acide ascorbique,
- Pochettes de réactif décolorant Bleaching 3 (contient : diphosphate de disulfate, diphosphate de sodium, magnésium, sulfate heptahydraté),

### IV.2. Analyses physico-chimiques de L'eau traitée

Les eaux potables après leur traitement par le procédé de coagulation-floculation, par les sels d'aluminium subissent les mesures journalières suivantes : Mesurer la valeur initial de pH, la turbidité, la conductivité, la température, UV, l'oxygène dissout.

#### IV.2.1. Mesure du pH

##### *Principe*

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H<sup>+</sup>] présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H<sup>+</sup> [31].

##### *Mode opératoire*

Tremper l'électrode dans un bécher contenant une quantité suffisante d'eau à analyser avec une faible agitation, attendre la stabilisation. Puis noter le pH. Le pH optimal de l'eau est compris entre 6,5 et 8,5 [32].

#### IV.2.2. Mesure de la turbidité

##### *Principe*

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment Colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au Laboratoire. Le principe consiste à comparer entre la lumière diffusée et la lumière transmise

par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine (étalon) [31].

#### *Mode opératoire*

Remplir la cuve de mesure avec l'échantillon à analyser et bien essuyer avec du papier hygiénique, il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après le prélèvement. De toute façon, les échantillons doivent être agités vigoureusement avant la mesure. En raison des caractéristiques propres aux matières en suspensions. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. Cette mesure est obtenue directement en NTU. La norme Algérienne est de 5 NTU [32].

### **IV.2.3. Mesure de la conductivité**

#### *Principe*

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (pt) de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Il est nécessaire que la tension appliquée soit suffisamment faible pour éviter le phénomène d'électrolyse.

L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). Elle s'exprime, généralement, en micro Siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) [31].

#### *Mode opératoire*

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; et effectuer la mesure. La valeur limite de la conductivité est de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  [32].

### **IV.2.4. Absorbance à 254 nm**

#### *Principe*

La mesure de l'absorption à 254 nm est un indice caractéristique des substances possédant une ou plusieurs doubles liaisons (carboxyliques, benzéniques....). La mesure de l'absorbance peut nous renseigner sur le contenu organique d'une eau, notamment la fonction aromatique. L'absorbance (densité optique) lue sur un spectrophotomètre peut permettre une estimation de la teneur en substances humiques d'une eau naturelle (une eau de surface).

#### *Mode opératoire*

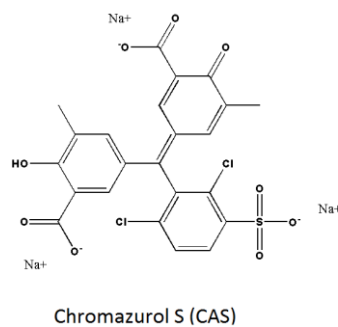
Les mesures de l'absorbance en UV à 254 nm ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre avec un trajet optique de 1 cm (cuve en quartz) Remplir la cellule propre et bien essuyée avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser puis effectuer la mesure [33].

### IV.3. Dosage de l'aluminium par spectrophotométrie

#### IV.3.1. Méthode colorimétrique par kit LCK 301

##### *Principe*

La méthode utilisée est la méthode spectrophotométrique au chromazurol S. Cette méthode est basée sur la formation d'un complexe coloré entre la molécule de chromazurol S nommé CAS et l'ion aluminium. Le dosage se fait à  $\lambda = 620$  nm longueur d'onde maximale d'après un spectrophotomètre DR6000, l'absorption du complexe, en milieu tampon acétate légèrement acide. La molécule de CAS (3''-sulfo-2'',6''-dichloro-3.3'-diméthyl-4-hydroxy fuchson-5,5'-dicarboxylic acid) est présentée dans la Figure IV.1



**Figure IV.1 :** Molécule de CAS.

##### *Mode opératoire*

On prépare des échantillons de l'eau distillée puis de l'eau traitée à différents pH. L'acidification s'effectue avec l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (densité 1.42 et pureté 69%). Les valeurs du pH sont de 1 jusqu'à 7 avec un intervalle de 0,5.



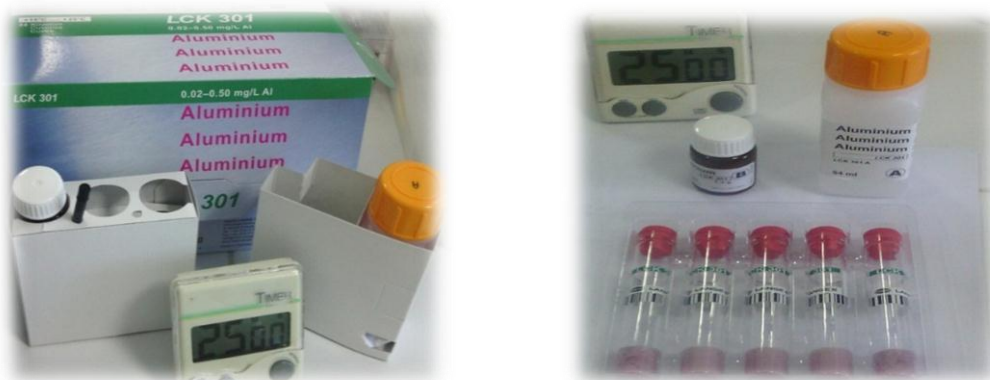
**Figure IV.2 :** Echantillon acidifié sur un pH-mètre.



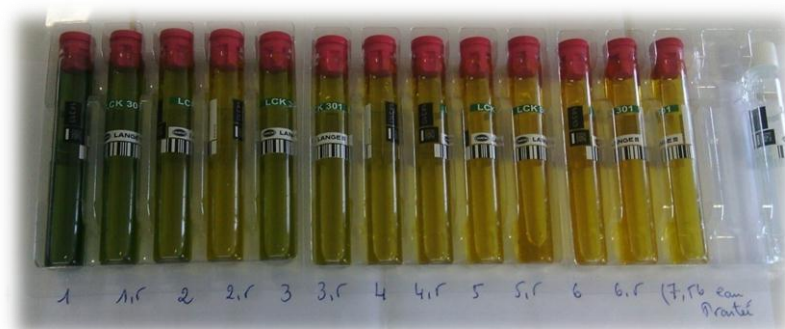
**Figure IV.3 :** Echantillons acidifiés à différents pH.

Puis on prépare les tubes à LCK suivant ces étapes :

1. Pipeter 2 ml de la solution A (LCK 301 A), les introduire dans le tube à LCK301.
2. Pipeter 3 ml de l'échantillon, les introduire dans le tube à LCK 301.
3. Introduire dans le tube à LCK 301, une cuillère rase du réactif B (LCK 301 B)
4. Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à dissolution.



**Figure IV.4 :** Les tubes a LCK301, la solution A et le réactif B.



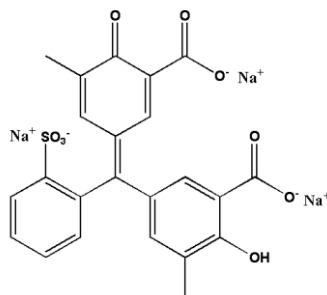
**Figure IV.5 :** Echantillon à différents pH dans les tubes à LCK301.

5. Attendre le 25 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer par un spectrophotomètre DR 6000.

### IV.3.2. Méthode colorimétrique à l'eriochrome cyanine (EC)

#### Principe

Réaction de l'aluminium avec l'eriochrome cyanine à un pH de 5,9 en présence d'acétate d'ammonium : apparition d'une coloration rouge-orange.



**Figure IV. 6 :** Molécule de l'eriochrome cyanine.

#### Mode opératoire

n effectue plusieurs essaie : On prend des échantillons de l'eau traitée qui différent dans le temps de prise d'échantillon, puis on verse 25 ml d'échantillon à analyser dans une fiole de 50 ml. Après on ajoute à chaque fois les réactifs dans l'ordre suivant :

- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N et agiter,
- 1 ml d'acide ascorbique de concentration 10 g/l,
- 1 ml d'acide sulfurique 0.04 N,
- 10 ml de la solution tampon (pH 6.2),
- 5 ml de la solution fille de l'eriochrome cyanine,
- Compléter chaque fiole à 50 ml avec de l'eau distillée, et homogénéiser.
- Laisser reposer 10 minutes avant mesure au spectrophotomètre DR 6000 à la longueur d'onde de 535 nm.

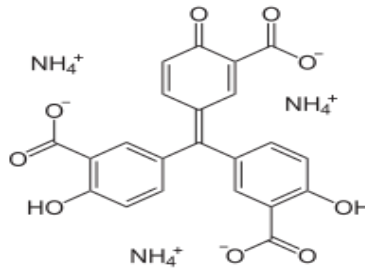


**Figure IV.7 :** Résultats de l'eriochrome cyanine pour les différents échantillons.

### IV.3.3. Méthode colorimétrique par les pochettes de réactif (HACH)

#### Principe

L'indicateur Aluminon se combine avec l'aluminium dans l'échantillon pour former une coloration rouge-orange. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration de l'aluminium. L'acide ascorbique est ajouté pour éliminer l'interférence du fer. Le réactif Aluver 3, présente une stabilité exceptionnelle.



**Figure IV.8 :** Molécule de l'Aluminon.

#### Mode opératoire

1. Remplir une fiole 50 ml jusqu'au trait de 50 ml avec l'échantillon d'eau traitée,
2. Transférer le contenu d'une pochette de réactif à l'acide ascorbique dans la fiole. Boucher et retourner plusieurs fois pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre.



**Figure IV.9 :** Pochette HACH de réactif d'acide ascorbique.

3. Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour aluminium Aluver 3 dans La fiole puis bouché (une coloration rouge orange apparaîtra en présence d'aluminium),

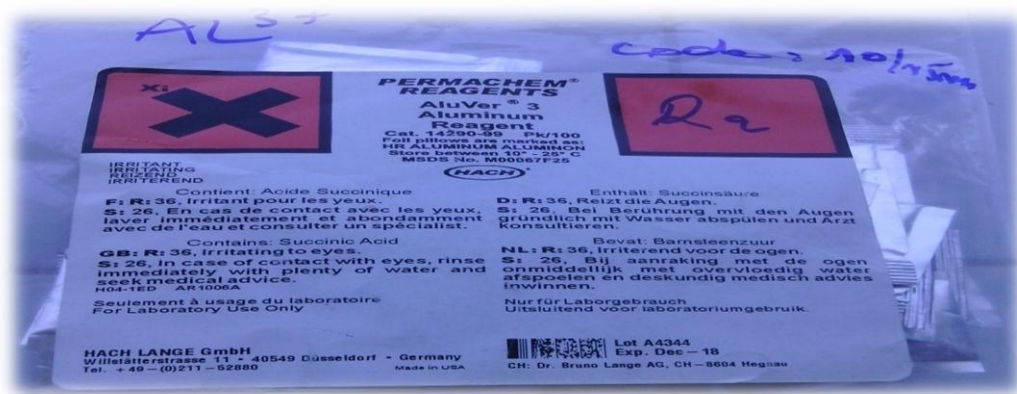


Figure IV.10 : Pochette HACH de réactif AluVer 3.

4. Retourner plusieurs fois pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre pendant une minute.
5. Préparation du blanc : remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10 ml avec le mélange de la fiole.
6. Transférer le contenu d'une pochette de réactif décolorant Bleaching 3 dans la cuve carrée.

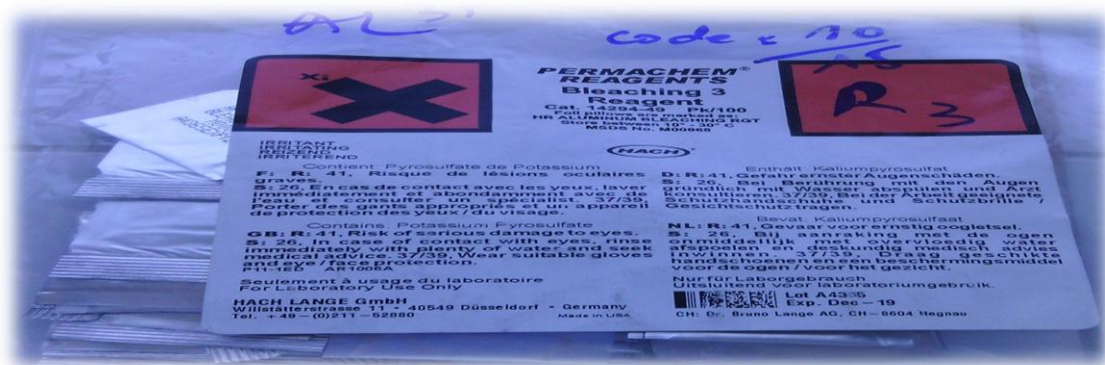


Figure IV.11 : Pochette HACH de réactif Bleaching 3.

7. Agiter pendant 30 s pour homogénéiser. Cette solution devrait virer vers une couleur orange moyennement faible.
8. Préparation de l'échantillon : remplir une autre cuve carrée jusqu'au trait de 1 ml avec de la solution restante dans l'éprouvette graduée.
9. On laisse 15 mn pour le temps de contact et puis en fait la lecture dans le spectrophotomètre DR 6000.

#### **IV.3.4. Dosage d'aluminium par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES)**

##### *Principe*

Cette méthode consiste à mesurer l'émission de lumière par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi produit est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission caractéristiques sont produits par un plasma à couplage inductif par haute fréquence (ICP). Les spectres sont dispersés par un spectromètre à réseau et l'intensité des raies est évaluée par un détecteur. Les signaux des détecteurs sont traités et contrôlés par un système informatique. Lors du dosage des éléments à l'état de trace, une correction appropriée du bruit de fond est utilisée pour compenser les variations des contributions du bruit de fond. La mesure d'absorbance se fait à une longueur d'onde de 396.153 nm.

##### *Mode opératoire*

Prélever les échantillons dans des flacons en verre, les échantillons sont acidifiés avec l'acide nitrique (0.5%) et conservés pour une période de 01 mois.

##### *Lancer l'analyse*

1. Choisir l'élément à analyser en appuyant d'abord sur la méthode à partir du logiciel WinLab,
2. Remplir les tubes avec les standards, les échantillons et les contrôles qualité,
3. Cocher sur auto pour ouvrir la fenêtre Automated Analysis Control puis sur open pour ouvrir le fichier d'enregistrement des données,
4. Créer une table de travail dans le logiciel où chaque tube est attribué à une position dans la palette de l'échantillonneur,
5. La position des standards est programmée par défaut, en commençant par la plus faible concentration. Et au choix pour les autres tubes en indiquant le PSV de chaque échantillon,
6. Placer la gamme d'étalonnage et les échantillons à analyser dans l'échantillonneur, faire correspondre chaque élément avec la table de travail,
7. cocher sur *Analys all* pour commencer l'analyse.

Le logiciel indique directement les résultats d'aluminium en mg/l.

#### **IV.4. Interférences des métaux $\text{Cu}^{2+}$ / $\text{Zn}^{2+}$ avec l'aluminium**

Pour étudier les interférences des ions de cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  et zinc  $\text{Zn}^{2+}$  dans nos échantillons à température ambiante et à différents pH, de 2 à 3.5, avec un intervalle de 0,5 on a suivi ce mode opératoire :

On a préparé des solutions mères de cuivre et de zinc de concentration de 1g /l au sein de laboratoire de la station de potabilisation SEAAL.

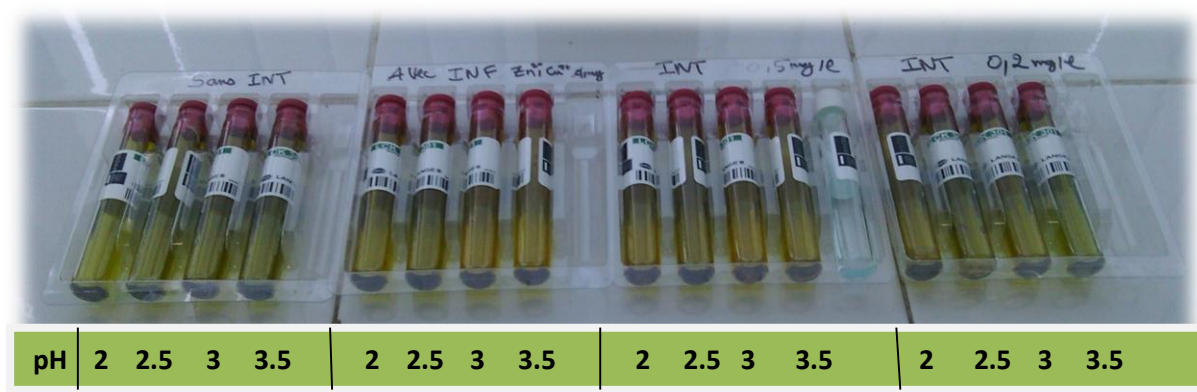
Puis on prépare des solutions filles à partir de la solution mère du  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  de concentrations de 0.5 ; 0.2mg /l et 1 mg/l respectivement à partir des solutions mères citées précédemment :

1. Pour une solution de 1mg/l du  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  on prend 0.5mg /l de la solution du cuivre et 0.5mg /l de solution du zinc.
2. Pour une solution de 0.5mg/l du  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  on prend 0.25mg /l de la solution du cuivre et 0.25mg /l de solution du zinc.
3. Pour une solution de 0.2mg/l du  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  on prend 0.1mg /l de la solution du cuivre et 0.1mg /l de solution du zinc.

Puis on prend 3ml de chacun de ces échantillons respectivement :

- Echantillons d'eau traitée sans ajout de  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  acidifié aux pH 2 ; 2.5 ; 3 et 3.5
- Echantillons d'eau traitée de 1mg/l de  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  acidifié aux pH 2 ; 2.5 ; 3 et 3.5
- Echantillons d'eau traitée de 0.5mg/l de  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  acidifié aux pH de 2 ; 2.5 ; 3 et 3.5
- Echantillons d'eau traitée de 0.2mg/l de  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  acidifié aux pH de 2 ; 2.5 ; 3 et 3.5

Enfin on applique la méthode spectrophotométrique LCK 301 citée précédemment.



**Figure IV.12 :** kits à LCK 301 avec et sans ajout de  $\text{Cu}^{2+}$  / $\text{Zn}^{2+}$  à un pH de 2 à 3.5.

## Chapitre V.

---

# *Résultats et Discussion*

---

Dans ce chapitre sont rassemblés les résultats expérimentaux obtenus au cours de cette étude ainsi que leur interprétation et discussion.

Nous nous sommes proposé d'étudier la variation de la concentration de l'aluminium présent dans l'eau traitée en fonction du pH avec différentes méthodes de dosage en l'occurrence : HACH, EC, LCK 301 et ICP-OES.

Parmi ces quatre, celle qui est utilisée quotidiennement au niveau de la station de traitement d'eau SEAAL de Tizi-Ouzou est la méthode LCK 301. Cette dernière, à l'inverse de la méthode ICP-OES, est une méthode spectroscopique moléculaire.

## V.1. Les résultats obtenus

### V.1.1. Teste de fiabilité de la méthode LCK 301

En premier lieu, nous avons voulu tester la fiabilité des résultats de la méthode LCK 301 quand à la détermination de la concentration de l'aluminium présent dans l'eau.

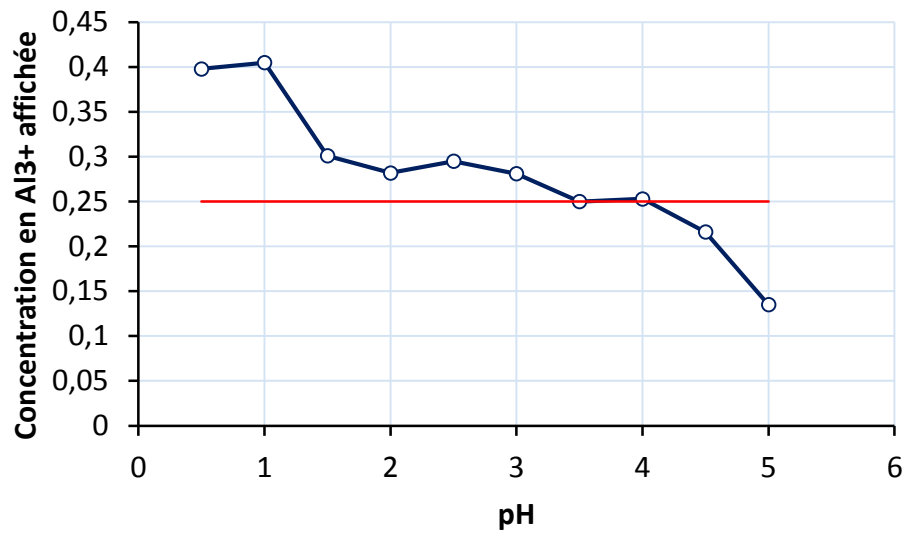
Pour cela, nous avons pris deux solutions de concentrations connues d' $\text{Al}^{3+}$ : une avec une concentration de 0.25 mg/l, notée S0.25, et l'autre de concentration 0.30 mg/l, notée S0.30. Ces deux solutions ont été préparées à partir de la solution standard d'aluminium (HACH 100 mg/l). Les pH initiaux de ces deux solutions est de 3.55 et 3.40, respectivement. Pour faire varier leur pH de 0.5 à 6.0, nous avons ajouté selon le cas de l'acide nitrique ou de l'hydroxyde de sodium. Les résultats numériques obtenus sont donnés dans le tableau V.1. Les tracés de la variation de  $[\text{Al}^{3+}]$  en fonction du pH sont donnés dans les figures V.1 et V.2.

**Tableau V.1** : Variation de la concentration de l'aluminium en fonction du pH dans les solutions S0.25 et S0.30 préparées à partir de la solution standard d'aluminium. Les concentrations sont obtenues avec la méthode LCK 301.

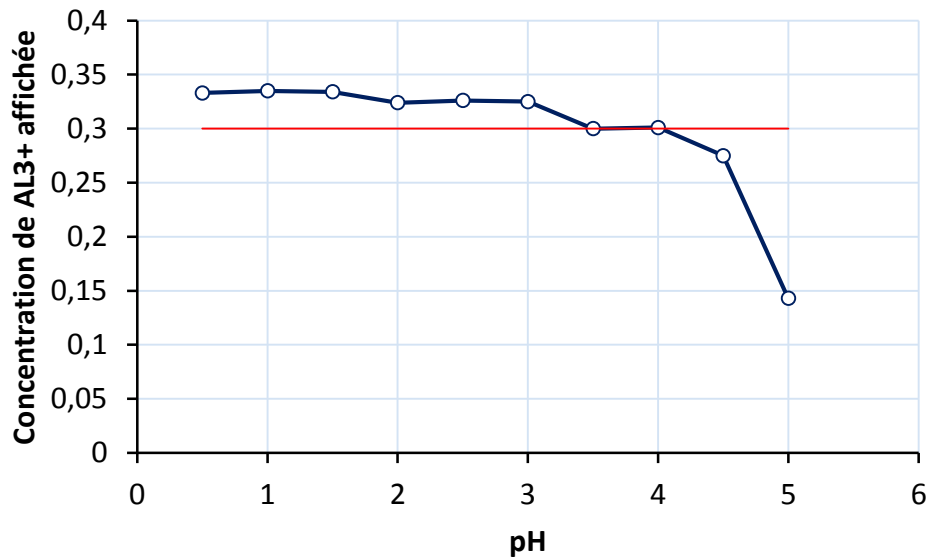
pH	S0.25	S0.30
0.5	0.398	0.333
1.0	0.405	0.335
1.5	0.301	0.334
2.0	0.282	0.324
2.5	0.295	0.326
3.0	0.281	0.325
3.5	0.250 <sup>a</sup>	0.300 <sup>b</sup>
4.0	0.253	0.301
4.5	0.216	0.275
5.0	0.135	0.143
5.5	0.026	0.05
6.0	0.008	0.01

<sup>a</sup> le pH de cette solution est de 3.55

<sup>b</sup> le pH de cette solution est de 3.4



**Figure V.1 :**  
Variation de la concentration obtenue avec le DR 6000 en fonction du pH de la solution S0.25 d'Al<sup>3+</sup>.

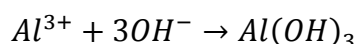
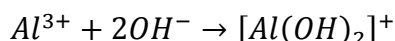
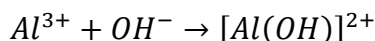


**Figure V.2 :**  
Variation de la concentration obtenue avec le DR 6000 en fonction du pH de la solution S0.30 d'Al<sup>3+</sup>.

Les deux figures montrent que la concentration de l'aluminium affichée par le spectrophotomètre DR 6000 dépend de la valeur du pH de la solution. En effet, cette concentration diminue lorsque le pH augmente. De plus, à pH fortement acide, les concentrations détectées sont supérieures à la concentration initiale en aluminium et à pH

proche de 6 le spectrophotomètre montre des valeurs inférieures à la valeur initiale. Au-delà de pH=5.5, les concentrations perçues tendent vers zéro.

Les concentrations de l'aluminium détectées dans le cas des solutions auxquelles nous avons rajoutées du NaOH sont très faibles, cela pourrait être dû au fait que les ions hydroxydes de la base ajoutée ont réagis avec les ions  $Al^{3+}$  pour former l'hydroxyde d'aluminium  $[Al(OH)_n]^{(3-n)+}$  selon les réactions suivantes :



Pour expliquer les valeurs élevées des concentrations de  $Al^{3+}$  obtenues pour des pH inférieurs à 3.5 ; ces valeurs sont supérieures à la concentration de l'aluminium ajoutée, nous avons réalisé une autre expérience.

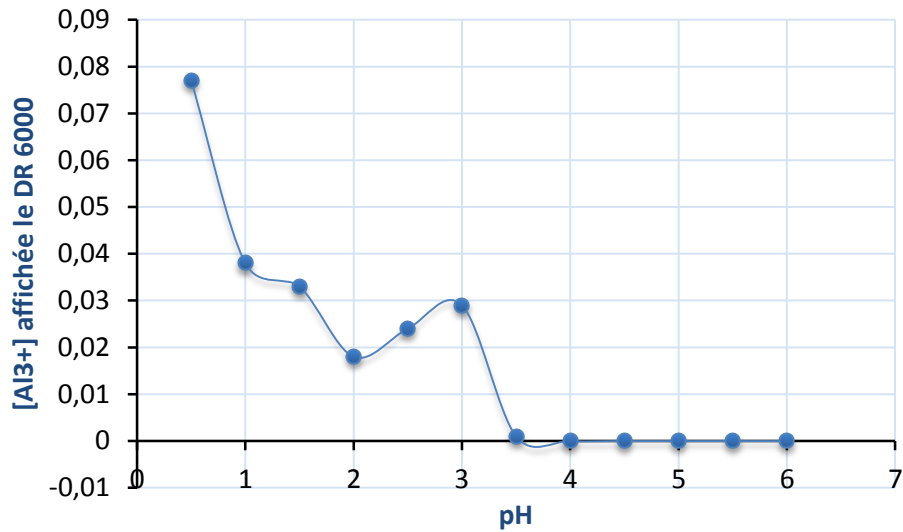
Pour cela, nous avons pris de l'eau de distillée qu'on a acidifiée pour obtenir plusieurs solutions avec différents pH variant de 0.5 à 6.0. Les résultats obtenus par l'application de la méthode LCK 301 sur ces échantillons sont donnés dans le tableau V.2 et représentés dans la figure V.3.

**Tableau V.2 :** Concentration en  $Al^{3+}$  affichée par le DR 6000 des solutions de l'eau distillée acidifiées. Sont également reportées les concentrations des solutions S0.25 et S0.30 corrigées par celles de l'eau distillée acidifiée.

pH	$[Al^{3+}]$		
	l'eau distillée	S0.25 <sup>a</sup>	S0.30 <sup>a</sup>
0.5	0.077	0.321	0.256
1.0	0.038	0.367	0.297
1.5	0.033	0.268	0.301
2.0	0.018	0.264	0.306
2.5	0.024	0.271	0.302
3.0	0.029	0.252	0.296
3.5	0.001	0.249 <sup>b</sup>	0.299 <sup>c</sup>
4.0	0.000	0.253	0.301
4.5	0.000	0.216	0.275
5.0	0.000	0.135	0.143
5.5	0.000	0.026	0.050
6.0	0.000	0.008	0.010

<sup>a</sup> Ces concentrations sont corrigées par celles de l'eau distillée.

<sup>b</sup> le pH de cette solution est de 3.55 <sup>c</sup> le pH de cette solution est de 3.4



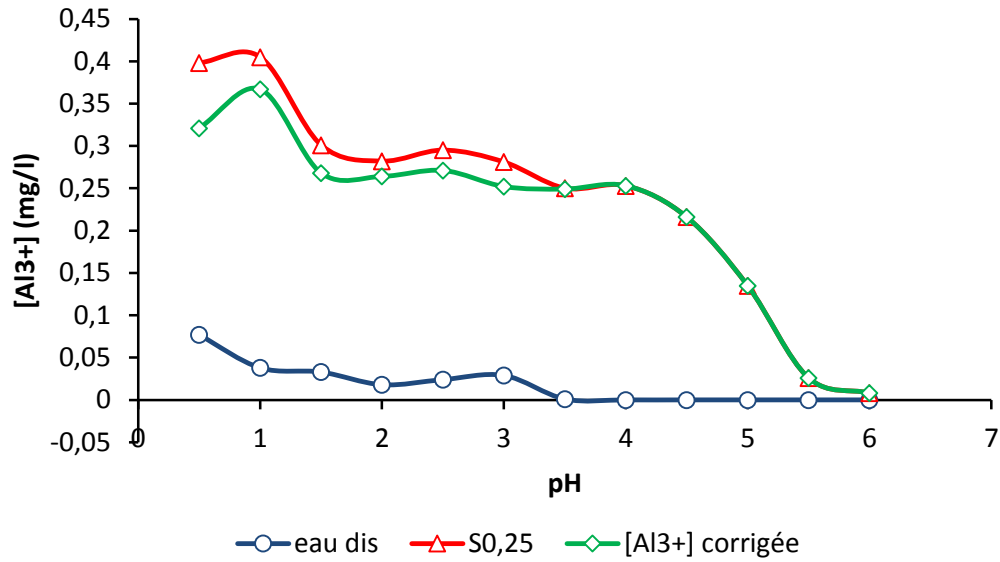
**Figure V.3 :**  
Concentration de l'aluminium en fonction du pH dans l'eau distillée.

La figure V.3 montre que même avec de l'eau distillée dans la cuve, l'appareil détecte des concentrations, censées être celles de l'aluminium, relativement élevées et qui augmentent au fur et à mesure que le pH de la solution diminue. Ainsi, la concentration affichée de l'aluminium dans l'eau distillée acidifiée jusqu'au pH de 0.5 est de 0.08 mg/l. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le chromazurol S (CAS) se serait complexé à d'autres cations :  $\text{Na}^+$  et  $\text{NH}_4^+$ , présents dans les réactifs utilisés dans la méthode LCK 301. Aussi, les valeurs affichées par le DR 6000 pour de faibles valeurs de pH ne sont pas à prendre telle quelle.

Nous avons tenu compte de ces interférences pour l'interprétation des résultats obtenus avec les solutions standards d'aluminium S0.25 et S0.30. Les nouvelles valeurs des concentrations obtenues sont données dans le tableau V.2. La variation de la concentration des ions  $\text{Al}^{3+}$  en fonction du pH après cette correction est représentée dans la figure V.4 pour S0.25 et V.5 pour S0.30.

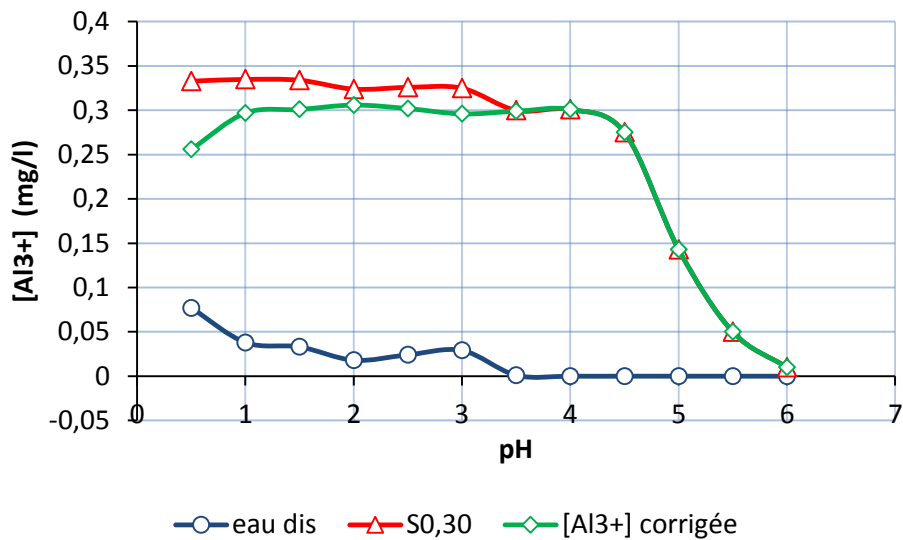
Ces deux figures montrent que même sans les interférences observées dans l'eau distillée, les valeurs des concentrations données par le DR 6000 restent légèrement supérieures à la concentration initiale de l'aluminium. Il faut noter que pour des valeurs de

pH comprises entre 1.5 et 4.0, les valeurs des concentrations en aluminium sont proches de la concentration initiale des solutions S0.25 et S0.3, soit  $0.25 \pm 0.02$  et  $0.30 \pm 0.01$ .



**Figure V.4 :**

Variation de la concentration de  $Al^{3+}$  en fonction du pH de la solution S0.25 sans et avec concentration de l'eau distillée.



**Figure V.5 :**

Variation de la concentration de  $Al^{3+}$  en fonction du pH de la solution S0.30 sans et avec concentration de l'eau distillée.

### V.1.2. Résultats de dosage d'aluminium dans l'eau traitée avec les différentes méthodes

Dans la suite de ce mémoire, nous avons pris quatre échantillons d'eau traitée à différentes dates.

Echantillon A	Eau traitée Du 27 avril 2016
Echantillon B	Eau traitée Du 28 avril 2016
Echantillon C	Eau traitée Du 24 mai 2016
Echantillon D	Eau traitée Du 08 juin 2016

Avant d'entamer le dosage de ces eaux avec les différentes méthodes, nous avons analysée quelques-unes de leurs caractéristiques physico-chimiques : la température, le pH, la conductivité, la turbidité. Les résultats sont donnés dans le tableau V.3.

**Tableau V.3:** Paramètres physico-chimiques de l'eau traitée des différents échantillons.

Paramètre	Unité	Echantillon				La norme
		A	B	C	D	
Température	°C	18.6	15.7	16.9	18.7	12 - 25
pH	/	7.50	7.53	7.22	7.57	6.5 – 8.5
Conductivité	µs/cm	470	470	475	460	< 2800
Turbidité	NTU	0.11	0.12	0.12	0.12	< 5
UV	UV/cm	0.026	0.030	0.024	0.025	
O <sub>2</sub> dissout	/	8.74	8.43	8.01	7.60	

Les résultats donnés dans le tableau V.3 montrent que les caractéristiques physicochimiques mesurées respectent les normes algériennes.

Les résultats obtenus par les différentes méthodes de dosage (LCK 301, HACH, EC, ICP –OES) des différents échantillons A, B, C et D sont donnés dans les tableaux V.4, V.5, V.6 et V.7.

La figure V.6 est l'histogramme de variation des concentrations en aluminium des échantillons analysés obtenues avec les différentes méthodes.

**Tableau V.4** : Concentration en aluminium détectée avec la méthode LCK 301 des échantillons A, B, C et D à différents pH.

pH	Echantillon			
	A	B	C	D
1.0	0.330	0.306	0.104	0.509
1.5	0.168	0.382	0.075	0.243
2.0	0.143	0.127	0.044	0.174
2.5	0.142	0.101	0.057	0.105
3.0	0.113	0.097	0.054	0.149
3.5	0.076	0.078	0.037	0.101
4.0	0.037	0.070	0.043	0.073
4.5	0.036	0.051	0.059	0.068
5.0	0.040	0.044	0.027	0.035
5.5	0.030	0.034	0.023	0.026
6.0	0.050	0.030	0.011	0.017
6.5	0.035	0.010	0.011	0.008
7.0 <sup>a</sup>	0.030	0.009	0.011	0.023

<sup>a</sup> pH de l'eau traitée (la valeur exacte est 7.4).

**Tableau V.5** : Concentrations de l'aluminium des différents échantillons obtenues avec la méthode HACH.

Echantillon	Concentration (mg/l)
<b>A</b>	0.060
<b>B</b>	0.031
<b>C</b>	0.027
<b>D</b>	0.065

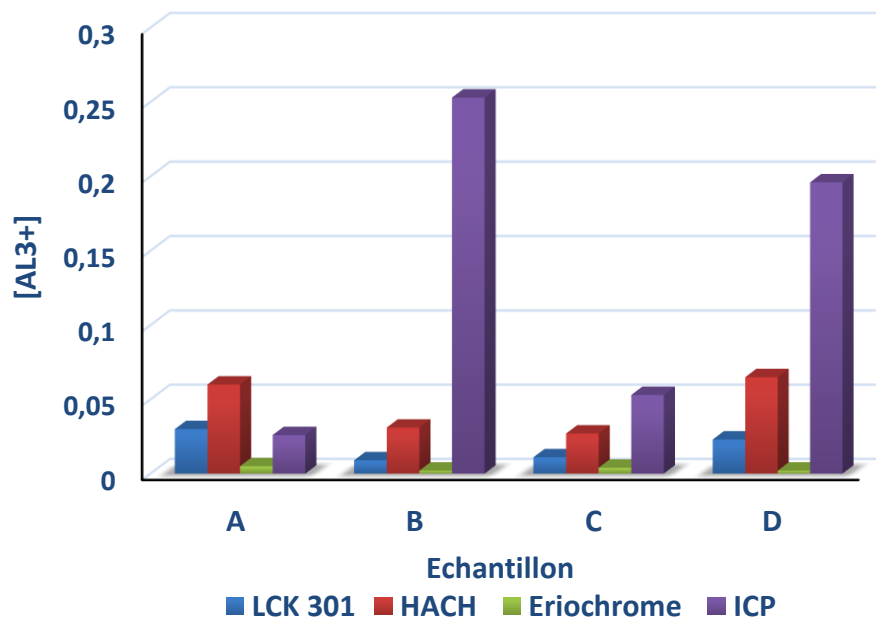
**Tableau V.6** : Concentrations de l'aluminium des différents échantillons obtenues avec la méthode EC.

Echantillon	Concentration (mg/l)
<b>A</b>	0.005
<b>B</b>	0.002
<b>C</b>	0.004
<b>D</b>	0.002

**Tableau V.7** : Concentration en aluminium détectée avec la méthode ICP-OES des échantillons A, B, C et D à différents pH.

pH	Echantillon			
	A	B	C	D
1.0 <sup>a</sup>	0.05	0.160	<0.05	0.19
1.5 <sup>a</sup>	0.011	0.350	0.06	0.23
2.0 <sup>a</sup>	0.018	0.250	<0.05	0.17
2.5	0.034	0.125	<0.05	0.07
3.0	0.034	0.130	<0.05	<0.05
3.5	0.053	0.110	<0.05	<0.05
4.0	0.021	0.210	<0.05	<0.05
4.5	0.022	0.06	<0.05	<0.05
5.0	0.024	0.05	<0.05	0.06
5.5	<0.05	0.026	<0.05	<0.05
6.0	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
6.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
7.0	<0.05	0.019	<0.05	<0.05

<sup>a</sup> Le domaine de pH de l'applicabilité de la méthode est entre 1.0 et 2.0.

**La figure V.6 :**

Variation des concentrations en aluminium des échantillons analysés obtenues avec les différentes méthodes.

D'après l'histogramme donné dans la figure V.6, les méthodes LCK 301, HACH et EC donnent des valeurs relativement proches.

Cette figure montre aussi que, si on prend comme référence la méthode LCK 301, la méthode HACH surestime les concentrations en aluminium  $[Al^{3+}]$  observées pour les quatre échantillons, pendant que la méthode de l'EC les sous-estime. Cette dernière donne des valeurs presque nulles.

Comme le montre les valeurs données dans le tableau V.8, les concentrations en aluminium obtenues avec la méthode LCK 301 sont proches des moyennes arithmétiques des  $[Al^{3+}]$  obtenues avec HACH et EC.

$$[Al^{3+}]_{LCK\ 301} \cong \frac{1}{2}([Al^{3+}]_{HACH} + [Al^{3+}]_{EC})$$

**Tableau V.8 :** Comparaison des  $[Al^{3+}]$  entre LCK et la moyenne (HACH+ E.C)/2.

Echantillon	$[Al^{3+}]_{LCK\ 301}$	$\frac{1}{2}([Al^{3+}]_{HACH} + [Al^{3+}]_{EC})$
A	0.030	0.032
B	0.009	0.016
C	0.011	0.015
D	0.023	0.033

La méthode ICP- OES donne des valeurs qui sont très différents des trois autres méthodes surtout pour B, C, et D.

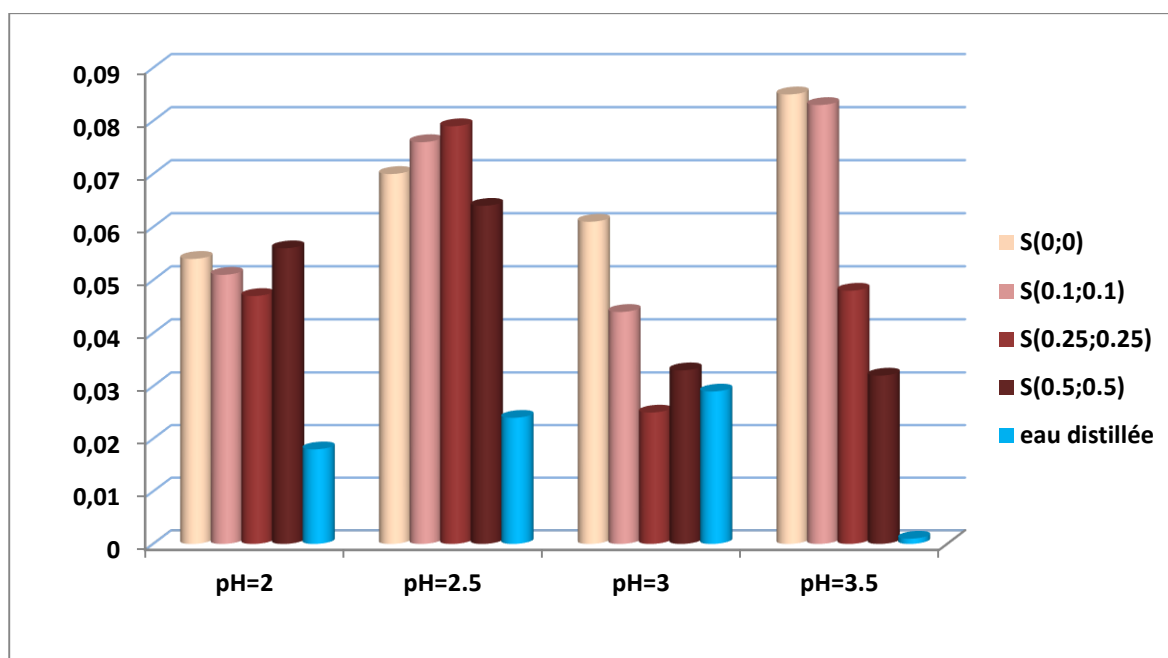
En effet, pour la méthode ICP-OES, les écarts entre les valeurs que nous a fournis le laboratoire de la SEAAL d'Alger sont assez élevés même dans le domaine de pH ou la méthode est appliquée. Ainsi, dans le cas de l'échantillon D, la concentration en aluminium est de 0.160 mg/l à pH = 1.0, 0.350 mg/l à pH = 1.5 et 0.25 à pH = 2.0. Soit un écart de 0.19 mg/l entre la plus grande et la plus petite valeur obtenue ; 0.19 mg/l est une divergence très importante sachant que la valeur de  $[Al^{3+}]$  autorisée est de 0.2mg/l.

### V.1.3. Effet de la présence d'ions $\text{Cu}^{2+}$ et $\text{Zn}^{2+}$ sur les résultats de la LCK 301

Pour étudier l'effet de l'ajout d'ions de cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  et de zinc  $\text{Zn}^{2+}$  sur les concentrations en aluminium détectées par le DR 6000, nous avons préparé quatre solutions  $\text{S}([\text{Cu}^{2+}]; [\text{Zn}^{2+}])$  à partir d'une eau traitée  $\text{S}(0;0)$ ,  $\text{S}(0.25;0.25)$ ,  $\text{S}(0.5;0.5)$  et  $\text{S}(0.1;0.1)$ , les concentrations sont données en mg/l. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau V.9 L'histogramme suivant, figure V.7, montre la variation des concentrations en Aluminium en fonction du pH, avec et sans ajout des solutions de  $\text{Zn}^{2+}/\text{Cu}^{2+}$ .

**Tableau V.9 :** Concentration de l'aluminium dans les solutions  $\text{S}(0;0)$ ,  $\text{S}(0.5;0.5)$ ,  $\text{S}(0.25;0.25)$  et  $\text{S}(0.1;0.1)$  obtenues avec la méthode LCK 301 à différentes valeurs de pH.

Solutions	pH	Mesure (mg/l)
$\text{S}(0;0)$	2	0.054
	2.5	0.070
	3	0.061
	3.5	0.085
$\text{S}(0.5;0.5)$	2	0.056
	2.5	0.064
	3	0.033
	3.5	0.032
$\text{S}(0.25;0.25)$	2	0.047
	2.5	0.079
	3	0.025
	3.5	0.048
$\text{S}(0.1;0.1)$	2	0.051
	2.5	0.076
	3	0.044
	3.5	0.083



**Figure V.7 :**  
Concentrations de l'aluminium en fonction du pH, avec et sans ajout des solutions de  $Zn^{2+}/Cu^{2+}$ .

Pour les valeurs de pH égales à 2.0 ; 2.5 et 3.0, la figure V.7 ne montre aucune corrélation directe entre la variation de la concentration en aluminium et la concentration des ions  $Zn^{2+}/Cu^{2+}$  ajoutée. Cela pourrait être due aux interférences résultantes de l'acidification de la solution, comme l'indiquent les histogrammes relatifs à l'eau distillée. En effet, la concentration en aluminium [ $Al^{3+}$ ] dans l'eau distillée acidifiée (pH= 2 ; 2.5 et 3) est suffisamment grande pour fausser les vraies valeurs des concentrations de l'aluminium présentes dans l'eau traitée, *cf.* figure V.7.

A pH = 3.5, la concentration en aluminium dans l'eau distillée est très faible, négligeable par rapport aux concentrations en aluminium obtenus dans le cas des solutions étudiées. Aussi, si la concentration en aluminium varie pour les autres solutions étudiées, cela serait due à la présence des ions  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  ajoutés.

La figure V.7 montre qu'à pH = 3.5 la concentration en aluminium diminue avec l'augmentation de la concentration des ions  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  ajoutés. Il semblerait que les ions  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  se complexent avec le chromazurol S ce qui fait qu'il resterait des ions  $Al^{3+}$ , qui ne seront pas complexés avec CAS donc il n'absorbe pas et ne sera pas détecté par le DR 6000.

A chaque fois que la quantité  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$  est élevée le nombre d'ions  $Al^{3+}$  qui se complexent diminue.

D'après la littérature le complexe Cu-CAS absorberait à des longueurs d'ondes comprises entre 540-586 nm et un pH de 6.5.

On montre dans la référence [33] que des interférences de l'ordre de 30% (respectivement, de 10%) seront détecter si le rapport  $\text{Cu}^{2+}/\text{Al}^{3+}$  (respectivement,  $\text{Zn}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ ) est de 1 /1.

Dans les conditions de notre expérience les concentrations en  $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{Cu}^{2+}$  ajoutées dans les solutions S(0.1 ; 0.1) ,S(0.25 ; 0.25) et S(0.5 ; 0.5) est respectivement de 2 fois,5 fois et 10 fois supérieur à la concentration de  $\text{Al}^{3+}$  obtenue dans le cas de S(0 ;0).

## *Conclusion Générale*

L'aluminium sous forme de sulfate est utilisé comme coagulant dans le processus de coagulation/floculation lors du traitement de l'eau au niveau de la station de potabilisation SEAAL de Taksebt. A la fin de la chaîne de traitement, toute la quantité de l'aluminium ajoutée doit être éliminée. Etant donné que même des traces de cet élément, aussi petites que 0.2 mg/l, engendreraient des effets néfastes sur la santé humaine tel que l'Alzheimer et le cancer.

L'examen des résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques sur la qualité des eaux de consommation indique que l'eau de la SEAAL de Tizi-Ouzou est une eau de bonne qualité par rapport à ces propriétés.

Notre travail est partagé en trois parties :

Dans la première partie, en voulant déterminer le pH optimal pour une détermination exacte de la concentration en aluminium d'une solution donnée avec la méthode LCK 301, nous avons déduit que l'acidification de la solution influe sur la concentration de l'aluminium détectée. Aussi, pour avoir la concentration réelle en aluminium de la solution avec la méthode LCK 301, il ne faudrait pas acidifier l'échantillon.

Dans la deuxième partie, les concentrations en aluminium de quatre échantillons ont été déterminées avec différentes méthodes d'analyse : LCK 301, HACH, EC et ICP-OES. Les résultats obtenus montrent que la méthode LCK 301 donne des valeurs de concentrations qui sont situées entre celles obtenues avec les deux méthodes HACH et EC. Mise à part l'échantillon A, la méthode ICP affiche des valeurs de concentrations très élevées par rapport aux autres méthodes.

La troisième partie de ce travail de mémoire a été consacré pour l'étude d'éventuelles interférences qui seraient dues à la présence d'ions métalliques. Pour cela, quatre solutions à base de  $Zn^{2+}$  et de  $Cu^{2+}$  ont été préparées. La variation de la concentration de l'aluminium en fonction du pH pour ces quatre solutions a été étudiée avec la méthode LCK 301. Les résultats montrent que pour des pH faibles (entre 2 et 3), les interférences dues à la présence des ions métalliques se sont mélangées avec celles dues à l'acidification. A pH égale à 3.5,

les interférences dues à l'acidification de la solution sont négligeables. A cette valeur de pH, les résultats montrent que lorsque la concentration en ions  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$  des solutions étudiées augmente la concentration  $[\text{Al}^{3+}]$  affichée par le DR 6000 diminue.

En perspective, il serait intéressant d'analyser en détail ces interférences en essayant de répondre aux différentes questions : (i) Quel est parmi  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$  celui qui perturbe le plus les résultats ? (ii) A partir de quelles concentrations ces perturbations deviennent un sérieux problème ? (iii) Etudier d'éventuelles interférences qui se seraient dues à la présence des ions  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ .

**Référence :**

- [1] Desjardins R., Le traitement des eaux. Presses internationales Polytechnique ; revue et enrichie, Canada, deuxième édition, (1997),p 3-4,27-29.
- [2] Etude d'impact sur l'environnement : système de transfert pour l'alimentation en eau potable Taksebt-Alger ; rapport de mission 4, Avril 2004.
- [3] Notice général d'exploitation destine au personnel de maitrise. Degremont suez : Station de traitement des eaux. TAKSEBT.14/06/2008.p 3- 12.
- [4] VALENTIN Nicolas. Thèse doctorat. L'Université de Technologie de Compiègne, (2000).
- [5] Centre International De Formation (C.I.D.F.), Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux.
- [6] Lind C., Coagulation Control and Optimization: Part one, Public Works, 56-57, October, (1994).
- [7] Lind C., Coagulation Control and Optimization: Part two, PublicWorks,32-33, November, (1994).
- [8] BOTTERO J.Y, LARTIGES B. Séparation liquide-solide par coagulation floculation : les coagulants/floculant, mécanismes d'agrégation, structure et densité des floccs, Mines et carrières Industrie minérales Les Techniques,(1992),p 37-44.
- [9] THEBAULT P. Elimination des matières organiques et des micropolluants contenus dans les eaux de surface : Rôle et efficacité des coagulants, Thèse de docteur-Ingénieur, I.N.P.L, (1978).
- [10] LEFEBVRE E. Coagulation des substances humiques aquatiques par le fer ferrique en milieu aqueux. Effet de la préoxydation, Thèse de Doctorat, université de Poitiers,(1990).
- [11] SEGHIRI R. Elimination des substances humiques extraites de l'eau de la retenue de Hammam-Ghrouz par coagulaion-floculation avec le fer ferrique et les sels d'aluminium, Thèse de Magister, université de Constantine, (1996).
- [12] Pierre. M., Traitement des eaux avant utilisation. Matière particulière. Technique d'ingénieur. G1 170
- [13] Degremont., Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS – Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition, (2005).
- [14] Yves Mottot., texte de la 279 e conférence de l'Université de tous les savoir donnée. Coagulants et floculants, (2000).
- [15] BEAUDRY Jean-Paul. Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, (1984).
- [16] MASSCHELEIN W.J., Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Editeur: Cebedoc, (1999).
- [17] Schaller K.H., Letzel S., Angerer J., Seiler HG., Sigel A., Sigel E., (1994), Aluminium, editors. Handbook on metals and clinical and analytical chemistry. New York: Marcel Dekker 217–226.
- [18] Rosin C., Morlot M., Lukaszka R., Trepagne P., Hartemann P .,(1990), Impact des ultrasons dans le dosage de l'aluminium en absorption atomique sans flamme, T.S.M. L'EAU, 2, pp 81-84.
- [19] Cathalifaud G., Ayele J., Mazet M., (1977), Etude de la complexation des ions aluminium par des molécules organiques : constantes et stoechiométrie des complexes. Application au traitement de potabilisation des eaux, Pergamon 4 :689-698.
- [20] Yilmaz A.E., Boncukcuoglu R., Kocakerim M.,(2007), A quantitative comparison between electrocoagulation and chemical coagulation for boron removal from boron cont .
- [21] Pyrzynska K., Bulska E., Gucer S., Hulanicki A.,( 1999), Aluminium speciation in natural waters, Chem. Anal. (Warsaw) 44:1-14.
- [22] Poleo A.B.S., (1995), Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminum to fish, Aquatic Toxicology 31:347-356.
- [23] Jago C.H., Haines T.A., (1997), Changes in Gill Morphology of Atlantic Salmon Smolts due to addition of acid and aluminium to Stream Water, Environmental Pollution 97 (1-2):137-146.

- [24] Gundersen D. T., Bustaman S., Seim W. K., Curtis L. R., (1994), pH, Hardness, and humic acid influence aluminum toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in weakly alkaline waters, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51:1345-1355.
- [25] Wilkinson K.J., (1993), Bioaccumulation de l'aluminium inorganique chez le saumon atlantique en relation avec l'acidification du milieu aquatique, Doctorat en Science de L'eau, INRS, Université de Québec.
- [26] Rout G.R., Samantaray S., Das P. (2001), Aluminium toxicity in plants: a review, *Agronomie* 21: 3-21.
- [27] Jaudon M.C., (1991), L'aluminium, Les Oligo-éléments en médecine et biologie, Chappuis P. coordinateur, Lavoissier TEC&DOC, PARIS.
- [28] Flaten t. P., (2001), Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water, *Brain Research Bulletin* 55, (2):187-196.
- [29] Berthon G., (2002), Aluminium speciation in relation to aluminum bioavailability, metabolism and toxicity, *Coordination Chemistry reviews*: 228(2):319-341.
- [30] Busset C., (2003), Etude de la labilité de complexes Aluminium-molécules organique simple. Rapport de recherche. Université de Poitiers et Nancy, Franceaining solution, J. Hazard. Mater 149(2):475-481.
- [31] Rodier; Legube. B ; Merlet. N; Coll., L'analyse de l'eau, 9ème édition. Dunod. (2009).
- [32] Journal officiel de la république algérienne. N° 18 eau potable. (2011).
- [33] Ngrisan, N.I.; Zanariah, C.W.; Ngah, C.W.; Ahmad, M.; Kuswandi, B. *Sensors and actuators B* 203(2014) :465-40.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18 du 2 MARS  
2011  
PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE  
(PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES)

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres organoleptique	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 ° C	Taux dilution	4
	Saveur 25 ° C	Taux dilution	4
Paramètres physicochimiques en relation avec a structure naturelle de l'eau	Alcalinité	mg/l en Ca Co3	500
	Calcium	mg/l en Ca Co3	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions d'hydrogènes	Unité pH	>6,5 et <9
	Conductivité à 20 ° C	µ S/cm	2800
	Dureté	mg/l en Ca Co3	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	° C	25
Paramètres chimique	Aluminium	mg/l	0.2
	Ammonium	mg/l	0.5
	Baryum	mg/l	0.7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0.3
	Fluorures	mg/l	1.5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0.2
	Oxydabilités	mg/l O2	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0.5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	µg/l	2
	Cyanure	µg/l	20
	Mercuré	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	mg/l	5	
Chlore	mg/l	5	
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/200ml	0

## Les normes de potabilité selon l'OMS en 2006

GROUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
<b>Paramètres physiques</b>	PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		Acceptable
	Turbidité		Non mentionnée
<b>Paramètres organoleptiques</b>	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables
<b>Eléments toxiques</b>	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN <sup>-</sup> )	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
<b>Eléments indésirables</b>	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu <sup>2+</sup> )	mg/l	2
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N <sub>1</sub> O <sub>5</sub> P <sub>1 3</sub>	µg/l	0.1
	Pesticides	mg/l	0.0001
<b>Minéralisation Globale</b>	THM (Trihalométhanes) C Cl <sub>4</sub>	µg/l	4
	CalciumCa <sup>2+</sup>	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	<u>Dureté mg/l CaCO<sub>3</sub></u>	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/l	20
	Potassium ( K <sup>+</sup> )	mg/l	24
<b>Paramètres microbiologiques</b>	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spores des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonella	nb/5l	Absence

## Résumé

Le traitement de l'eau potable par la coagulation -floculation est l'usage très répandu qui permet de réduire la couleur et la turbidité causée par les contaminants organiques et inorganiques. Il s'est avéré que l'usage des sels d'aluminium est très efficace mais génère des ions métalliques résiduels neurotoxiques pour l'organisme humain. Plusieurs méthodes de dosage sont utilisées pour déterminer la concentration des traces d'aluminium.

Le présent travail a pour but d'étudier la fiabilité de la méthode LCK 301, une méthode utilisée au niveau de la station de traitement des eaux du barrage de Taqsebt (SEAAL), pour le dosage de l'aluminium.

Les résultats obtenus montrent que l'acidification de la solution influe sur les concentrations détectées par le spectrophotomètre. De plus, la présence d'ions métalliques, tels que  $Zn^{2+}$  et  $Cu^{2+}$ , provoquent des interférences et perturbent ainsi les résultats.

En conclusion, l'acidification de l'échantillon et la présence d'ions métalliques altèrent les résultats de la méthode LCK 301.

**Mots clés :** LCK 301, eau potable, aluminium, méthodes de dosage.

## Abstract

The treatment of drinking water by coagulation -flocculation is the widespread use which reduces the color and turbidity caused by organic and inorganic contaminants. It turned out that the use of aluminum salts is very effective but generates residual neurotoxic metal ions to the human body. Different dosage methods are used to determine the aluminium traces concentrations.

The main purpose of the present work is to study the reliability of the method LCK 301, a method used at the water treatment station at Taqsebt (SEAAL), to determine the aluminium concentration.

The obtained results show that the solution acidification influences the spectrophotometer detected concentrations. Moreover, the presence of metallic ions,  $Zn^{2+}$  and  $Cu^{2+}$ , generates interferences and so perturbs the obtained results.

In conclusion, the sample acidification and the presence of metallic ions in the solution alter the LCK 301 method results.

**Keywords:** LCK 301, drinking water, aluminum, dosage method.