

Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
Faculté de technologie
Département des sciences de l'eau et environnement



MEMOIRE DE MASTERE

Filière : hydraulique
Spécialité : Ressources Hydraulique

Thème :

**Etude comparative entre le sulfate d'aluminium et le
chlorure ferrique comme coagulant dans le traitement
des eaux de barrage**

Présenté par:

CHIKHAOUI hadjer wafa
KACI samah

Devant le jury composé de :

M. OULARBI
M. HADDAD
M. BELKACEM FILALI
M. AMRI MOHAMED

Président
Examineur
Encadreur
Invité

Année Universitaire 2022 /2023

Remerciements

D'abord et après le nom de Dieu, en préambule à ce mémoire, nous tenons tout à remercier

ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Puis, nous tenons à remercier notre Encadreur M. BELKACEM FILALI pour nous avoir

guidés et accorder son temps précieux.

Nous espérons que ce travail témoigne de notre gratitude pour cela.

Un merci spécial aux membres du jury M. OULARBI et M. HADDAD pour leur présence, à nous écouter et à nous guider avec leurs précieux conseils.

Nous remercions également le chef de laboratoire Monsieur AMRI MOHAMED de nous

avoir acceptés pour faire ce stage au sein de la station de traitement Mazafran (SAA) et pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département des sciences de l'eau et environnement et de la faculté des sciences et de la technologie de l'université Saad Dahleb BLIDA 1

Dédicace

Je dédie ce travail à des personnes qui occupent une place spéciale dans ma vie :

*À ma **mère***

bien-aimée, aucune phrase ne suffirait à exprimer ma profonde gratitude et mon amour éternel envers toi. Tu as fait d'innombrables sacrifices pour mon éducation et mon bien-être. Ton soutien et tes encouragements constants ont été inestimables durant toutes mes années d'études. Que Dieu te protège, te donne santé, bonheur et une longue vie, et que je ne te déçoive jamais.

*À mon très cher **père***

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu le garde dans son vaste paradis.

*A mes chers **grands-parents**, qui je souhaite une bonne santé.*

*À ma tante **Rachida Mahmoudi**, que j'aime tant, pour son soutien et son encouragement. Tu es pour moi comme une deuxième maman. Que Dieu te garde, te procure santé, joie et bonheur.*

*À mes **oncles**, pour leur soutien dans les moments difficiles. Je vous dédie ce travail en témoignage de l'affection que je vous porte.*

*À mes chères **cousines** et mon **cousin**, je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

*À **Meriem**, une personne qui occupe une place spéciale dans mon cœur, une sœur et une amie. Tu as été à mes côtés tout au long de ces années, partageant de nombreux moments avec moi. Que Dieu te protège et te garde pour moi.*

*À mon binôme **Kaci samah**, pour tous les souvenirs que nous avons partagés pendant nos années d'études ensemble, en particulier ces deux dernières années. Tu occupes une place très spéciale dans mon cœur. Je te souhaite une vie remplie de bonheur, de santé et de succès.*

*À mes chères **amis**, Aya, Moncef et Ismail pour leurs aides et supports dans les moments difficiles et à mes **collègues** de l'université Saad Dahleb Blida15.*

Wafa

Dédicace

Je souhaite dédier ce travail

*À mes **chers parents**,*

qui grâce à la volonté divine, ont rempli avec succès leur rôle. Leur soutien matériel et moral, ainsi que leurs encouragements et leur patience, m'ont permis de surmonter les obstacles et d'atteindre les plus hauts niveaux d'études. Sans leur présence et leur soutien, je n'aurais jamais pu atteindre le point où je me trouve aujourd'hui.

*À notre co-encadreur **Mohamed Amri***

qui nous a apporté un grand soutien pour la réussite de ce travail.

*À tous mes **professeurs** à tous les niveaux d'études en particulier les professeurs de mathématique que j'aimais beaucoup me salutations*

*À mon frère **Taher**, ma sœur **Marwa** et tous les membres de ma famille, sans oublier mes amis qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour partager leurs connaissances **Chikhoui Hadjer Wafa, Brihom Aya, Bouchra Maddah et Lina Balkacharib.***

Samah

ملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى إجراء مقارنة شاملة بين اثنين من مواد التخثر المستخدمة على نطاق واسع، وهما كلوريد الحديد وكبريتات الألومنيوم، من خلال فحص أداء كل منهما في عملية التخثر والتلبد. كان الهدف هو تحديد مادة التخثر التي أثبتت أنها الأكثر كفاءة من حيث جودة المياه المعالجة وكفاءة عملية التخثر والتكلفة الاقتصادية.

باختصار، أظهرت هذه الدراسة المقارنة أن كلوريد الحديد كان أكثر مواد التخثر استخدامًا نظرًا لكفاءته العالية في عملية التخثر والتلبد، وقدرته على إنتاج كتل صلبة بسرعة وتكلفته الاقتصادية المفيدة. ومع ذلك، يوصى بمراعاة الخصائص المحددة لكل موقف قبل اتخاذ قرار نهائي بشأن مادة التخثر التي يجب استخدامها.

الكلمات الرئيسية : التخثر - التلبد، كتل.

Résumé :

Cette étude visait à comparer de manière approfondie deux coagulants largement utilisés, à savoir le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine, en examinant leurs performances respectives dans le processus de coagulation-floculation. L'objectif était d'identifier le coagulant qui se révèle le plus performant en termes de qualité de l'eau traitée, d'efficacité du processus de coagulation et de coût économique.

En résumé, cette étude comparative a démontré que le chlorure ferrique était le coagulant le plus utilisé en raison de sa grande efficacité dans le processus de coagulation-floculation, de sa capacité à produire rapidement des floccs solides et de son coût économique avantageux. Cependant, il est recommandé de tenir compte des caractéristiques spécifiques de chaque situation avant de prendre une décision finale sur le coagulant à utiliser.

Mot-clé : coagulation-floculation, chlorure ferrique, floccs.

Abstract :

This study aimed to comprehensively compare two widely used coagulants, namely ferric chloride and aluminum sulfate, by examining their respective performance in the coagulation-flocculation process. The objective was to identify the coagulant that proves to be the most effective in terms of treated water quality, efficiency of the coagulation process, and economic cost.

In summary, this comparative study demonstrated that ferric chloride was the most widely used coagulant due to its high efficiency in the coagulation-flocculation process, its ability to rapidly produce solid floccs, and its cost advantage. However, it is recommended to consider the specific characteristics of each situation before making a final decision on the coagulant to be used.

Keywords : coagulation-flocculation, ferric chloride, floccs.

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau 2.1 : Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium (Desjardins, 1997).....	18
---	----

Chapitre III

Tableau 3.2 : Les caractéristiques des deux barrages Bouroumi et Douera.....	30
---	----

Chapitre V

Tableau 5.3 : Le coût de la clarification par chlorure ferrique vs Sulfate d'Alumine.....	51
Tableau 5.4 : Paramètre physico-chimique pour une eau de différente turbidité (EB.ET).....	52
Tableau 5.5 : La turbidité des différentes eaux (EB.ET. ED) pour les deux coagulants.....	53
Tableau 5.6 : La turbidité et le taux d'abattement de à l'eau décantée pour les deux coagulants.....	54
Tableau 5.7 : La turbidité et le taux d'abattement de à l'eau filtrée pour les deux coagulants.....	55
Tableau 5.8 : La matière organique et le taux d'abattement pour une eau de différente turbidité (EB.ET) par les deux coagulants.....	56
Tableau 5.9 : TAC des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.....	58
Tableau 5.10 : Le ph des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.....	59
Tableau 5.11 : Résultats de dosage d'Aluminium des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.....	60
Tableau 5.12 : Résultats de dosage Fer des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants	61

Liste des Figures

Chapitre I

Figure 1.1 : L'échelle de pH.....	7
-----------------------------------	---

Chapitre II

Figure 2.2 : Schémas comparaison illustrée du phénomène de et du phénomène de floculation des cellules.....	16
Figure 2.3 : Schémas d'une floculation.....	21
Figure 2.4 : Décanteur à circulation des boues.....	25
Figure 2.5 : La décantation lamellaire.....	26

Chapitre III

Figure 3.6 : Vue général de Barrage de BOUROUMI.....	30
Figure 3.7 : Vue général de Barrage de DOUERA.....	31
Figure 3.8 : Vue schématique des filières de traitement de la SAA.....	31
Figure 3.9 : Le Bassin répartiteur	32
Figure 3.10 : injection des réactifs (bassin répartiteur).....	33
Figure 3.11 : Schéma de la station de traitement d'eau de Mazafran.....	35

Chapitre IV

Figure 4.12 : Robinets d'échantillonnages.....	37
Figure 4.13: pH- mètre sension+pH3 HACH.....	38
Figure 4.14 : conductivimètre.....	39
Figure 4.15 : L'acide chlorhydrique 0,1 N	41
Figure 4.16 : Turbidimètre 2100N.....	42
Figure 4.17 : spectromètre DR5000.....	43
Figure 4.18 : Protocole d'analyse de l'échantillon (LCK301).....	44
Figure 4.19: Le réactif B (LCK301 B).....	44
Figure 4.20 : les échantillons de dosage d'aluminium.....	45
Figure 4.21 : Protocole de dosage du fer par Kit LCK 521.....	46
Figure 4.22 : les échantillons de dosage de fer.....	47

Liste des abréviations

Al : aluminium

MES : matière en suspension

MO : matière organique

MON : matière organique naturelle

MEST : matières en suspension totale

TA : titre alcalimétrique

TAC : taux d'alcalinité complet

TH : taux hydrotimétrique (la dureté)

EB : eau brute

ET : eau traitée

ED : eau décantée

Ph : potentiel hydrogène

DBO : la Demande Biochimique en Oxygène

DCO : la Demande chimique en oxygène

THM : Trihalométhanes

QC : contrôle qualité

Les unités

DA : Dinar Algérien

kg/DA : kilogramme sur Dinar Algérien

Km : kilomètre

km² : kilomètre carré

m : mètre

mm : millimètre

m² : mètre carré

m³ : mètre cube

m³/an : mètre cube par ans

m³/j : mètre cube par jour

m³/h : mètre cube par heure

mm/an : millimètre par an

l : litre

l/s : litre par seconde

ml : millilitre

kg : kilogramme

mg : milligramme

g/l : gramme par litre

mg/l : milligramme par litre

µS/cm : microsiemens par cm

mS/cm : millisiemens par cm

min : minute

s : seconde

°f : degré français

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

µm : le micromètre

°C : le degré Celsius

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste de figures	
Liste des abréviations	
Liste des unités	
Introduction générale.....	

Chapitre I : Généralités et la potabilisation des eaux de surface

I.1) Introduction.....	2
I.2) Origine de l'eau potable.....	2
I.3) Les Eaux souterraines.....	3
I.4) Les Eaux de surface - origine et caractéristiques.....	3
I.4.1) Origine des eaux de surface:.....	4
I.4.2) Caractéristiques des eaux de surface :.....	4
I.5) Paramètres de qualité d'eau potable.....	4
I.5.1) Les paramètres organoleptiques :.....	4
I.5.2) Les paramètres physico-chimiques.....	5
I.5.3) Les paramètres concernant des substances indésirables :.....	7
I.5.4) les paramètres microbiologiques :.....	9

Chapitre II : processus de traitement de l'eau

II.1) Introduction.....	12
II.2) Prétraitements de clarification.....	12
II.2.1) Dégrillage et tamisage.....	12
II.2.2) Dessablage.....	12
II.2.3) Le débouage.....	13
II.3) Procédés de traitement.....	13
II.3.1) La pré-oxydation :.....	13
II.3.1.1) Aération :.....	13
II.3.1.2) Oxydation chimique.....	14
II.3.2) coagulation et les facteurs influençant sur la coagulation.....	16
II.3.2.1) La coagulation.....	16
II.3.2.2) les facteurs influençant sur la coagulation.....	16

II.3.2.3) les réactifs coagulant utilisées (sulfate d'alumine et chlorure ferrique)	18
II.3.2.4) Les critères de choix d'un coagulant et détermination des taux de traitement.....	20
II.3.3) Flocculation et les différents types de flocculant.....	21
II.3.3.1) Les type de flocculation:	21
II.3.3.2) Les différents flocculants :	22
a. Les flocculants minéraux :.....	22
b. Les flocculants naturels :	22
II.3.3.3) Les Conditions nécessaires pour réaliser une bonne flocculation:	23
II.3.4) Décantation.....	23
II.3.4.1) Les différents types de décantation	24
II.3.5) Filtration	26

Chapitre III : région d'étude - caractéristiques et de la station de traitement mazafran saa

III.1) Présentation de la station de traitement mazafran (SAA)	29
III.2) Historique.....	29
III.3) Origine de l'eau brute.....	29
III.4) Filières de traitement	31
a. Le bassin répartiteur:.....	32
b. Injection des produits chimiques	33
III.5) Le principe de fonctionnement des filières de traitement:	33
III.5.1) La filière Virgo :	33
III.5.2) La filière Linde :	34

Chapitre IV: procédures expérimentales et méthodes d'analyses

1) Introduction.....	37
2) Échantillonnage	37
3) Paramètres physico chimique.....	38
3.1) Détermination de pH :.....	38
C. Mode opératoire	38
3.2) Détermination de la conductivité électrique :	39
3.3) Détermination de l'aclalinité :	40
4) Paramètres organoleptiques (turbidité, couleur)	42
5) Métaux lourds (Aluminium, Fer).....	42
5.1) Dosage de l'Aluminium :	42

B. Préparation des échantillons :.....	43
C. Analyses des échantillons et le contrôle qualité :.....	43
5.2) Dosage de Fer :	45
6) Jar Test (Essai de traitabilité et optimisation les taux de traitement)	47

Chapitre v : résultats et interprétation

1) Introduction.....	51
2) Coût de la clarification par chlorure ferrique vs sulfate d'Alumine	51
3) Résultats expérimentaux :	52
3.1) Qualité de l'eau (Eau Brute, Eau Traitée)	52
3.2) Comparaison entre résultats obtenue pour sulfate d'aluminium et chlorure ferrique.....	53
3.2.1) Mesure efficacité de traitement pour les deux coagulants :.....	53
3.2.2) Efficacité de traitement à l'eau Décantée :	54
3.2.3) Efficacité de traitement à l'eau filtrée.....	55
3.3) Elimination la matière organique par les deux coagulants.....	56
3.4) Alcalinité complet (TAC)	58
3.5) Evolution du PH	59
3.6) Aluminium résiduel (Al^{+3}) : Eau Traitée	60
3.7) Paramètre Fer (Fe^{+3})	61
4) Comparaison entre sulfate de l'Aluminium et le Chlorure Ferrique :.....	62
5) Conclusions et perspectives :	62



Introduction



INTRODUCTION

L'accès à une eau potable et de qualité est essentiel pour la santé humaine et le développement durable. Dans le monde entier, de nombreuses sources d'eau, telles que les rivières, les lacs et les barrages, nécessitent un traitement avant de pouvoir être utilisées à des fins domestiques, industrielles ou agricoles. Le processus de traitement de l'eau implique souvent l'utilisation de coagulants, qui jouent un rôle crucial dans l'élimination des impuretés et des particules en suspension.

La coagulation consiste à regrouper les particules en suspension dans l'eau en ajoutant des coagulants chimiques. Parmi les coagulants les plus couramment utilisés, on trouve le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique sont largement adoptés en raison de leur efficacité et de leur disponibilité. Ces deux substances sont capables de neutraliser les charges électriques présentes dans l'eau, favorisant ainsi la formation de floccs qui peuvent être facilement éliminés lors des étapes ultérieures du traitement.

Cette étude comparative se propose d'évaluer et de comparer l'efficacité du sulfate d'aluminium et du chlorure ferrique en tant que coagulants dans le traitement des eaux des deux barrages Bouroumi et Douera. L'objectif principal est d'identifier le coagulant le plus performant en termes de qualité de l'eau traitée, d'efficacité du processus de coagulation et de coût économique.

Dans cette étude nous cherchons à déterminer lequel de ces coagulants est le plus efficace en termes de réduction de la turbidité, de la matière en suspension et d'autres paramètres de qualité de l'eau.

Nous examinerons les principes fondamentaux de la coagulation et des procédés de traitement des eaux de barrage. Nous aborderons également les caractéristiques spécifiques du sulfate d'aluminium et du chlorure ferrique, en mettant en évidence leurs avantages et leurs inconvénients respectifs.

Cette étude comparative sera réalisée en laboratoire, en utilisant des échantillons d'eau de barrage présentant différentes turbidités. Nous effectuerons des tests expérimentaux, qui permettent de déterminer les dosages optimaux de chaque coagulant pour obtenir une réduction maximale de la turbidité.

Les résultats de cette étude comparative fourniront des informations précieuses pour les professionnels du traitement de l'eau, les gestionnaires de barrages et les décideurs, en les aidant à prendre des décisions éclairées quant au choix du coagulant le plus approprié pour le traitement des eaux de barrage. Ces résultats contribueront également à l'amélioration globale de la qualité de l'eau potable, en garantissant une meilleure efficacité et une plus grande sécurité dans les processus de traitement.

Pour ce faire, ce présent travail est subdivisé principalement en cinq grands chapitres:

Le chapitre I : Généralités et la potabilisation des eaux de surface.

Le chapitre II : Processus de traitement de l'eau.

INTRODUCTION

Le chapitre III : Nous présentons la région d'étude et les caractéristiques de la station de traitement MAZAFRON SAA.

Dans le chapitre IV : Les procédures expérimentales et les méthodes d'analyses

Le chapitre V : A été réservé pour interpréter les résultats expérimentaux enregistrés, et pour l'exploitation de l'influence des paramètres mesurés sur la coagulation floculation et décantation.

Et une conclusion est donnée pour résumer le fruit de notre travail.



CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS ET LA POTABILISATION DES EAUX DE SURFACE



1) Introduction

L'eau est un élément essentiel à la vie humaine et l'accès à une eau potable et sûre est une priorité essentielle pour la santé publique.

Les eaux de surface, telles que les rivières, les lacs et les réservoirs, jouent un rôle crucial dans la satisfaction de ce besoin, notamment dans les régions où les ressources en eau souterraine sont limitées. Cependant, les eaux de surface sont souvent exposées à diverses sources de contamination, ce qui rend nécessaire leur traitement avant leur utilisation comme eau potable.

2) Origine de l'eau potable

L'eau est l'un des éléments essentiels nécessaires à la survie de tous les organismes vivants. On estime que l'eau est apparue pour la première fois sur Terre il y a environ 4,5 milliards d'années, et depuis lors, elle circule à travers divers processus naturels tels que le cycle de l'eau. [1]

Tout au long de l'histoire, les humains ont compté sur diverses sources pour l'eau potable, telles que les rivières, les lacs et les réservoirs et les réserves d'eau de pluie. 62 % de l'eau du potable provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (rivières, lacs). [2]

Donc on retrouve quatre sources principales d'eaux brutes :

- Les eaux de pluie
- Les eaux de surface
- Les eaux souterraines
- Les eaux de mer

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments essentiels pour notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable.

À mesure que la technologie progressait, les humains ont développé des méthodes de purification de l'eau plus sophistiquées, telles que la filtration et le traitement chimique. Aujourd'hui, l'eau potable est généralement prélevée dans les eaux de surface ou les eaux souterraines et subit divers processus de traitement pour garantir qu'elle répond aux normes de sécurité et de qualité strictes et offrir une eau potable, totalement débarrassée de ses impuretés avant d'être livrée à nos foyers et à nos entreprises. Elle passe par une usine de traitement pour la décontaminer puis elle rejoint des réservoirs de stockage ou des châteaux d'eau, à l'aide de canalisations souterraines. L'eau est alors utilisée pour la consommation humaine. [2]

3) Les Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des eaux stockées sous la surface de sol dans une réserve d'eau souterraine appelé aquifère ou nappe phréatique. Elles sont alimentées par les précipitations et la fonte des neiges qui s'infiltrent à travers les couches de sol et de roche jusqu'à atteindre la nappe phréatique, qui est la surface supérieure des eaux souterraines. [3]

Les eaux souterraines sont une ressource essentielle pour l'usage humain, L'intérêt accordé aux eaux souterraines était dû à leur utilisation pour :

- L'alimentation en eau potable
- Une ressource importante pour l'industrie
- L'irrigation

La nature géologique du terrain à une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. À tout instant l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle circule. Il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau.

Cependant, les eaux souterraines peuvent être contaminées par des polluants tels que des produits chimiques et des pesticides, et le pompage excessif des eaux souterraines peut faire baisser la nappe phréatique, ce qui peut entraîner des affaissements de terrain et d'autres problèmes environnementaux.

La gestion des ressources en eaux souterraines est importante pour garantir leur durabilité et leur disponibilité à long terme. Cela peut impliquer des mesures telles que la conservation de l'eau, la recharge des eaux souterraines et la réglementation du pompage des eaux souterraines. [4]

4) Les Eaux de surface - origine et caractéristiques

Les eaux de surface font référence à toute l'eau trouvée à la surface de la Terre (en contact direct avec l'atmosphère) et ils jouent un rôle essentiel dans l'écosystème de la Terre, en soutenant une large gamme de plantes et d'animaux. [2]

Cependant, ces eaux peuvent également être soumises à la pollution due aux activités humaines, telles que les rejets industriels, le ruissellement agricole et le ruissellement urbain des eaux pluviales.

Pour protéger et gérer les eaux de surface, les gouvernements et d'autres organisations mettent en œuvre diverses politiques et réglementations, telles que l'établissement de normes de qualité de l'eau, la surveillance de la qualité de l'eau et le contrôle des sources de pollution. Il est important de maintenir la santé des eaux de surface pour assurer leur disponibilité et leur utilité continues pour les humains et l'environnement. [5]

L'origine et les caractéristiques des eaux de surface varient en fonction du corps d'eau spécifique concerné. Cependant, certaines informations générales peuvent être fournies :

4.1) Origine des eaux de surface:

Les eaux de surface proviennent des ruissellements. L'eau de pluie alimente par ruissellement (collecte des eaux en surface) les ruisseaux, les rivières ainsi que les étangs, les retenues collinaires (Les retenues collinaires sont des réservoirs d'eau créés par une digue située en amont pour retenir l'eau provenant des collines...). [6]

4.2) Caractéristiques des eaux de surface :

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur par-cours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains.

- ✓ La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène.
- ✓ Une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des particules colloïdales aux éléments figurés entraînés par les rivières en cas d'augmentation importante du débit. Dans le cas des eaux de barrage, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors faible et colloïdale.
- ✓ La présence de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition post mortem des organismes végétaux ou animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière.
- ✓ La présence de plancton : les eaux de surface sont parfois le siège d'un développement important de phytoplancton (algues...) et de zooplancton certains de ces organismes peuvent sécréter des produits sapides et odorants ou des toxines.
- ✓ Des variations journalières (différence de température, d'ensoleillement) ou saisonnières : variations cli-matiques (température, précipitations, fonte des neiges), de végétation (chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles. [6]

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton).

Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons. [6]

5) Paramètres de qualité d'eau potable.

Les paramètres de qualité des eaux sont des mesures utilisées pour évaluer la qualité et la sécurité de l'eau pour diverses utilisations. Ils peuvent être divisés en deux catégories principales les paramètres physico-chimiques et les paramètres biologiques.

5.1) Les paramètres organoleptiques :

• Turbidité :

La turbidité est une mesure de la clarté de l'eau. Elle est affectée par des facteurs tels que la quantité de particules en suspension dans l'eau, elle varie en fonction

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS ET LA POTABILISATION DES EAUX DE SURFACE

des composés colloïdaux (argiles, débris de roche) mais aussi pollutions qui troublent l'eau . Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. [7]

- NTU < 5 => eau claire
- NTU < 30 => eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble

- **La couleur :**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle présente toujours un doute sur la potabilité. Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantit pas l'absence des germes pathogènes. [8]

- **L'odeur et le gout :**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de MO en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. D'autre part, le gout peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. [9]

5.2) Les paramètres physico-chimiques :

- **Température :**

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous (dioxygène) indispensable à la vie aquatique en premier lieu à la respiration des poissons. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue. [7]

- **pH :**

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. Les valeurs de pH vont de 0 à 14, avec 7 étant neutre. Les eaux acides ont un pH inférieur à 7, tandis que les eaux alcalines ont un pH supérieur à 7. Le pH doit être compris entre 6 et 8 pour permettre la vie aquatique (**Figure 1.1**). [7]

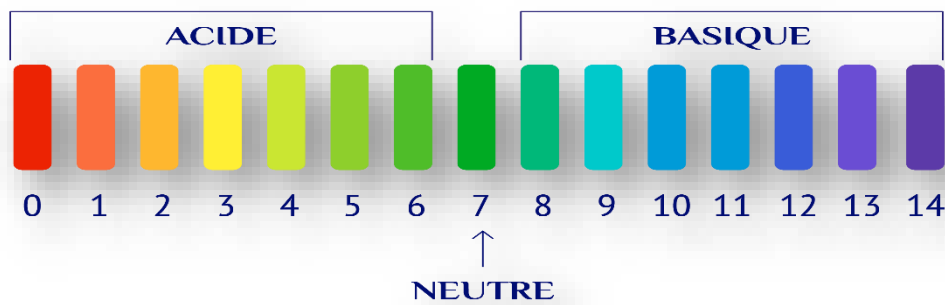


Figure 1.1 : L'échelle de pH

- **Conductivité :**

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire l'électricité. Elle est influencée par des facteurs tels que la quantité de sels dissous dans l'eau. La mesure en $\mu\text{S/cm}$ ou mS/cm de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. La conductivité permet d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau. [7]

- **Alcalinité TA et TAC :**

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates ou hydrogénocarbonates alcalins ou alcalino-terreux.

Le TA permet donc de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate.

Le TAC assure donc la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates. Dans certaines eaux très polluées (résiduelles), le TAC recouvre aussi des acides organiques (acétique). [6]

- **La dureté :**

La dureté de l'eau sert traditionnellement à mesurer le pouvoir de l'eau avec le savon. L'eau dure a besoin d'une quantité considérable de savon pour produire de la mousse par ailleurs, elle provoque également l'entartage des canalisations. La dureté ou (TH) de l'eau est due aux ions métalliques polyvalents dissous les principaux ions responsables de la dureté sont les ions calcium et magnésium. La dureté totale est la somme entre la dureté carbonatée et la dureté non carbonatée. [10]

- **Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène disponible dans l'eau pour soutenir la vie aquatique. Les niveaux d'oxygène dissous sont affectés par des facteurs tels que la température, la pression atmosphérique et la quantité de matière organique dans l'eau. La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des

êtres vivants aérobies aquatiques et permet également le processus d'oxydation des matières organiques (autoépuration), mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène. Pour mesurer l'oxygène dissous d'un cours d'eau, il est possible d'utiliser un oxymètre électrochimique. [7]

- **Calcium et magnésium :**

Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) sont des éléments essentiels à la sante de l'être humain. Ces deux éléments sont présents dans les eaux naturelles. La source la plus fréquente est l'érosion des roches, comme le calcaire et des minéraux, comme la calcite et la magnésite. Ce sont des principaux éléments qui contribuent à la dureté d'une eau ne pose pas de risque pour la sante aux concentrations normalement présentes dans l'eau, elle peut toutefois endommager la plomberie et les ménagers. [10]

- **Sulfates :**

Leur présence dans les eaux est en général liée à la présence de gypse dans les sols. C'est un composé naturel qui correspond à la présence de soufre dans l'eau. Présence maximum limitée à 250mg/l dans l'eau potable. [7]

- **Chlorures (sels) :**

Ils ne sont pas nocifs, mais constituent un important indicateur d'arrivée de pollution. Ils ne sont pas éliminés par les stations d'épuration.

Dans la nature ils sont souvent indicateurs d'arrivée d'effluents urbains. A titre indicatif, dans l'eau du robinet le maximum admis est de 250 mg/l. de chlorures.

La concentration naturelle de l'eau en chlorure est fonction de la géologie des sols en générale inférieure à 50 mg/l. [7]

5.3) Les paramètres concernant des substances indésirables :

- **Le fer et le manganèse :**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ce peut provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organiques comme d'autre métaux : cuivres, aluminium, zinc.

Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxyde de précipité ils sont donc éliminés par traitement classique de clarification [11].

- **L'aluminium:**

L'ingestion d'aluminium par l'eau de boisson est faible par rapport à l'alimentation. En effet elle correspond en moyenne à moins de 1 % des apports pour une eau contenant 0,2mg /l. un excès d'Al provoque une dégradation de la qualité des eaux traitées par des phénomènes de post floculation qui favorisent les dépôts dans les canalisations pour des concentrations supérieurs à 1mg /l, une coloration parasite peut se produire en présence simultanée de fer. [11]

- **Matières organiques**

La (MO) contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections de organismes vivants). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles... etc.

La MO peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulière visible. La présence de dépôts de matière organique visibles dans le lit d'une rivière est inacceptable et dénonce bien souvent la proximité d'un rejet brut ou un très mauvais état de la rivière.

De plus la dégradation de la MO consomme et réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique. La charge de pollution organique est quantifiable par des techniques normalisées : mesure de la DCO, mesure de la DBO5. [7]

- **MES**

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité elles constituent donc une pollution solide des eaux. La quantité de matières en suspension totale (MEST) se mesure par filtration d'un litre d'eau et pesage des résidus séchés. Le résultat s'exprime en mg/l. (On estime qu'un habitant rejette environ 90 grammes par jour de MES dans ses eaux usées). [7]

Échelle indicative de conductivités naturelles de différentes eaux

- 60 à 100 $\mu\text{S/cm}$: Eau de pluie.
- 50 à 300 $\mu\text{S/cm}$: Eaux peu minéralisées (sols schisteux, volcaniques, granitiques).

- **Nutriments**

Les nutriments tels que les nitrates et les phosphates sont importants pour la croissance des plantes et des algues, mais des niveaux excessifs peuvent entraîner des problèmes tels que la prolifération des algues et des cyanobactéries.

- 550 $\mu\text{S/cm}$ environ : Eau du robinet à Besançon (région calcaire),
 - 300 à 700 $\mu\text{S/cm}$ Eaux minéralisées (sols calcaires, marneux)
 - 700 à 1200 $\mu\text{S/cm}$ Eaux fortement minéralisées (sols gypseux, eaux salées).
- [7]

- **Métaux lourds**

Les métaux lourds tels que le plomb, Le mercure sont toxiques pour les organismes aquatiques et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire.

Ces paramètres de qualité des eaux sont souvent surveillés pour évaluer la qualité de l'eau dans les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux potables. [7]

5.4) les paramètres biologiques :

Les bactéries dans l'eau peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux, donc leur présence est souvent surveillée pour garantir la sécurité de l'eau potable. La qualité microbiologique de l'eau est évaluée en mesurant la présence de bactéries indicatrices de contamination fécale (entérocoques, coliformes...). Dans les eaux de surface, elles sont naturellement présentes en plus grand nombre que dans les eaux souterraines. [8]

Donc, l'eau destinée à la consommation ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie.

Les principaux types de microorganismes rencontrés dans l'eau sont :

- **Coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux sont des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5°C. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre.[12]

- **Coliformes totaux :**

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bacilles gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, oxydase-négatifs, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant la fermentation du lactose à 35/37 °C avec production de gaz en 48h, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs. Ils sont sensibles au chlore (microbiologique). [13]

- **Germes totaux :**

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (*E. coli*)

À Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase, qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier [14]

- **Streptocoques fécaux:**

Ils sont pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Néanmoins leurs identifications sont considérées comme indicateurs d'une pollution fécale. Et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. [15]

La présence de streptocoques fécaux dans l'eau potable est considérée comme un indicateur de la contamination fécale et peut indiquer la présence de microorganismes potentiellement dangereux pour la santé humaine. Les streptocoques fécaux peuvent être transmis à l'homme par voie orale par l'eau contaminée, et cela peut causer des maladies gastro-intestinales telles que la diarrhée, la gastro-entérite, l'hépatite A et d'autres maladies infectieuses.

Si les niveaux de streptocoques fécaux dépassent les normes réglementaires, des mesures doivent être prises pour éliminer la source de contamination et protéger la santé publique. Les méthodes de traitement de l'eau potable, telles que la désinfection au chlore ou l'ozone, peuvent aider à éliminer les streptocoques fécaux de l'eau potable.



CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU



CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

1) Introduction

Les processus de traitement de l'eau potable sont des étapes essentielles visant à purifier et à rendre l'eau sûre à la consommation humaine. L'eau brute prélevée à partir de sources telles que les rivières, les lacs ou les nappes souterraines peut contenir divers contaminants et impuretés, tels que des bactéries, des virus, des produits chimiques, des sédiments et d'autres substances indésirables.

Le traitement de l'eau potable se compose généralement de plusieurs étapes, chacune conçue pour éliminer ou réduire spécifiquement différents types de contaminants.

2) Prétraitements de clarification

2.1) Dégrillage et tamisage

- **Dégrillage**

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux de surface permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets peuvent provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison, voire dans les différentes unités de l'installation.

- Le pré-dégrillage, pour écartement supérieur à 40mm.
- Le dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10mm.
- Le dégrillage fin, pour écartement de 10 à 6mm.
- Le tamisage, pour écartement de 6 à 0,5mm.

A son entrée, l'eau transite par des grillages qui la débarrassent des plus gros déchets ensuite passe par un tamis avec des grilles nettement serrées, permettant de retenir les petits déchets. [1]

- **Tamisage**

Le tamisage est une étape importante dans le traitement des eaux de barrage, Le processus implique l'utilisation d'un tamis ou d'un filtre à mailles fines pour retenir les matériaux solides en suspension dans l'eau. Les mailles du tamis sont choisies en fonction de la taille des particules à retenir.

Le tamisage aide également à protéger les équipements de traitement contre les dommages et à améliorer l'efficacité du traitement global.

2.2) Dessablage

Le dessablage fait partie des étapes de prétraitement des eaux de barrage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers sable et particules minérales plus ou moins fines pour éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion. Le dessablage doit se faire en amont pour éviter des incidents sur les tamis.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

2.3) Le débouillage

Est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées lorsque la décantation classique en un seul étage n'est plus possible.

Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable. Le seuil de concentration en matières en suspension à partir duquel le débouillage devient nécessaire, dépend du type de décanteur principal [6]

3) Procédés de traitement

3.1) La pré-oxydation :

La désinfection/oxydation représente un procédé chimique indispensable à la production d'une eau potable, sans danger pour la santé des consommateurs qui utilise le chlore ou l'hypochlorite de sodium, l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. La pré-oxydation avant l'étape de clarification est destinée à permettre l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur et des algues (essentiellement pour les eaux superficielles)

Cette étape va s'insérer dans une filière, en la plaçant en aval des prétraitements physiques et en amont des traitements classiques. L'intérêt d'un traitement chimique d'oxydation est de permettre une meilleure élimination de certaines substances lors des étapes suivantes particulièrement :

- ✓ Augmentation de l'efficacité de la coagulation/floculation,
- ✓ Réduction des matières organiques et de l'azote ammoniacal,
- ✓ Oxydation de certains métaux (précipitation améliorée),
- ✓ Amélioration du traitement de certains composés (pesticides, solvants chlorés),
- ✓ Éviter le foisonnement des algues,
- ✓ Réduction des goûts et des odeurs,

3.1.1) Aération :

C'est une opération qui vise à compenser un déficit de l'eau brute en oxygène ou à débarrasser l'eau de gaz indésirables.

Lorsque cette opération est réalisée dans l'atmosphère, l'augmentation du taux d'oxygène dissous dans l'eau s'accompagne de l'élimination du dioxyde de carbone. Il faut en tenir compte dans le cas des eaux moyennement ou fortement minéralisées, car l'évasion de CO_2 « équilibrant » peut rendre l'eau entartrante. On peut ainsi être amené à choisir une aération sous pression au cours de laquelle la concentration en CO_2 n'évolue pas, tandis que celle en O_2 Augmente.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

3.1.2) Oxydation chimique

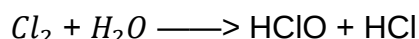
3.1.2.1) Pré-oxydation par le chlore (Cl_2)

Comme nous l'avons vu, en présence de matières organiques dans l'eau la préchloration s'accompagne de la formation de composés indésirables, il est donc en général préférable de reporter le point de chloration le plus loin possible dans la chaîne de traitement, après avoir éliminé autant que possible les précurseurs organiques présents dans l'eau.

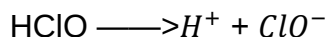
La préchloration ne peut être utilisée que si l'eau ne contient pas de précurseurs en concentration élevée, on l'applique si l'on craint des développements d'algues dans les ouvrages de clarification, si l'on veut éliminer des ions NH_4^+ Ou si l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique est recherchée.

On peut aussi l'appliquer à un stade intermédiaire (ex. : dans l'eau décantée) pour prévenir des développements organiques sur les filtres (bactéries, algues, zooplancton...).[6]

Lorsque du chlore pur est additionné à l'eau, il se décompose rapidement pour former de l'acide hypochloreux ($HClO$) et de l'acide chlorhydrique (HCl) :



$HClO$ (acide faible) est ensuite partiellement dissocié en ion hypochlorite ClO^- :



3.1.2.2) Pré-oxydation par les chloramines (NH_2Cl)

Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des chloramines préalablement produites par action du chlore sur de l'ammoniaque ou du sulfate d'ammonium. [6]

La pré-oxydation chimique à l'aide de chloramine présente l'avantage de ne pas former de composés types THM, mais présente l'inconvénient d'avoir un dosage très précis des proportions des deux réactifs principaux (chlore et ammoniac), et des conditions de pH (entre 7,5 et 9). Et souvent, il est constaté la formation de produits halogénés et nitreux (par exemple des nitrites NO_2^-).[8]

Par ailleurs, l'activité désinfectante de la monochloramine est 300 fois moins efficace que celle de l'acide hypochloreux ($HClO$).[8]

3.1.2.3) Pré-oxydation par le dioxyde de chlore (ClO_2)

Le bioxyde de chlore (ClO_2) est un oxydant qui est préparé sur le lieu d'utilisation par réaction entre le chlore et le chlorite de sodium ($NaClO_2$) [8] cette technique s'est développée pour tenter de remplacer momentanément le chlore en pré-oxydation. En effet, le dioxyde de chlore, s'il ne permet pas d'oxyder l'ammonium, ne conduit pas non plus à la formation de THM.

En revanche, en réagissant sur les MON (matière organique naturelle), il libère des ions ClO_2^- (chlorites) qu'il est nécessaire d'éliminer par la suite.

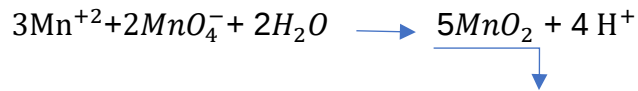
CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

A la suite des nouvelles normes (décret 2003-461) l'usage de dioxyde de chlore en pré-oxydation a donc tendance à disparaître.

3.1.2.4) Pré-oxydation par le permanganate de potassium ($KMnO_4$)

Manganèse qu'il précipite :

Cet oxydant est utilisé tout particulièrement lorsque l'eau brute contient du manganèse qu'il précipite :



Cette réaction est favorisée par un pH élevé, qui augmente la cinétique de la réaction, d'où la nécessité de contrôler le (pH > 7,0) et de ménager un temps de contact suffisant (5-10 min).

Dans le cas des eaux peu minéralisées, qui contiennent de fortes concentrations en matières organiques dissoutes et qui nécessitent un pH de coagulation très bas (5,5 à 6), il est préférable de déplacer l'injection de $KMnO_4$ entre décanteur et filtre après avoir pris soin de remonter le pH à une valeur favorable (7,0 à 7,5).

Le permanganate de potassium est aussi parfois utilisé pour l'oxydation partielle de certaines MO, pour l'élimination de certains mauvais goûts ou pour lutter contre les développements d'algues dans les ouvrages de clarification.

L'utilisation du $KMnO_4$ en pré-oxydation exige de bien contrôler la dose injectée, un excès peut provoquer la présence d'une coloration rose de l'eau traitée, due à la présence de Mn(IV) (Dioxyde de manganèse) soluble. [6]

3.1.2.5) Pré-oxydation par l'ozone

En prétraitement des eaux brutes de surface, l'ozone, comme ClO_2 , évite la formation de THM et autres dérivés chlorés, il n'oxyde pas l'ammonium, mais en revanche crée des conditions favorables à une nitrification ultérieure. C'est pour quoi, même s'il est moins efficace que le chlore dans cette application, c'est actuellement le pré-oxydant le plus utilisé dans les filières de clarification, car il présente de nombreux effets bénéfiques :

- ✓ Amélioration de l'efficacité de la clarification turbidité, couleur, microalgues résiduelles, MO, précurseurs de THM... ;
- ✓ Réduction de la demande en coagulant dans certains cas ;
- ✓ Préparation de l'eau pour un effet biologique dans la suite de la filière

Il existe toutefois un optimum assez strict pour le taux de traitement (environ 1mg/l) et le temps de contact (environ 1 min), au-delà le floc est au contraire « redispersé ». [6]

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

3.2) coagulation et les facteurs influençant sur la coagulation

3.2.1) La coagulation

La coagulation est la déstabilisation de particules colloïdes par addition d'un réactif chimique appelé coagulant [6]. Est également utilisée dans le traitement des eaux potables pour éliminer les particules et les impuretés de l'eau brute. Le processus de coagulation implique l'ajout d'un coagulant à l'eau brute, qui forme des flocons avec les particules présentes dans l'eau. Ces flocons sont ensuite éliminés par décantation ou filtration (**Figure 2.2**).

La coagulation est souvent utilisée en combinaison avec d'autres étapes de traitement de l'eau, telles que la décantation et la filtration, pour garantir une eau potable propre et sûre. Le traitement de l'eau est crucial pour protéger la santé publique en éliminant les bactéries, les virus, les produits chimiques et les autres contaminants présents dans l'eau brute.

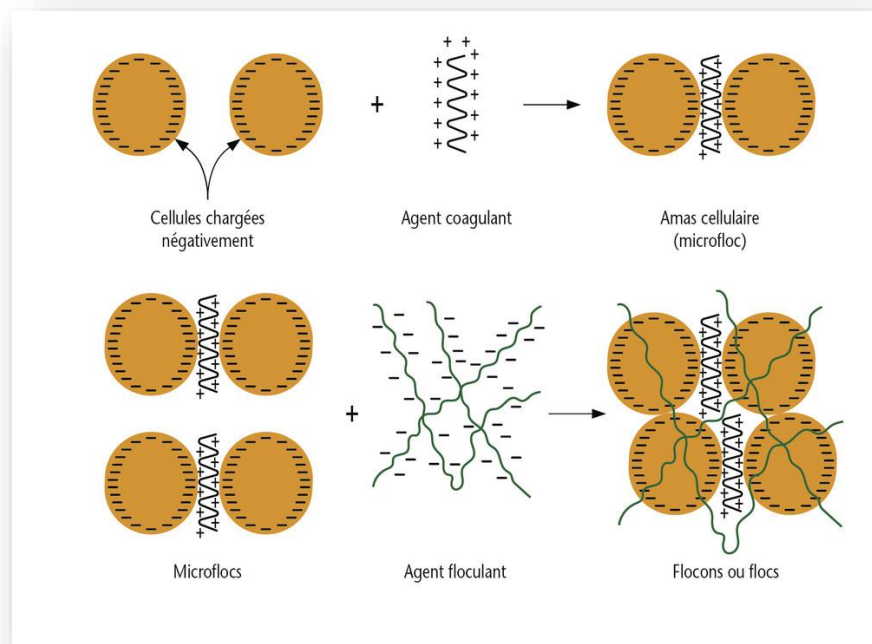


Figure 2.2 : Schémas comparaison illustrée du phénomène de et du phénomène de floculation des cellules [31].

3.2.2) les facteurs influençant sur la coagulation

Afin d'optimiser la coagulation, il faut tenir compte de plusieurs variables en interrelation. Pour optimiser le procédé de coagulation-floculation, il faut tenir compte de plusieurs variables en relation. Ces variables sont liées à la qualité de l'eau à traiter : le pH, la turbidité, la couleur, les sels dissous et la température. D'autres sont liés au traitement lui-même : la nature, la dose du coagulant et le mode d'injection [16].

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

Les interrelations complexes entre ces facteurs interdisent actuellement toute approche théorique permettant de prédire quelles sont les concentrations optimales de coagulants [17].

Ces facteurs peuvent influencer l'efficacité de la coagulation dans le traitement des eaux potables, notamment :

- **La qualité de l'eau brute**

La coagulation est plus efficace lorsque l'eau brute contient une concentration élevée de particules en suspension. Si l'eau brute est très claire, il peut être nécessaire d'ajouter une dose plus élevée de coagulant pour former des flocons avec les particules.

- **La turbidité**

La turbidité est un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation [18]. Elle est principalement due à la présence de particules de diamètre de 0,2 à 5 μm . Il s'agit donc là de grosses particules colloïdales qui peuvent se déposer naturellement [17].

L'augmentation de la quantité de coagulant ne varie toutefois pas de façon linéaire en fonction de la turbidité. Lorsque cette dernière est très élevée, la quantité de coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est très élevée. Par contre, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile [19].

- **La température de l'eau**

La température est un facteur physique important qui joue un rôle non négligeable lors de la coagulation [20].

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 le coagulant en fonction des saisons [18].

- **Le type de coagulant utilisé**

Différents types de coagulants peuvent avoir une efficacité différente en fonction de la qualité de l'eau brute. Par exemple, le chlorure ferrique est plus efficace pour éliminer les particules organiques, et les phosphates.

- **La dose de coagulant**

La dose de coagulant doit être adaptée à la qualité de l'eau brute pour garantir une coagulation efficace. Une dose trop faible peut ne pas former suffisamment de flocons pour éliminer toutes les particules, tandis qu'une dose trop élevée peut entraîner la formation de flocons trop grands qui peuvent être difficiles à éliminer par décantation ou filtration.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

- **Le ph de l'eau brute :**

Le ph de l'eau brute peut avoir un impact sur la coagulation. Un ph trop élevé ou trop bas peut réduire l'efficacité de la coagulation.

Le PH est l'un des paramètres les plus importants qu'il faut noter du fait qu'il joue un rôle déterminant dans la coagulation. Il influence le signe de l'électrisation des colloïdes suivant qu'il est acide ou basique. Les flocons d'hydroxyde de fer se forment dans des limites de ph assez larges entre 4 et 11. Pour les hydroxydes d'aluminium, les limites sont plus étroites. [21]

Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau N 2.1 : Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium. [17]

Forme prédominante	pH
$\text{Al}(\text{OH})_3$	5.8 à 7.2
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	5.5 à 8.3

- **Le temps de mélange :**

Le temps de mélange est important pour permettre au coagulant de se mélanger uniformément avec l'eau brute et former des flocs avec les particules. Un temps de mélange insuffisant peut réduire l'efficacité de la coagulation.

En résumé, pour garantir une coagulation efficace dans le traitement des eaux potables, il est important de prendre en compte plusieurs facteurs, notamment la qualité de l'eau brute, le type de coagulant utilisé, la dose de coagulant, le pH de l'eau brute et le temps de mélange.

- **La vitesse du mélange**

Le processus de coagulation floculation se déroule généralement en deux étapes [22] :

- ✓ La première étape c'est l'agitation énergique rapide de courte durée (2 minute au maximum). Elle a pour but de favoriser la dispersion et l'homogénéisation des produits injectés dans la totalité du volume d'eau à traiter : mais une agitation intense peut empêcher l'agrégation des particules.
- ✓ La deuxième étape est l'agitation lente (30 à 60) min et elle a pour but de provoquer les contacts entre les particules pour former des flocs décantables [20]

3.2.3) les réactifs coagulants utilisés (sulfate d'alumine et chlorure ferrique)

Les coagulants principalement utilisés pour déstabiliser les particules colloïdales et L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. Les

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

coagulants les plus efficaces sont des sels de métaux, à bases d'aluminium ou de fer.

a. Sels d'aluminium

Un coagulant est dit un coagulant de type sels d'aluminium lorsqu'il regroupe à sa composition de l'aluminium. On distingue :

- Sulfate d'aluminium
- Alumine de sodium
- Chlorure d'aluminium
- Addition de sulfate d'aluminium et l'aluminate de sodium

b. Sels de fer

- Sulfate ferrique
- Chlorure ferrique
- Sulfate ferreux

3.2.3.1) Sulfate d'alumine

Le sulfate d'aluminium c'est un sel basique, hydraté, commercialisé sous la forme solide $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ il se dissocie dans l'eau en ions aluminium et sulfate, conduisant à des réactions chimiques avec les ions hydroxydes de l'eau [22]. Suivant la turbidité de l'eau, la dose sera comprise entre 15 à 100 g/m³.

En effet, l'ion aluminium réagit sur l'eau pour former l'hydroxyde d'aluminium qui précipite sous la forme d'un floc volumineux [19].



Il se forme un acide qui réagit avec le bicarbonate présent dans l'eau [21].



La réaction globale est :



Le sulfate d'aluminium est souvent utilisé dans le traitement de l'eau potable pour aider à éliminer les impuretés et les particules en suspension.

Le processus de traitement de l'eau potable avec du sulfate d'aluminium implique généralement l'ajout de sulfate d'aluminium à l'eau brute, suivie d'une agitation pour permettre aux particules de se regrouper. Ensuite, l'eau est clarifiée en faisant passer la suspension à travers un filtre pour éliminer les particules agglomérées.

Il est important de noter que le sulfate d'aluminium ne doit être utilisé que dans les quantités recommandées et dans les conditions appropriées pour éviter tout impact négatif sur la qualité de l'eau potable. De plus, les résidus de sulfate d'aluminium doivent être correctement éliminés pour éviter toute contamination de l'environnement.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

3.2.3.2) Chlorure ferrique

La dose de chlorure ferrique sera comprise entre 5 et 150 g/m³, pour la clarification des eaux de surface, et entre 50 et 300 g/m³ pour la clarification les eaux résiduaires [19].



Le chlorure ferrique est couramment utilisé pour le traitement des eaux potables en raison de son effet coagulant et oxydant sur les impuretés présentes dans l'eau. Telles que les matières organiques, les sédiments, les métaux lourds et les micro-organismes.

Lorsqu'il est ajouté à l'eau, le chlorure ferrique se dissocie en ions fer et en ions chlorure. Les ions fer agissent comme un coagulant, ce qui signifie qu'ils attirent et rassemblent les particules dans l'eau, formant des floccs plus gros qui peuvent être facilement éliminés par filtration ou décantation.

Le chlorure ferrique peut également oxyder les contaminants de l'eau, tels que le manganèse, pour les rendre plus faciles à éliminer.

Cependant, il est important de noter que le chlorure ferrique peut également avoir des effets indésirables sur l'eau potable, tels que l'augmentation de la dureté de l'eau et la formation de sous-produits potentiellement dangereux lorsqu'il est utilisé en combinaison avec d'autres produits chimiques. Par conséquent, son utilisation doit être surveillée de près et réglementée par les organismes de réglementation de l'eau.

3.2.4) Les critères de choix d'un coagulant et détermination des taux de traitement

3.2.4.1) Choix des réactifs selon des paramètres :

- Température de l'eau.
- Caractéristique des brutes (l'équilibre calco-carbonique).
- Paramètre physico-chimique à inclure Ou éliminer prioritairement (turbidité ou matière organique).
- Efficacité : Le coagulant doit être efficace pour éliminer les matières en suspension et les particules colloïdales dans l'eau. L'efficacité dépend de la nature et de la concentration des matières en suspension dans l'eau.
- Compatibilité avec les autres traitements : Le coagulant doit être compatible avec les autres traitements utilisés dans le processus de traitement de l'eau.
- Sécurité : Le coagulant doit être sûr pour les opérateurs et les utilisateurs de l'eau potable et il doit avoir un impact environnemental limité, c'est-à-dire qu'il ne doit pas avoir d'effets nocifs sur l'environnement ou la santé humaine.
- Gestion d'exploitation (stockage, automatisme) : Le coagulant doit être facilement stockable et manipulable. Il doit être disponible en quantités suffisantes pour répondre aux besoins de traitement de l'eau potable.
- Le coût : le coût du produit est un facteur important dans le choix du coagulant. Les coagulants les plus couramment utilisés sont l'alun, le sulfate

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

ferrique et le chlorure ferrique. Le coût varie selon la disponibilité, la qualité et la quantité de chaque coagulant [23].

3.2.4.2) Détermination du taux optimal

La coagulation et la floculation sont des phénomènes complexes, influencés par de nombreux paramètres :

- La qualité des eaux.
- Nature et structure des colloïdes.
- Nature et mise en œuvre des produits utilisés.

Pour déterminer la quantité optimale de coagulant et les conditions de mélange nécessaires pour un traitement efficace de l'eau, des tests en laboratoire et sur le terrain doivent être effectués en tenant compte de ces différents paramètres. La méthode la plus fiable et la plus rationnelle pour déterminer le type et la qualité du coagulant à utiliser dépendra des résultats de l'expérimentation. La méthode de JAR-TEST est souvent utilisée en laboratoire pour reproduire à petite échelle l'ensemble du processus de coagulation-floculation.

3.3) Floculation et les différents types de floculant

La floculation a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion du floc formé. Dans un compartiment distinct de celui de la coagulation, on réalise une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé " floculant) l'agglomération des floes et donne, leur grossissement. Les réactifs généralement utilisés sont la silice activée, les alginates sodium, les poly-éle trolytes, etc. [18]

La floculation est souvent utilisée dans le traitement de l'eau pour éliminer les particules en suspension et améliorer la qualité de l'eau potable (**Figure 2.3**).

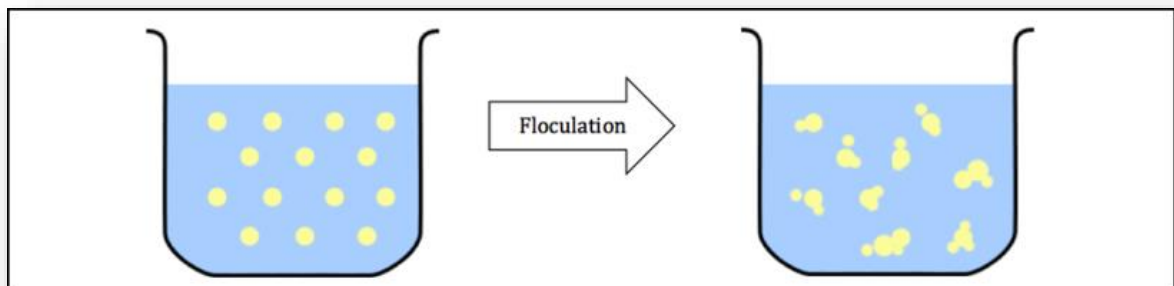


Figure 2.3 : Schémas d'une floculation [30].

3.3.1) Les types de floculation:

La floculation est régie par deux types de phénomènes de transport différents. Pour arriver à la décantation des particules colloïdales coagulées, il est nécessaire de les passer par une opération de floculation. Cette floculation peut être faite à l'aide d'une de ces deux méthodes suivantes :

1. La floculation physique.
2. La floculation chimique [24].

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

3.3.1.1) La floculation physique :

Cette méthode vise à augmenter la probabilité de contact entre les particules colloïdales déstabilisées en créant une différence de vitesse, ce qui favorise leur agglomération en floccs denses, qui peuvent ensuite être décantés. [24]. Deux mécanismes assurent la mobilité des particules : le mouvement brownien (floculation péri-cinétique), et le brassage mécanique (floculation orthocinétique) [25].

a. La floculation pré-cinétique :

Qui est causée par la diffusion brownienne (c'est-à-dire l'agitation thermique) et qui favorise la formation de micro-floccs lors de la première phase de la floculation.

b. La floculation ortho-cinétique

Est liée au gradient de vitesse qui apparaît au sein même du liquide, obtenu par un mélange mécanique ou par perturbation du flux à travers un lit de boue, conduit à un contact entre les particules et permet l'obtention d'un flocc volumineux.

3.3.1.2) La floculation chimique :

C'est la floculation qui est provoquée par l'agitation de l'eau. Cette agitation facilite l'agrégation des particules par augmentation de la probabilité de collisions entre ces particules. Elle consiste en une agglomération par pontage des particules colloïdales déchargées à l'aide de certains produits chimiques appelés flocculants. Lorsque la turbidité de l'eau est très élevée, la floculation peut être réalisée aussi par recirculation des boues déjà formées par le traitement antérieur pour que les particules colloïdales déstabilisées puissent s'accrocher avec ces boues et par conséquent puissent décanter. La floculation dans ce cas est dite par voile de boue [6].

3.3.2) Les différents flocculants :

Ces produits agissent en formant des ponts entre les particules, favorisant ainsi les interactions inter particulaires. Ces flocculants sont pour la plupart constitués de polymères à haut poids moléculaire possédant des groupes réactifs de charges inverse à celle de la suspension à traiter.

a. Les flocculants minéraux :

Ce sont des composés colloïdaux agissant soit par adsorption, soit par neutralisation de charges sur les produits en suspension

- Exemples: La silice activée (SiO_2) sous forme liquide, se prépare dans l'installation, elle a pour origine la neutralisation d'une solution de silicate de soude par l'acide sulfurique, sulfate d'aluminium ou du chlore.

b. Les flocculants naturels :

Ce sont des polymères hydrosolubles pouvant avoir une charge anionique, cationique, ou neutre.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

Exemples:

- Dérivés amylacés : L'amidon sous forme de poudre issue, de la pomme de terre, extrait de graisse végétale et donc solubles directement dans l'eau. On trouve des amidons neutres, des amidons oxydés anioniques et des amidons traités par des amines ou amidons cationiques.
- Les polysaccharides : c'est surtout de la gomme tirée du fruit du caroubier. Ils sont à caractère non ionique et utilisés en générale dans un milieu acide.
- l'alginate sous forme de poudre (extrait d'algue).

c. Flocculants synthétiques :

Floculant organique de synthèse anionique, non anionique sous forme de solution poudre, ou émulsion, ils sont fabriqués en laboratoire à partir de polyacrylamides, ou d'acrylate.

La fonction amide très polaire permet des pontages avec les matières en suspension. A partir de cette structure, toute une série de dérivés a été préparée par copolymérisation.[26]

3.3.3) Les Conditions nécessaires pour réaliser une bonne floculation:

Pour assurer une bonne floculation, trois paramètres doivent être pris en compte

- Dose du floculant : doit être déterminée de manière optimale à l'aide d'essais de jar-test.
- La température : Est un facteur important car
 - a. La viscosité de l'eau est en fonction de la température (elle affecte la viscosité de l'eau) .
 - b. Les micros flocons de diamètre $< 1\mu\text{m}$ se rencontrent sous l'action de l'agitation thermique (facilite la rencontre des micros flocons grâce à l'agitation thermique).
- L'agitation mécanique : Elle est caractérisée par sa puissance et sa durée pour permettre de grossissement de floc. Afin d'obtenir une décantabilité optimale. Il est donc crucial de déterminer le temps et la vitesse d'agitation idéaux pour garantir une floculation efficace.

3.4) Décantation

Une fois le floc formé, il faut réaliser la séparation [solide - liquide] qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues de l'autre. L'eau couagulé et floculée dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues (MES initial + floc) de l'autre côté doit être effectuée.

La décantation consiste à utiliser la force de gravité pour séparer les particules en suspension dans l'eau. L'eau claire est récupérée en surface tandis que les boues sédimentent dans le fond de l'appareil. Dans certains cas où les matières en suspension sont légères, une flottation est réalisée, ce qui inverse le

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

processus de décantation : les boues sont évacuées sous forme d'écume en surface, tandis que l'eau traitée est récupérée dans le fond.

Dans un décanteur, lorsque la concentration en matières est faible, le floc formé est dispersé et chaque flocon décante comme s'il était seul : c'est la décantation diffuse elle est mise en œuvre dans des décanteurs statiques les plus anciens.

Lorsque la concentration en matières est plus élevée, l'abondance du floc crée une décantation d'ensemble, caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant : c'est la décantation en piston ou « à contact de boues », principalement utilisée dans les décanteurs « à lit de boues » Ou « à recirculation de boues », dans lesquels l'eau brute, additionnée de ses réactifs, est mise en contact avec les boues préexistantes, l'augmentation de la concentration est utilisée pour améliorer la floculation elle-même.

3.4.1) Les différents types de décantation

Il existe plusieurs types de décantation à savoir la décantation statique, la décantation accélérée, et la décantation lamellaire.

a. La décantation statique :

Elle est assurée dans des bassins de forme circulaire ou rectangulaire avec ou sans raclage des boues décantées selon la quantité de matières en suspension dans les effluents et le volume des boues à évacuer. Ainsi donc on a :

- Les décanteurs simples sans raclage de boues sont généralement de forme cylindro-conique, tronconique ou en pyramide renversée avec une forte pente pour permettre aux boues de se déplacer naturellement vers le fond de l'appareil. Ils ont un flux vertical et n'ont pas de système de raclage des boues décantées. Il est important d'éviter les accrochages de boues sur les parois ou dans les angles en utilisant une pente horizontale de 50 à 60°. Cependant, ces décanteurs ont des dimensions importantes en raison de leur profondeur, et leur emploi est généralement limité à un diamètre de 6 à 7 mètres pour des raisons économiques.
- Les décanteurs circulaires raclés : ont une hauteur qui varie entre 2 et 3,5 mètres ils sont limités à des diamètres de 50 à 60 m maximums. Le fond des ouvrages à une très légère pente (4 à 8%) vers le centre ce qui facilite la collecte des boues.

b. La décantation accélérée :

Elle est basée sur le principe que pour favoriser la floculation incorporée au décanteur et par suite parfaire la clarification, il est intéressant d'augmenter les chances de rencontre des particules. Pour y parvenir, deux techniques peuvent être utilisées :

- L'un à augmenter la concentration des particules dans l'eau à traiter, par exemple par un recyclage partiel des boues décantées comme c'est le cas des décanteurs à circulation des boues.

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

- L'autre à créer un lit de boue fluidisé qui sera traversé par l'eau flocculée, c'est le cas des décanteurs à lit de boues.

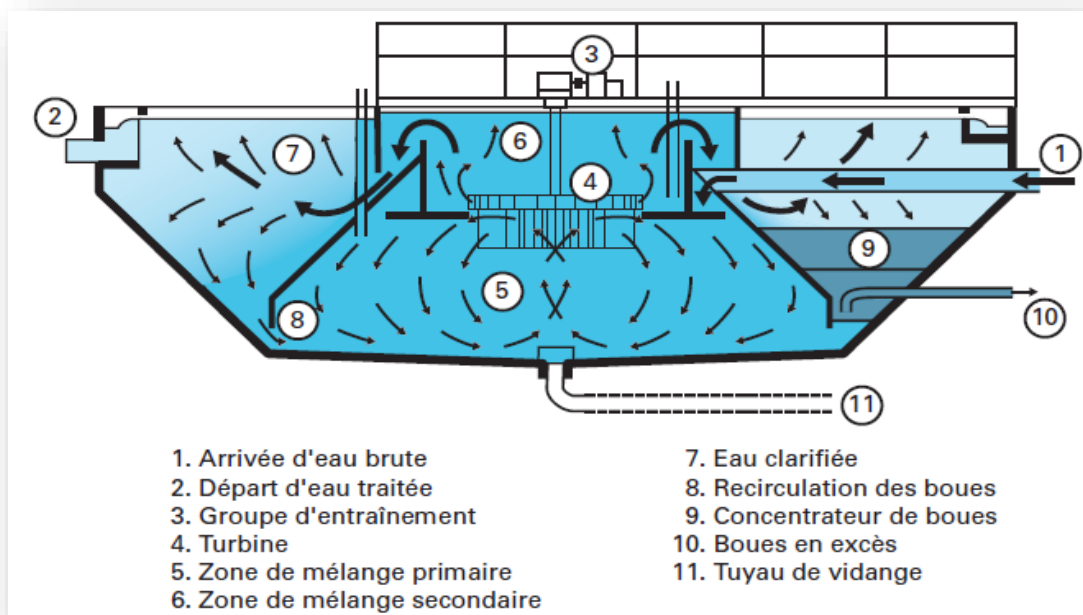


Figure 2.4 : Décanteur à circulation des boues [6].

c. La décantation lamellaire:

La séparation lamellaire a permis une évolution importante de la technologie de décantation avec la conception d'installations beaucoup plus compactes. La décantation lamellaire s'opère dans des ouvrages cloisonnés intérieurement par des plaques ou tubes parallèles d'orientation dans lesquels on améliore les conditions hydrauliques en facilitant l'écoulement laminaire.

La conception de ces appareils met à profit le fait que le rendement de séparation des matières en suspension ne dépend, en réalité, que de la surface du décanteur.

Selon la conception technologique des circuits hydrauliques, c'est-à-dire la circulation relative de la boue déposée et de l'eau clarifiée, on peut distinguer trois grandes familles de décanteurs à lames minces :

- Les décanteurs lamellaires à contre-courant
- Les décanteurs lamellaires à courants croisés
- Les décanteurs lamellaires à Co-courant.

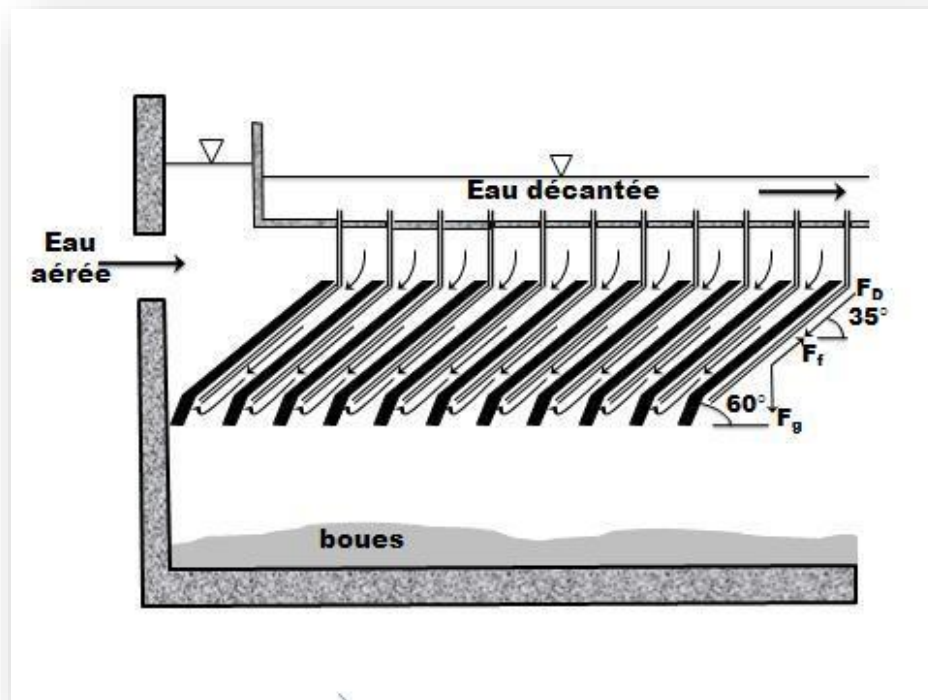


Figure 2.5 : La décantation lamellaire [29].

3.5) Filtration

La filtration habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, la couleur et la turbidité.

La filtration a pour but de retenir les particules en suspension dans l'eau, c'est en fixant par adsorption les matières solides en suspension dans l'eau que les filtres exercent leur action essentielle [27].

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs des matières filtrantes [28].

À mesure que le colmatage se produit, la perte de charge subie par le courant d'eau en traversant les filtres s'accroît [28].

La rapidité du colmatage dépend :

- De la nature des eaux traitées elle est d'autant plus rapide que les eaux sont plus chargées.
- Du débit par unité de surface filtrante, ou vitesse de filtration, elle s'accroît avec cette vitesse.
- De la granulométrie de la matière filtrante, le colmatage est d'autant plus rapide que la granulométrie est faible [28].

CHAPITRE II : PROCESSUS DE TRAITEMENT DE L'EAU

Pour le traitement des eaux potables, on utilise principalement :

- a. Des filtres à sable rapides.
- b. Des filtres sous pression.

En pratique, les filtres à sable rapides sont les plus utilisés. Les filtres sous pression servent surtout à traiter les eaux de piscine ou sont utilisés dans de petites unités de traitement préfabriquées.



CHAPITRE III: RÉGION D'ÉTUDE - CARACTÉRISTIQUES ET DE LA STATION DE TRAITEMENT MAZAFRON SAA



1) Présentation de la station de traitement mazafran (SAA)

Description de la station de traitement Reguigue kaddour la station de traitement des eaux potables Reguigue kaddour appelée SAA est située à environ 32 km à l'est d'Alger entre la localité de Tessala El Mardja et la commune de Koléa.

La station de Mazafran présente une organisation classique et commune aux stations de traitements d'eau potable. Mais elle a la particularité d'être composée de deux filières de traitement à savoir la filière Virgo et la filière Linde qui fonctionnent en parallèle dans un même but, celui de la production de l'eau potable.

2) Historique

En 2006. Les autorités algériennes ont créé cette structure dédiée au service de l'eau et de l'assainissement de grand Alger, titra d'opération piloté avec SUEZ environnement qui est un groupe internationale spécialisé dans la gestion de service de l'eau. La SEAAL est une société publique par action 100% algérienne en charge du service des eaux et l'assainissement sur l'ensemble de la capitale d'Alger et wilaya (région) Tipaza depuis le 1 janvier 2012. Ses actionnaires sont exclusivement l'ADE et l'ONA. Elle distribuer de l'eau potable aux 3,5 millions d'habitants de la capitale et 600,000 habitants de Tipaza avec plus 5529 professionnelles salarier. Depuis Mai 2008, la qualité de l'eau est 100% potable En Avril 2011, elle a reçu des mains du secrétaire général de nations unies le prix: « water performance of the wear». D'après les bilans, les usagers se déclarent satisfait du service à 89%. Le SUEZ Environnement pour le management de l'environnement de SEAAL constitue aujourd'hui une référence internationale de modernisation de service public de l'eau.

3) Origine de l'eau brute

L'origine des eaux brutes est par l'interconnections des deux barrages de Douéra (**Figure 3.7**), BOUROUMI (Ain Defla) (**Figure 3.6**). L'eau brute stockée dans les barrages en général n'est pas trop chargée, cependant celle venant du barrage de BOUROUMI peut exceptionnellement être assez chargée du fait de son trajet partiel dans l'oued. Les caractéristiques des deux barrages sont regroupées dans (**le tableau 3.2**).

Tableau 3.2 : Les caractéristiques des deux barrages Bouroumi et Douéra

Barrage Douéra	Barrage Bouroumi
Localisation	
Le barrage de Douéra situé à une trentaine de kilomètre au sud-ouest d'Alger sur contreforts nord de la Plaine de Mitidja	Le barrage Bouroumi se trouve à 84 km à l'est de Bou-Medfaa, dans la willaya de Blida.
Principals caractéristique du barrage	
une capacité de 87 hm ³ , permet de stocker des eaux transférées par hammam melouane destinée à l'alimentation en eau potable d'une partie de Capital Alger et la wilaya de Blida pour répondre	Cote du niveau normal de la retenu :323,3 m Capacité de la retenu :180 m ³ Superficie du bassin versant : 150 km ² Apport moyen : 26 m ³ /an

**Figure 3.6** : Vue général de Barrage de BOUROUMI



Figure 3.7 : Vue général de Barrage de DOUÈRA

4) Filières de traitement

Comme nous l'avons noté plus haut, la station comporte deux filières de traitement, chacune est constituée d'un certain nombre d'unités (**figure3.8**) .

La distribution de l'eau brute se fait gravitairement du réservoir de répartition vers les filières de traitement.

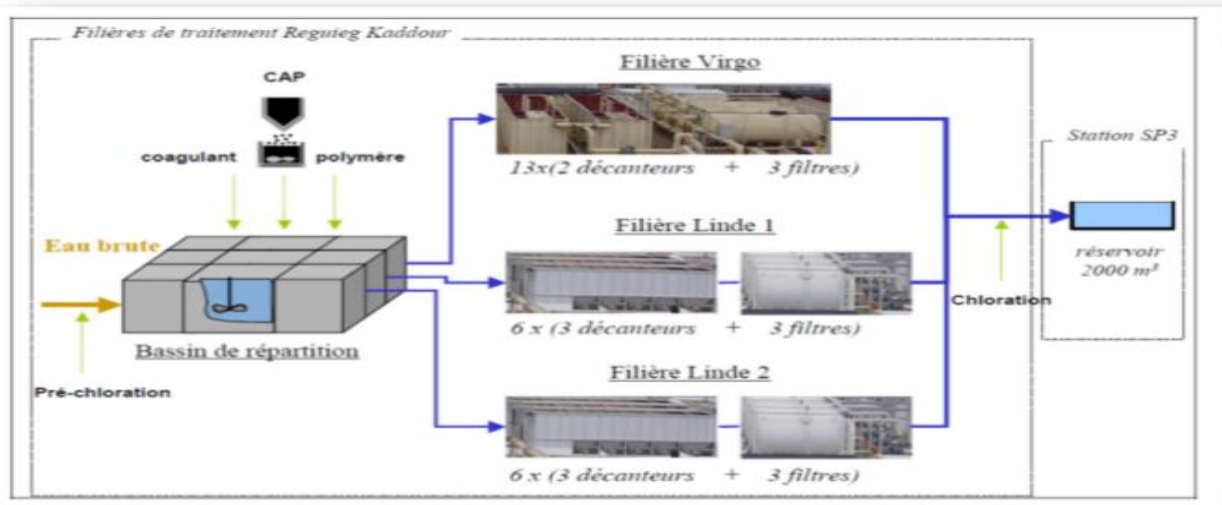


Figure 3.8 : Vue schématique des filières de traitement de la SAA.

a. **Le bassin répartiteur:**

A leur arrivée dans la station, les eaux ont pour destination première le bassin répartiteur où elles reçoivent leurs doses en coagulant (**Figure3.9**) Le bassin répartiteur alimente les deux tranches de traitement de manière rationnelle. Il se trouve installé à ce niveau un dispositif permettant de détecter la présence des hydrocarbures



Figure 3.9 : Le Bassin répartiteur



Figure 3.10 : injection des réactifs (bassin répartiteur)

b. Injection des produits chimiques

La distribution de l'eau brute se fait gravitèment du réservoir de répartition vers les unités de traitement la filière VIRGO et la filière Linde conduites DN1000 il y a un débitmètre électro magnétique installé sur chacune de ces lignes pour comptabiliser le débit acheminer à chacune des filières [30]

5) Le principe de fonctionnement des filières de traitement

5.1) La filière Virgo :

C'est en fait le poumon fort de la station de Mazafran car elle fonctionne non-stop et son rendement n'est pas des moindre. D'une capacité de $50.000 \text{ m}^3/\text{j}$ ($2500 \text{ m}^3/\text{h}$), elle est constituée de 13 unités préfabriquées de marque « VIRGO » et chacune de ces unités dispose de deux décanteurs (lamellaires) comportant chacun un système de soutirage de boue, une chambre de mélange au cas où on utilise les polymères, une chambre de transferts des eaux vers les filtres, deux goulottes de récupération d'eau décantée, une bache tampon, trois filtres et un local technique. Le transfert de l'eau décantée (de la bache tampon) dans les filtres se fait au moyen des pompes électriques et les boues sont aussi évacuées au moyen d'un automate qui contrôle les vannes électropneumatiques.

5.2) La filière Linde :

Elle est subdivisée en deux, Linde 1 et Linde 2 ont chacune une capacité suffisante pour assurer le traitement.

Elles sont munies chacune de sept (07) unités préfabriquées de marque « **LIND** » d'une capacité totale de $50.000 \text{ m}^3/\text{j}$ qui sont :

- Chaque unité est constituée de trois décanteurs et trois filtres. Donc à chaque décanteur son filtre ce qui donne le change vis-à-vis de la filière Virgo. Néanmoins le système d'évacuation des boues et de lavage reste le même que celui de Virgo.

De la même manière un déversoir unique de sécurité a été construit également pour chaque module. Un bâtiment spécifique a été installé pour abriter les compresseurs et les suppresseurs pour chaque tranche Linde.

La sortie de Linde est munie d'une vanne motorisée qui rejoint la tranche Virgo pour donner une seule conduite qui se déverse dans le réservoir S.P.3 qui assure la distribution.

P2 eau décanté, P3 eau filtrée, P4 eau traitée (points de prélèvements)

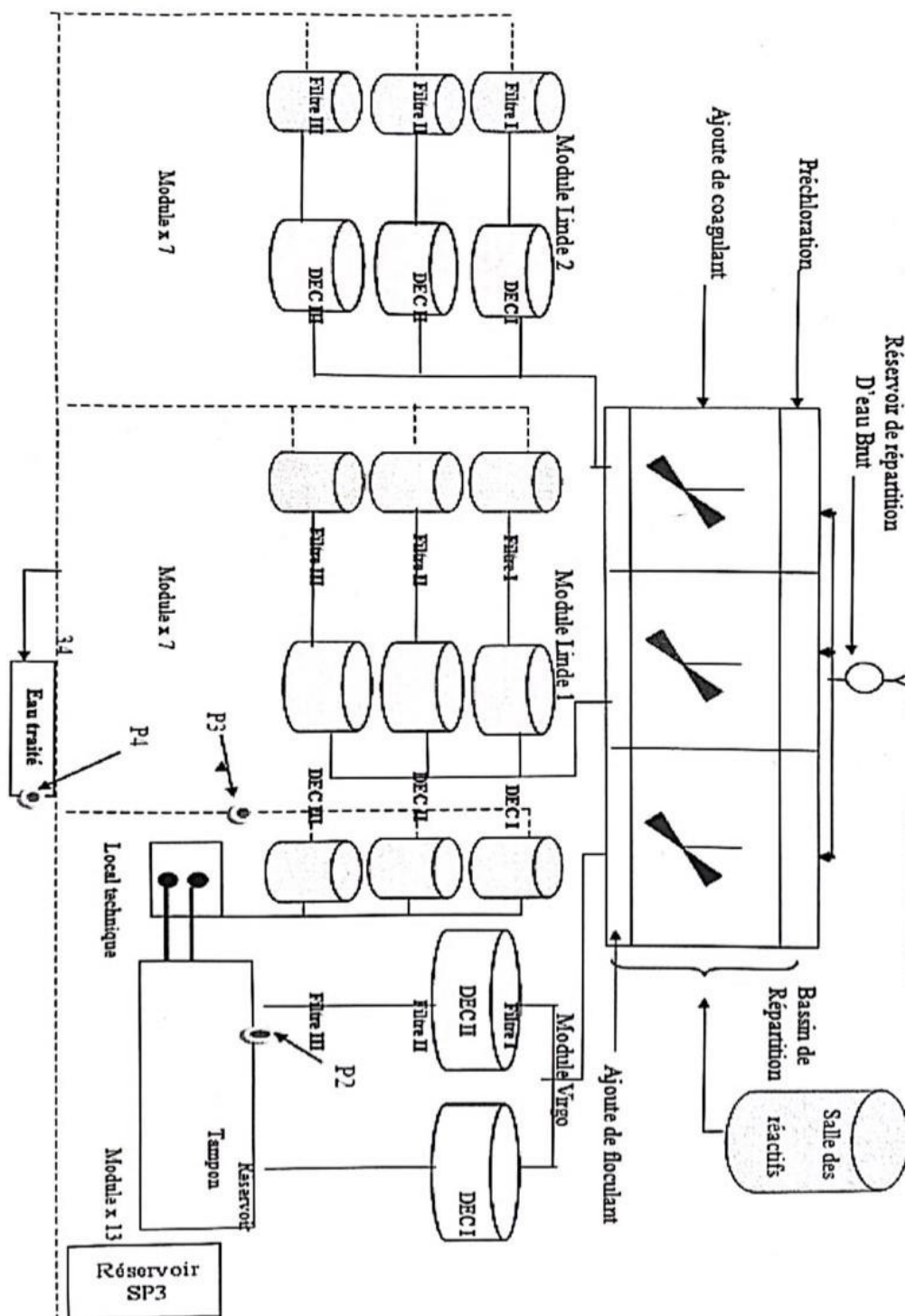


Figure 3.11 : Schéma de la station de traitement d'eau de Mazafran



CHAPITRE IV : PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES ET MÉTHODES D'ANALYSES



1) Introduction

Dans le cadre de la construction de la station de traitement d'eau, un laboratoire a été prévu en tant qu'élément essentiel de l'installation, équipé du matériel nécessaire pour effectuer des contrôles de la qualité de l'eau brute et traitée.

Le principal objectif du laboratoire est de réaliser des analyses considérées comme essentielles pour déterminer les paramètres physico-chimiques de l'eau et assurer un suivi de sa qualité.

2) Échantillonnage

L'échantillon doit être homogène, et doit être obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. D'autre part, le matériel d'échantillonnage doit être convenable et de disposer d'un personnel qualifié.

Il existe 7 robinets d'eau, les échantillons de ces robinets sont traités avec des appareils et des analyses pour déterminer les paramètres physiques et chimiques des eaux (**Figure 4.12**) .

1. Eau filtrée
2. Eau brute barrage Bouromi
3. Eau brute barrage Douera
4. Eau décantée



Figure 4.12 : Robinets d'échantillonnages

3) Paramètres physico chimique

3.1) Détermination de pH :

A. Principe :

La détermination de la valeur du pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide du pH- mètre sension+pH3 HACH

Le pH d'un échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation.

B. Appareillage:

En utilisant un pH-mètre sension+pH3 HACH est un instrument pour mesurer le pH, les mV et la température. Il est doté d'un agitateur (**Figure 4.13**).

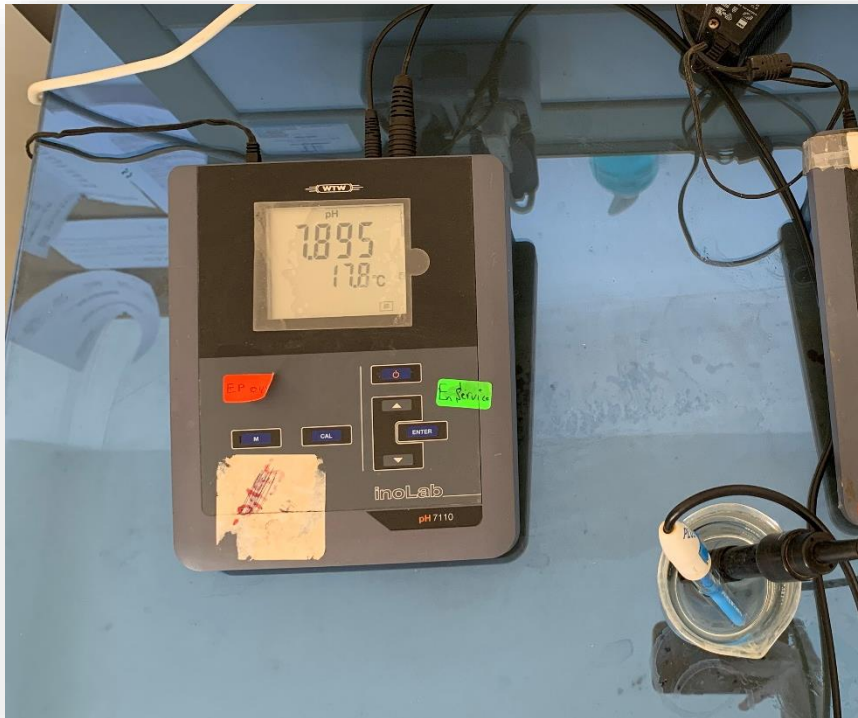


Figure 4.13: pH- mètre sension+pH3 HACH

C. Mode opératoire :

L'étalonnage se fait quotidiennement et sur deux points :

1. Transvaser l'échantillon à analyser dans un récipient (bécher) préalablement rincé avec de l'eau distillée et avec l'échantillon même,
2. immerger l'électrode soigneusement rincée et attendre la stabilité de la valeur du pH.

3. Noter cette dernière ainsi que la valeur de la température de l'échantillon au cours du mesurage.

3.2) Détermination de la conductivité électrique :

A. Principe :

La conductivité électrique découle de la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend :

- De la concentration des ions,
- De la nature des ions,
- De la température de la solution,
- De la viscosité de la solution.

B. Appareillage :

Conductivimètre : mettlertolèdo Seven Easy équipé d'une électrode de mesure, d'une sonde de température et d'un convertisseur.

Cet appareil a la propriété de compenser la température de l'eau, pour se ramener à des conditions normales de mesure (25°C) (**Figure 4.14**)

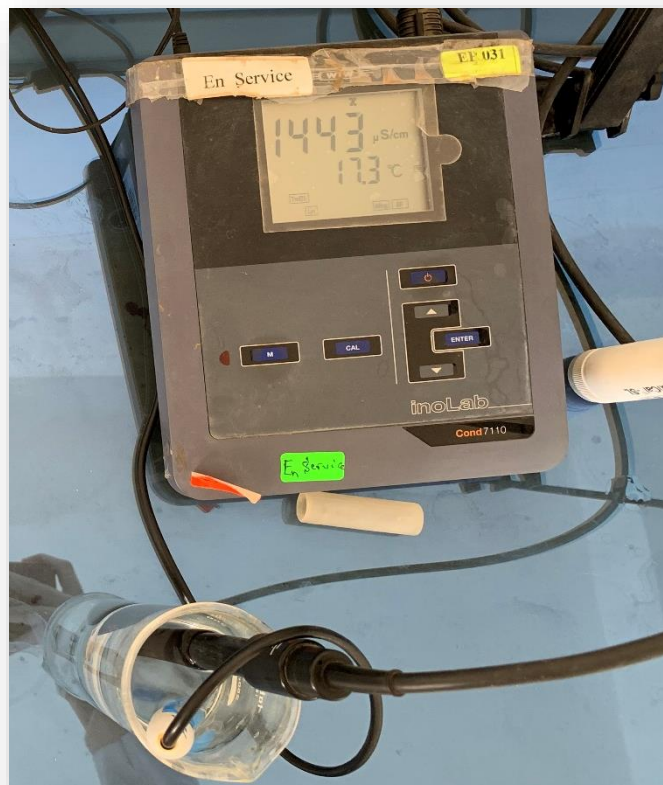


Figure 4.14 : conductivimètre

C. Mode opératoire:

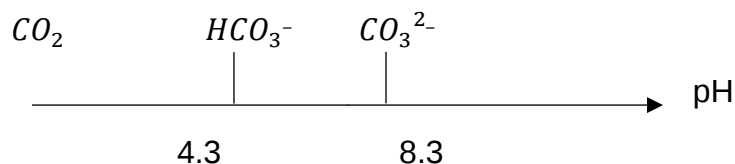
Le conductimètre est sous tension en continu, l'étalonnage et le contrôle qualité se font quotidiennement :

- 1- Plonger l'électrode de la conductivité dans la solution étalon (1413uS/cm) et presser la touche « **Cal** »
- 2- Lors de l'étalonnage le seven Easy s'arrête au point final, pour l'arrêt manuel, presser la touche « **Read** »
- 3- L'afficheur se fige sur la valeur nominale de l'étalon.
- 4- Pour revenir à la mesure d'échantillons, presser la touche « **Read** » passer les échantillons un par un en procédant à un rinçage de l'électrode entre chaque mesure.
- 5- Le résultat est exprimé directement en uS/cm à 25°C.

3.3) Détermination de l'alcalinité :**A. Principe :**

Détermination des concentrations en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH 8,3 et 4,5 l'échantillon à analyser.

La première détermination (pH 8,3) sert à calculer le titre alcalimétrique. (TA), la seconde (pH 4,5) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

**B. Réactifs:**

- Acide chlorhydrique de concentration 1 N Solution du commerce.
- Acide chlorhydrique 0.1 N : Verser 10 ml de l'acide chlorhydrique 1 N dans une fiole de 100 ml, compléter avec de l'eau distillée.

C. Appareillage:

- Un PH mètre.
- burette automatique ou burette classique.
- Matériel courant de laboratoire (fioles, béchers, etc.)
- Agitateur magnétique

D. Mode opératoire :

- 1- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser et mesurer le pH.
- 2- Si le PH est supérieur à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique 0,1 N (**Figure 4.15**) jusqu'au point. D'équivalence qui est un pH de 8,3. Noter le volume V1 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.

- 3- Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0,1 N jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de 4,5. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.
- 4- Si le pH est inférieur à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique 0,1. N pour obtenir 4,5. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0,1 N versé.

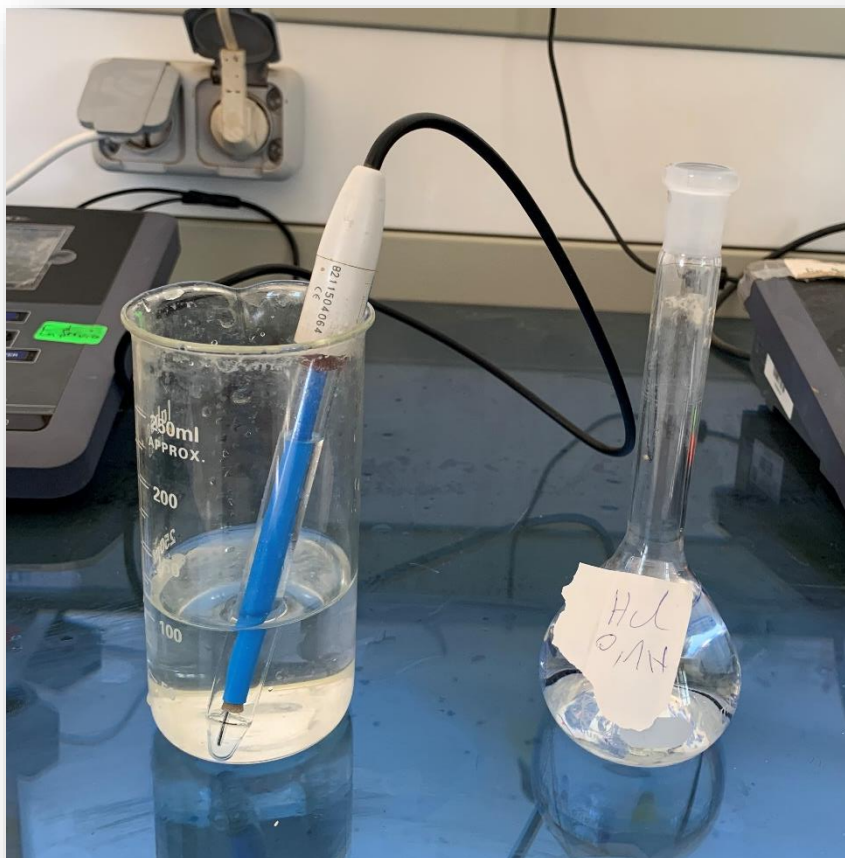


Figure 4.15 : L'acide chlorhydrique 0,1 N

E. Calcul et expression des résultats :

Le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC, exprimés en °f sont donnés respectivement par les expressions:

$$TA = V_1 \times 10 \text{ (°f)}$$

$$TAC = V_2 \times 5 \text{ (°f)}$$

Avec :

- V_1 Est le volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le pH à 8,3.
- V_2 Est le volume total d'acide chlorhydrique en millilitres pour amener le pH à 4,5

4) Paramètres organoleptiques (turbidité, couleur)

A. Appareillage :

Turbidimètre : Appareil pour mesurer la turbidité, il s'agit d'un récepteur photoélectrique mesurant la lumière diffusée par le liquide (**Figure 4.16**).

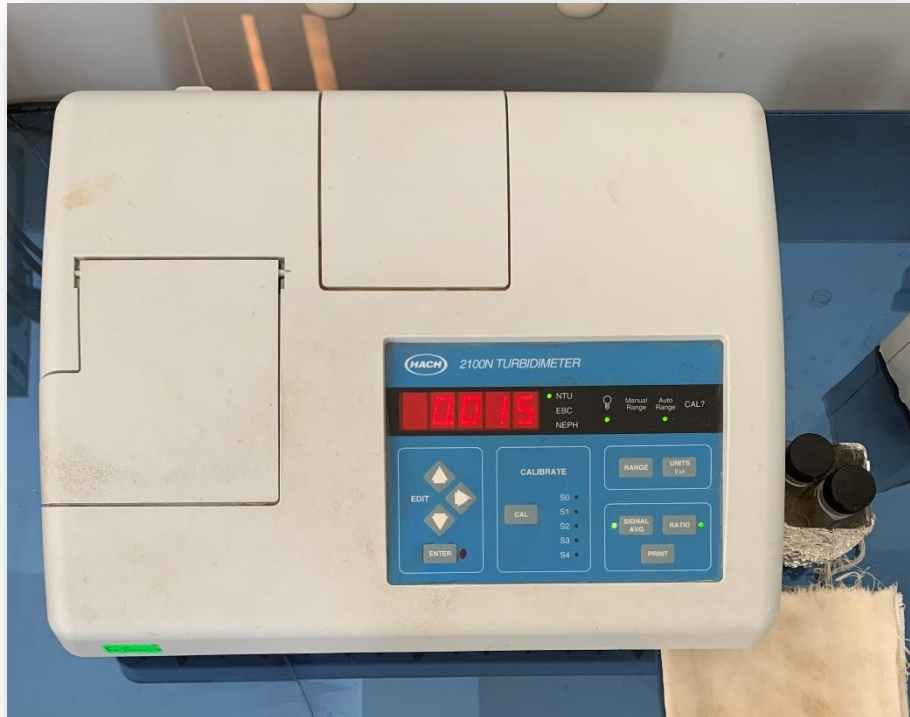


Figure 4.16 : Turbidimètre 2100N

B. Mode opératoire :

La mesure de la turbidité se fait alors comme suit :

- 1- Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure)
- 2- Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher la cuve
- 3- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère
- 4- Fermer le capot de l'appareil
- 5- Attendre l'affichage automatique d'une valeur. Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée
- 6- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

5) Métaux lourds (Aluminium, Fer)

5.1) Dosage de l'Aluminium :

A. Mesure de l'échantillon et les QC dans le spectromètre :

- 1- Afficher la fenêtre menu principale du spectromètre DR5000 (**Figure 4.17**).

- 2- Introduire le tube du blanc (ZERO LCK301) dans le port cuvette adéquat au tube de LCK301.
- 3- Attendre quelques secondes (le spectromètre affiche L1).
- 4- Introduire le tube de l'échantillon, lire directement la concentration en mg/l.
- 5- Suivre les mêmes étapes pour mesurer les QC.



Figure 4.17 : spectromètre DR5000

B. Préparation des échantillons :

Le pH de l'échantillon doit être dans l'intervalle [2.5 - 3.5], une valeur plus haute provoque des précipitations sous forme de complexes avec l'aluminium et de ce fait les résultats mesurés seront trop faibles.

Ajouter un peu d'acide nitrique (HNO_3) à 65% à l'échantillon afin d'ajuster le pH dans l'intervalle des limites autorisées.

C. Analyses des échantillons et le contrôle qualité :

Analyse de l'échantillon:

CHAPITRE IV : PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES ET MÉTHODES D'ANALYSES

- 1- Pipeter 2 ml de la solution a (LCK301 A), les introduire dans le tube à LCK301 (**Figure 4.18**).
- 2- Pipeter 3 ml de l'échantillon, les introduire dans le tube à LCK301.
- 3- Introduire dans le tube à LCK 301, une cuillère rase du réactif B (LCK301 B) (**Figure 4.19**).
- 4- Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- 5- Attendre 25min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

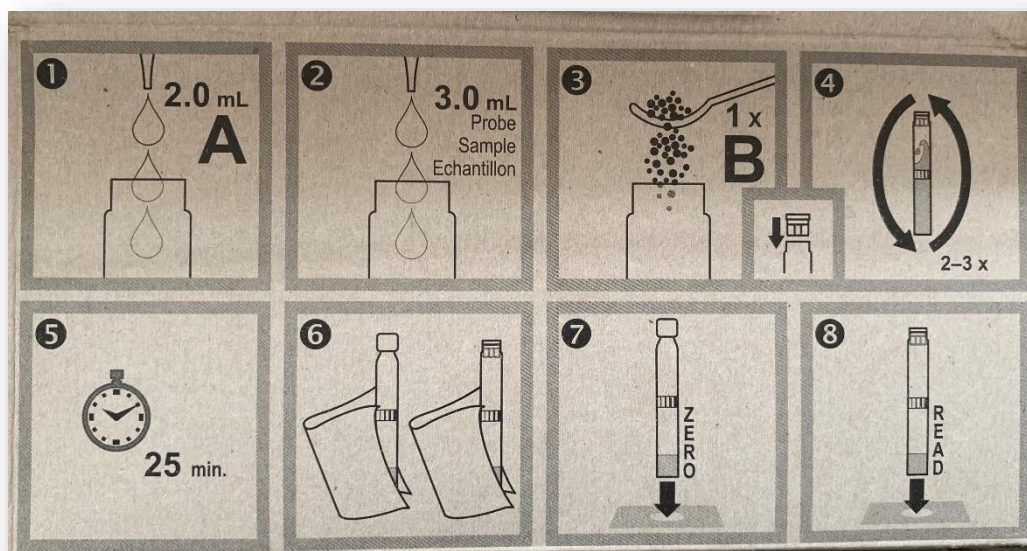


Figure 4.18 : Protocole d'analyse de l'échantillon (LCK301)



Figure 4.19 : Le réactif B (LCK301 B).

Les échantillons de dosage d'aluminium (**Figure 4.20**) :

- 1- Le tube du blanc (ZERO LCK301)
- 2- Échantillon de l'eau brute
- 3- Échantillon de l'eau décanté
- 4- Échantillon de l'eau filtré

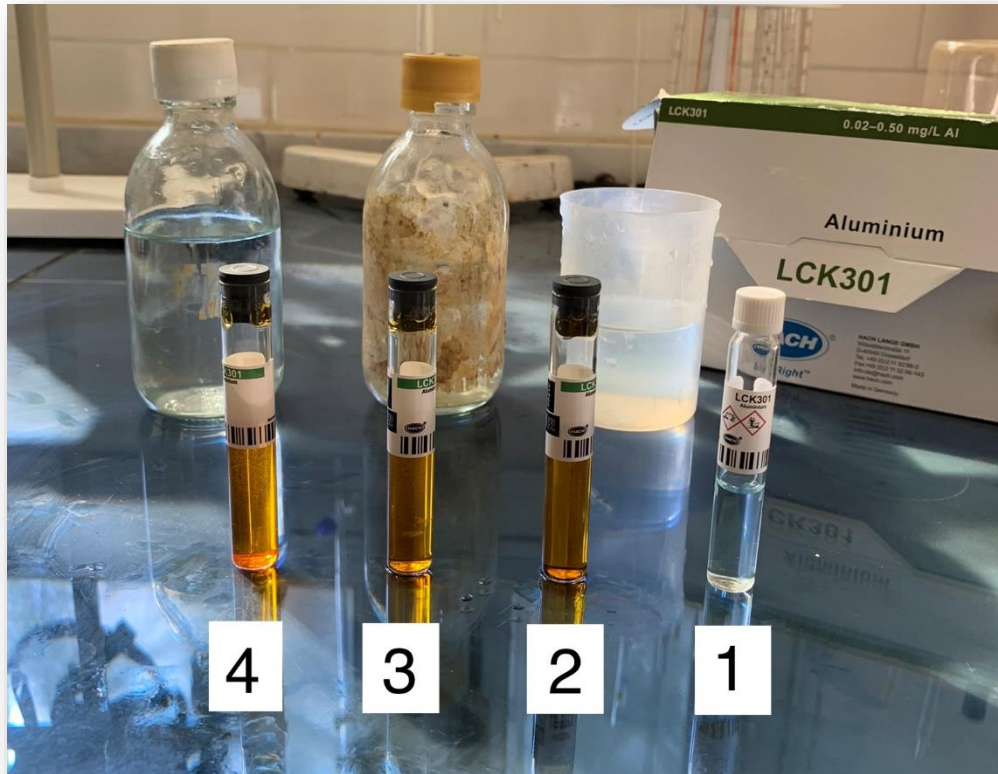


Figure 4.20: les échantillons de dosage d'aluminium

5.2) Dosage de Fer :

A. Principe:

Les ions Fe(II) forment avec la 1.10-phénantroline un complexe rouge-orange.

Les ions Fe(III) contenus dans l'échantillon sont réduits à l'état Fe(II) avant. La formation du complexe grâce à l'acide ascorbique.

B. Mesure de l'échantillon et le QC dans le spectromètre :

1. Afficher la fenêtre menu principale du spectrophotomètre (choisir programme enregistré).
2. Introduire le blanc Zéro LCK521 (valeur à blanc avec l'échantillon) dans la porte à cuvette adéquate à la cuvette de LCK 521
3. Attendre quelques secondes (le spectromètre affiche L1).
4. Introduire l'échantillon, lire directement la concentration en mg/l.
5. Suivre les mêmes étapes pour mesurer les QC (**Figure 4.21**).

C. Analyse des échantillons et le contrôle qualité :**Analyse des échantillons**

- 1- Pipette 5 ml d'échantillon.
- 2- Fermer la cuve et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat du MicroCap soit parfaitement dissous.
- 3- Attendre 10 min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer. Attention aux bulles d'air

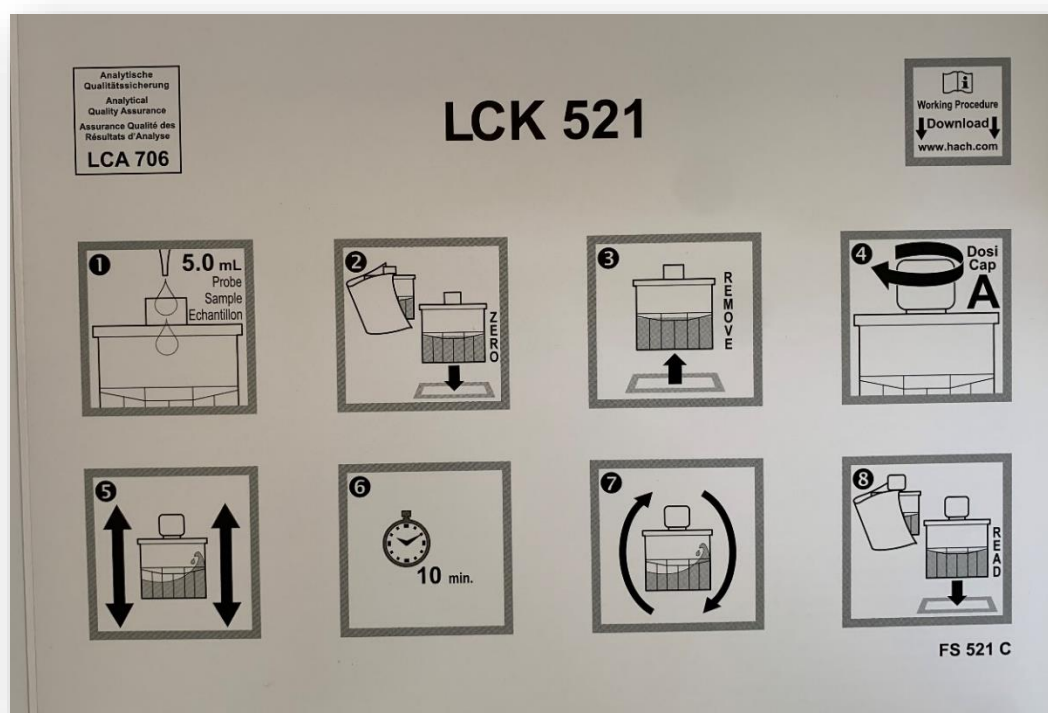


Figure 4.21 : Protocole de dosage du fer par Kit LCK 521

- 1- Échantillon l'eau brute
- 2- Échantillon l'eau décantée
- 3- Échantillon l'eau filtré



Figure 4.22 : les échantillons de dosage de fer

6) Jar Test (Essai de traitabilité et optimisation les taux de traitement)

Pour choisir la dose de coagulant-floculant, il faut toujours préciser les conditions optimales de traitement ou avoir recours à l'expérience qui s'appelle « jar-teste» pour obtenir un meilleur résultat.

6.1) Le but :

La procédure d'essais de coagulation floculation (jar test) pour but de détermination des doses optimales du coagulant et floculant. Ce test permet en outre de visualiser la floculation et de connaître ses effets aussi bien sur l'eau décantée que sur la boue

6.2) Réactifs et Appareillage :**a. Les réactifs**

- Sulfate d'alumine $2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (produit commercial) ou chlorure ferrique FeCl_3 (produit commercial)

La solution de coagulant est à préparer le jour même de l'essai, à une concentration de 10 g/l (sulfate d'alumine) ou 10 g/l (chlorure ferrique).

- Flocculant « poly électrolyte » (produit commercial).

La solution mère de flocculant est à préparer le jour même de l'essai, à une concentration de 5 g/l.

b. Appareillage:

- Un chronomètre.
- Fioles de diverses contenances (1 litre; 100 ml)
- Un flocculateur de laboratoire avec six béchers de floculation
- Un siphon ($d \sim 0,5 \text{ mm}$) recourbé vers le haut pour éviter l'aspiration des boues
- 7 béchers de 0,5 l pour récupérer les échantillons siphonnés.
- Des pipettes graduées
- Un ph mètre
- Un turbidimètre
- Un spectrophotomètre
- Un conductimètre
- Une balance analytique : précision 0,100 mg.

c. Détermination de la dose optimale en flocculant

- Vider les bécher les rincer et remplir chacun avec un litre d'eau à analyser
- Injecter la dose optimale de coagulant obtenue dans chaque bécher
- Déclencher le chronomètre ($t = 0$) .
- Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min, pendant 90 s. Les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les béchers.
- Arrêter l'agitation et injecter le flocculant le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque bécher. Les doses appliquées dans chaque bécher sont croissantes de façon à "encadrer" la dose optimale présumée. L'écart entre deux doses successives de flocculant doit être suffisant pour obtenir des variations significatives de la qualité de l'eau décantée (exemple : une différence de 0,025 mg/l entre chaque bécher...)
- Redémarrer l'agitation à 180 tours/min pendant 30 secondes, puis réduire la vitesse à 40 tours/min (agitation lente). Dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min.
- Noter le temps d'apparition du foc après introduction du flocculant,
- Au temps $t = 10 \text{ min}$ et $t = 20 \text{ min}$, noter l'aspect de la floculation exprimé par une note
- Au temps $t = 20 \text{ min}$, relever les pales des agitateurs (doucement en prenant soin de ne pas casser les flocs formés) en respectant un décalage de 15 à 30 s entre chaque bécher.

CHAPITRE IV : PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES ET MÉTHODES D'ANALYSES

- Mélanger manuellement chaque échantillon d'eau siphonné et procéder aux analyses suivantes selon les objectifs du traitement :

Pour les eaux après floculation:

- Turbidité,
- pH après floculation.
- Température.
- Conductivité.
- UV.

Déterminer la concentration optimale en floculant (en mg/l), de la même manière que pour la concentration optimale en coagulant.

d. Détermination de la dose optimale en coagulant

- 1- Mettre le flocculateur dans un endroit protégé du soleil, de la chaleur, des courants d'air et des vibrations.
- 2- Agiter l'échantillon prélevé et remplir chaque bécher du flocculateur d'un litre d'eau à tester, mettre les pales d'agitation en place.
- 3- Noter la température, pH, turbidité, conductivité, UV de l'eau brute.
- 4- A l'aide d'une pipette graduée, ajouter le coagulant le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque bécher. Les doses appliquées dans chaque bécher sont croissantes de façon à "encadrer" la dose optimale présumée. L'écart entre deux doses successives de coagulant doit être suffisant pour obtenir des variations significatives de la qualité de l'eau décantée (exemple : une différence de 10 mg/l. entre chaque bécher...)
- 5- Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min. Les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les béchers.
- 6- Déclencher le chronomètre ($t = 0$).
- 7- Après 2 min ($t = 2$ min) d'agitation rapide (dispersion du réactif, coagulation), réduire la vitesse de rotation des pales à 40 tours/min (agitation lente). Dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min.
- 8- Au temps $t = 20$ min, relever les pales des agitateurs (doucement en prenant soin de ne pas casser les floccs formés) en respectant un décalage de 15 à 30 s entre chaque bécher.
- 9- Attendre 45 min de décantation. Ce temps doit être suffisant pour obtenir une bonne décantation des floccs mais pas trop long pour conserver des variations significatives de la qualité des eaux traitées (en particulier la turbidité).
- 10- Prélever, à l'aide d'un siphon 0,5l dans chaque bécher suivant le schéma suivant en veillant à ne pas siphonner la surface de l'eau :
- 11- Mélanger chaque échantillon d'eau siphonné



CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION



CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

1) Introduction

Dans cette partie, nous avons réalisé une étude comparative entre deux coagulants, à savoir le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique, sur une eau préparée en laboratoire présentant différentes turbidités.

Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé les modes opératoires et les techniques expérimentale que nous avons décrites précédemment. Ces techniques vise à déterminer le choix d'un réactif et les concentrations optimales nécessaires pour obtenir une réduction maximale de la turbidité de l'eau après une simple décantation. Nous avons contrôlé les paramètres physico-chimiques influençant le choix du meilleur coagulant. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

2) Coût de la clarification par chlorure ferrique vs sulfate d'Alumine

Pour avoir une comparaison économique fiable, en déterminant le cout des produits chimique (chlorure ferrique, sulfate d'alumine) pour traiter un volume d'eau brute de 1 000 000 m³, ci-dessous le tableau de comparaison

Tableau 5.3 : Le coût de la clarification par chlorure ferrique vs sulfate d'Alumine

	Produit	Densité	Prix de produit (kg/DA)	Concentration de la solution (g/l)	Dosage (mg/l)	Volume d'eau (m ³)	Quantité de produit injecté (tonne)	Total (DA)
Utilisation sulfate d'aluminium	Sulfate d'alumine	1.3	48.5	500	10	1000000	28000	1358000
Utilisation chlorure ferrique	Chlorure ferrique	1.4	37	500	10	1000000	28000	1036000
Gain : 322 000DA								

Interprétation

Relativement à la comparaison économique, nous avons enregistré un gain de 322 000 DA pour traiter un million m³ d'eau brute dans le cas de substitution de sulfate d'alumine par le chlorure ferrique sans prendre en considération le cout de l'acide sulfurique dans le cas de sulfate d'alumine et d'autre part le chlorure ferrique est un produit local et disponible dans le marché alors que la matière première (pour la fabrication de sulfate d'alumine (Alumine : Al₂O₃) est importée Sur le plan économique, le chlorure ferrique, est largement utilisé et disponible à un coût abordable, ce qui en facilite l'approvisionnement. En revanche, le sulfate d'aluminium Al₂(SO₄)₃ bien qu'il soit plus coûteux Interprétation.

CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3) Résultats expérimentaux :

3.1) Qualité de l'eau (Eau Brute, Eau Traitée)

Tableau 5.4 : Paramètre physico-chimique pour une eau de différente turbidité (EB.ET)

Date/ Paramètre		T(C°)	Cond µs/cm	Nitrite NO ₂ - mg/l	Nitrate NO ₃ - mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	Cl - mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	Ca ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l
09/03/23	E.B	15.8	1470	0.03	14	<0.02	190	350	110	44
	E.T	15.5	1475	<0.02	10	<0.02	200	355	115	45
16/03/23	E.B	16.2	1480	0.02	15	<0.02	210	365	122	45.5
	E.T	16	1482	<0.02	9	<0.02	222	370	125	47
23/03/23	E.B	20.3	1480	<0.02	18	<0.02	220	360	128	45
	E.T	20	1485	<0.02	12	<0.02	230	365	130	45.5
05/04/23	E.B	20.4	1475	0.04	14.5	<0.02	228	375	130	47
	E.T	19.5	1490	<0.02	9	<0.02	235	380	135	47.5
12/04/23	E.B	20.3	1500	0.05	18	<0.02	240	390	137	48
	E.T	20.1	1510	<0.02	14	<0.02	255	395	140	49
19/04/23	E.B	18.3	1505	0.03	15	<0.02	245	375	125	44.5
	E.T	18.1	1515	<0.02	11	<0.02	260	380	130	45
26/04/23	E.B	19.5	1500	<0.02	12	<0.02	255	355	130	45.5
	E.T	19.3	1510	<0.02	9	<0.02	265	370	135	47
03/05/23	E.B	20.2	1515	<0.02	14	<0.02	267	375	125	48
	E.T	20	1520	<0.02	11	<0.02	270	380	130	49
11/05/23	E.B	19.5	1523	<0.02	18	<0.02	255	390	132	47.3
	E.T	19.3	1530	<0.02	15	<0.02	265	395	137	49
Norme			2800	0.1	50	0.05	500	400	200	150

CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Interprétation des résultats :

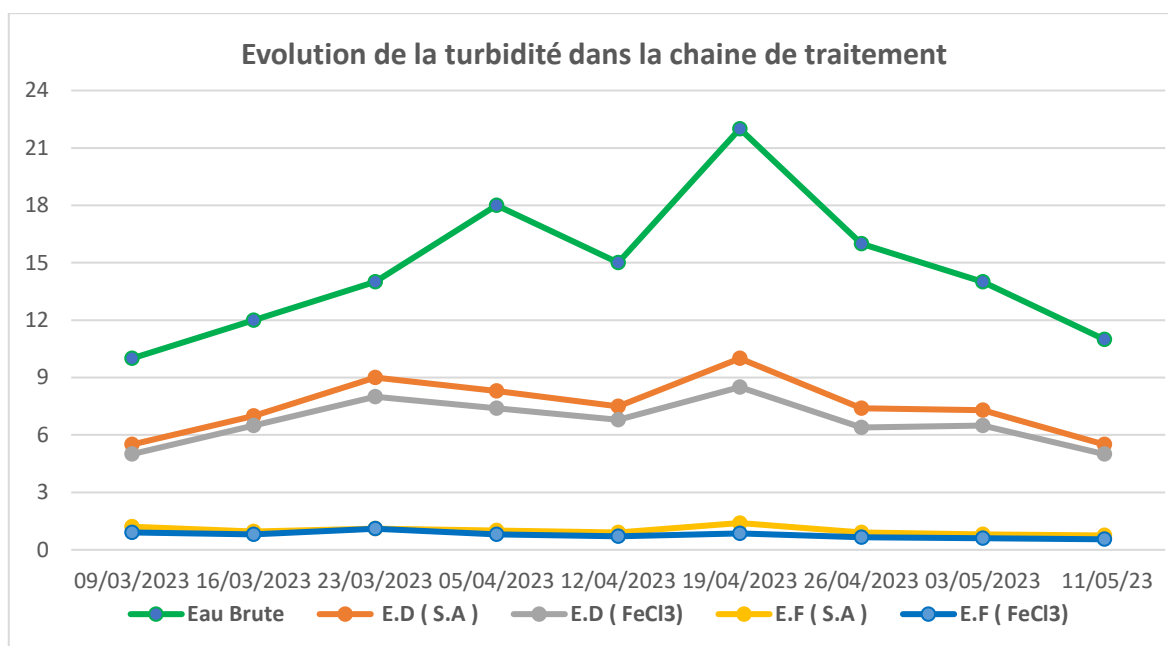
- Les paramètres physico chimiques sont conformes
- Absence des paramètres de pollution (NO_2^- , NH_4^+) à l'eau traitée avec des traces dans l'eau brute
- Présence des nitrates (EB, ET) mais reste toujours dans la norme (inférieur à 50 mg/l)
- Teneur importante des sulfates et les chlorures (reste dans la norme) relativement à la caractéristique des eaux brute du Barrage de Bouroumi ainsi de l'abaissement du niveau de ce dernier
- La minéralisation globale est équilibrée (moyennement reminéralisée) (teneur de calcium et magnésium)

3.2) Comparaison entre résultats obtenue pour sulfate d'aluminium et chlorure ferrique

3.2.1) Mesure efficacité de traitement pour les deux coagulants :

Tableau 5.5 : la turbidité des différentes eaux (EB.ET.ED) pour les deux coagulants.

Date/	Turbidité Eau Brute (NTU)	Turbidité Eau Décantée (S.A) (NTU)	Turbidité Eau Décantée (FeCl_3) (NTU)	Turbidité Eau Filtrée (S.A) (NTU)	Turbidité Eau Filtrée (FeCl_3) (NTU)
09/03/23	10	5.5	5	1.2	0.9
16/03/23	12	7	6.5	0.95	0.8
23/03/23	14	9	8	1.1	1.1
05/04/23	18	8.3	7.4	1	0.8
12/04/23	15	7.5	6.8	0.9	0.7
19/04/23	22	10	8.5	1.4	0.85
26/04/23	16	7.4	6.4	0.9	0.65
03/05/23	14	7.3	6.5	0.8	0.6
11/05/23	11	5.5	5	0.75	0.55

Graphe 1 : Évolution de la turbidité dans la chaîne de traitement.**Interprétation des résultats :**

D'après les résultats de mesure des turbidités dans le process (Eau Brute, Eau Décantée, Eau filtrée) Nous avons enregistré les turbidités de l'eau décantée et filtrée ou l'utilisation le chlorure ferrique comme coagulant sont inférieurs par rapport le cas de sulfate d'alumine.

Ces résultats montrent que le chlorure ferrique est plus efficace dans le traitement des eaux par rapport au sulfate d'alumine

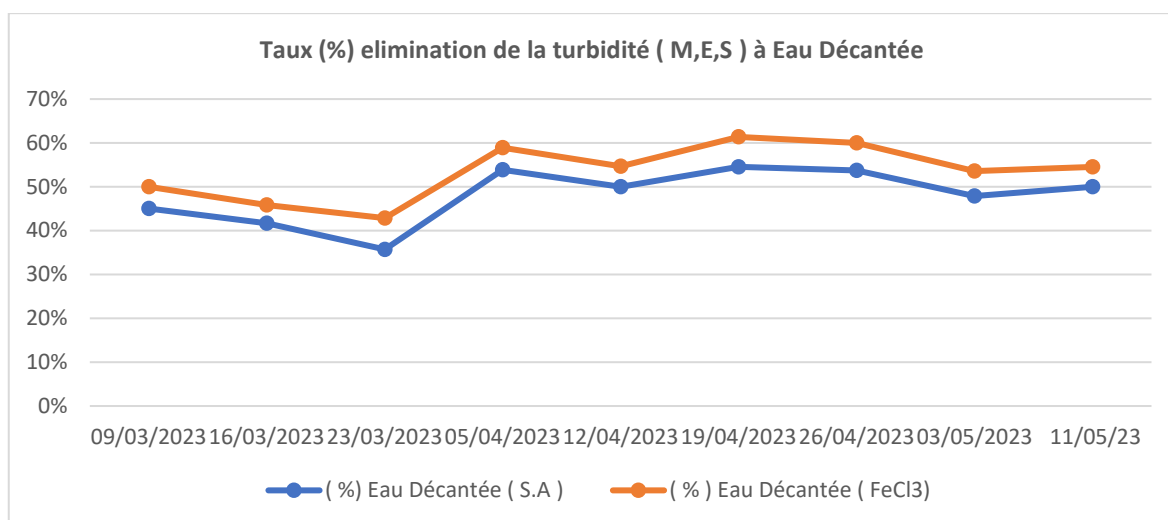
3.2.2) Efficacité de traitement à l'eau Décantée :

Tableau 5.6: la turbidité et le taux d'abattement de à l'eau décantée pour les deux coagulants.

Date/	Turbidité Eau Brute	Turbidité Eau Décantée (S.A)	Turbidité Eau Décantée (FeCl3)	(%) abattement Turbidité E.D (S.A)	(%) abattement Turbidité E.D (FeCl3)
09/03/23	10	5.5	5	45 %	50%
16/03/23	12	7	6.5	42%	46%
23/03/23	14	9	8	36%	43%
05/04/23	18	8.3	7.4	54%	59%
12/04/23	15	7.5	6.8	50%	55%
19/04/23	22	10	8.5	56%	61%
26/04/23	16	7.4	6.4	54%	60%
03/05/23	14	7.3	6.5	48%	54%
11/05/23	11	5.5	5	50%	55%

CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Graphe 2 : Taux (%) élimination de la turbidité (M,E,S) à Eau Décantée.



Interprétation :

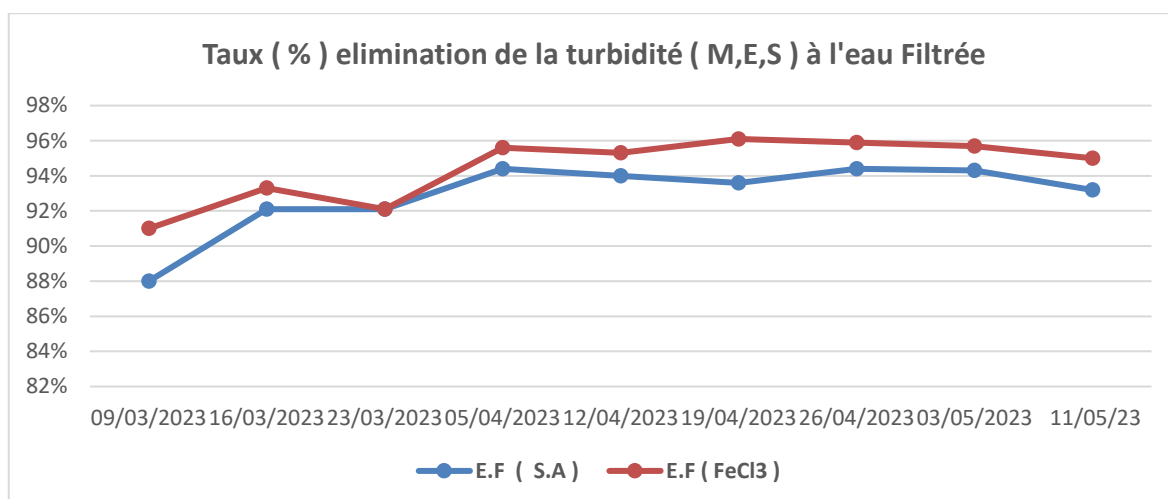
Le taux d'élimination de la matière en suspension (turbidité) est exprimé par (%) par rapport à l'eau brute.

Suite à ces résultats, nous remarquons que les taux d'élimination ou d'abattement de la matière en suspension (turbidité) à l'eau décantée sont importants dans le cas où l'utilisation le chlorure ferrique comme coagulant

3.2.3) Efficacité de traitement à l'eau filtrée

Tableau 5.7: la turbidité et le taux d'abattement de à l'eau filtrée pour les deux coagulants.

Date/	Turbidité Eau Brute	Turbidité Eau Filtrée (S.A)	Turbidité Eau Filtrée (FeCl3)	(%) abattement Turbidité E.F (S.A)	(%) abattement Turbidité E.F (FeCl3)
09/03/23	10	1.2	0.9	88 %	91 %
16/03/23	12	0.95	0.8	92.1%	93.3 %
23/03/23	14	1.1	1.1	92.1 %	92.1 %
05/04/23	18	1	0.8	94.4 %	95.6 %
12/04/23	15	0.9	0.7	94 %	95.3 %
19/04/23	22	1.4	0.85	93.6 %	96.1 %
26/04/23	16	0.9	0.65	94.4 %	95.9 %
03/05/23	14	0.8	0.6	94.3 %	95.7 %
11/05/23	11	0.75	0.55	93.2 %	95 %

Graphe 3 : Taux (%) elimination de la turbidité (M,E,S) à l'eau Filtrée**Interprétation des résultats :**

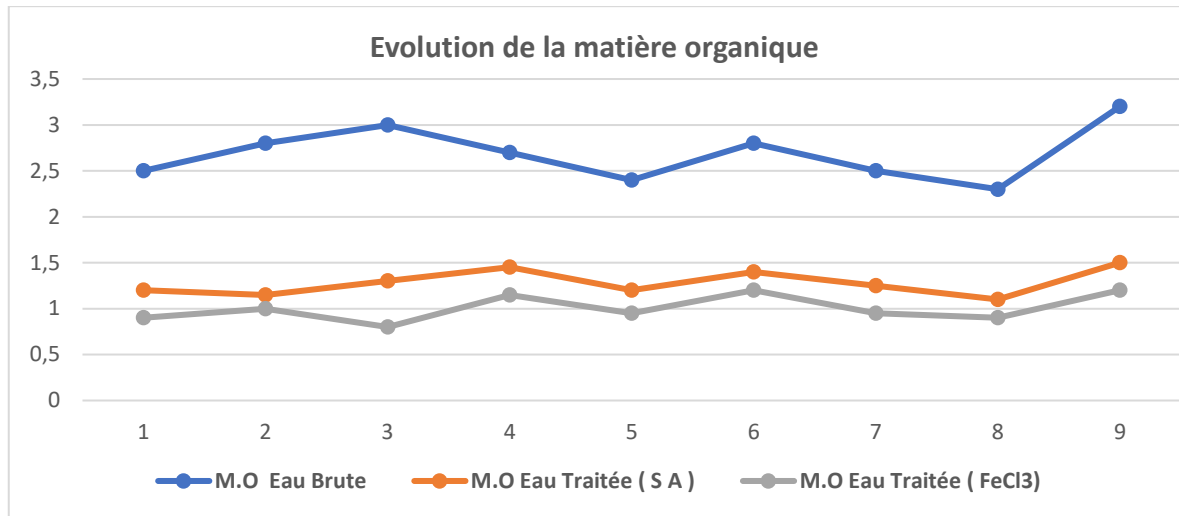
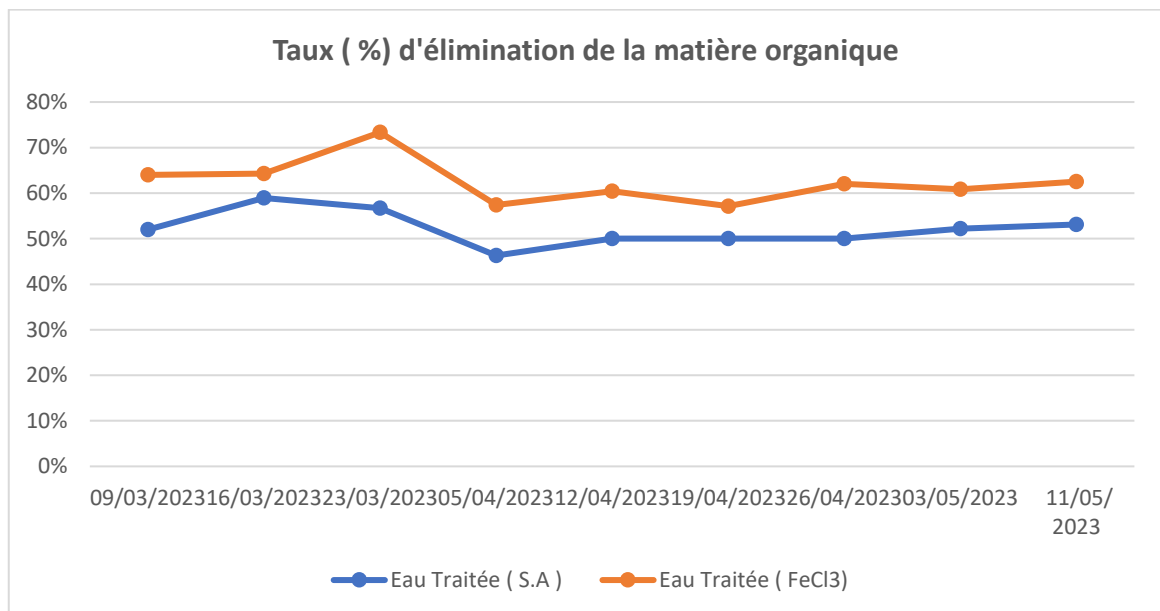
Même principe dans l'étape de filtration, les taux d'élimination de la matière en suspension à l'eau filtrée sont supérieurs dont de l'utilisation de chlorure ferrique comme coagulant par rapport au sulfate d'alumine ces résultats confirment nettement de l'avantage de chlorure ferrique de leur efficacité dans le traitement par rapport au sulfate d'alumine.

D'un autre côté, la plage de pH pour la coagulation avec le sulfate d'aluminium (S.A) est de 6,5 à 7,5, tandis que celle pour le chlorure ferrique (FeCl3) est de 5,5 à 9. Par conséquent, pour utiliser le sulfate d'aluminium, il est nécessaire d'acidifier l'eau brute dont le pH est de 8.

3.3) Elimination la matière organique par les deux coagulants

Tableau 5.8: la matière organique et le taux d'abattement pour une eau de différente turbidité (EB.ET) par les deux coagulants.

Date/	Matière organique Eau Brute (mg/l)	Matière organique Eau Traitée (S.A) (mg/l)	Matière organique Eau Traitée (FeCl3)(mg/l)	(%) abattement Matière organique (S.A)	(%) abattement Matière organique (FeCl3)
09/03/23	2.5	1.2	0.9	52 %	64 %
16/03/23	2.8	1.15	1	59 %	64 %
23/03/23	3	1.3	0.8	57 %	73 %
05/04/23	2.7	1.45	1.15	46 %	57 %
12/04/23	2.4	1.2	0.95	50 %	60 %
19/04/23	2.8	1.4	1.2	50 %	57 %
26/04/23	2.5	1.25	0.95	50 %	62 %
03/05/23	2.3	1.1	0.9	52 %	61 %
11/05/23	3.2	1.5	1.2	53 %	63 %

Graphe 4 : Evolution de la matière organique dans le process**Graphe 5 :** Taux (%) d'élimination de la matière organique**Interprétation des résultats :**

Suite aux résultats de la matière organique, nous enregistrons que les taux d'élimination de cette dernière sont importants dans le cas de l'utilisation de chlorure ferrique comme coagulant relativement et qui indiquent une efficacité significativement plus élevée par rapport au sulfate d'alumine.

Ces résultats confirment la propriété du (FeCl₃) dans l'élimination de la matière organique.

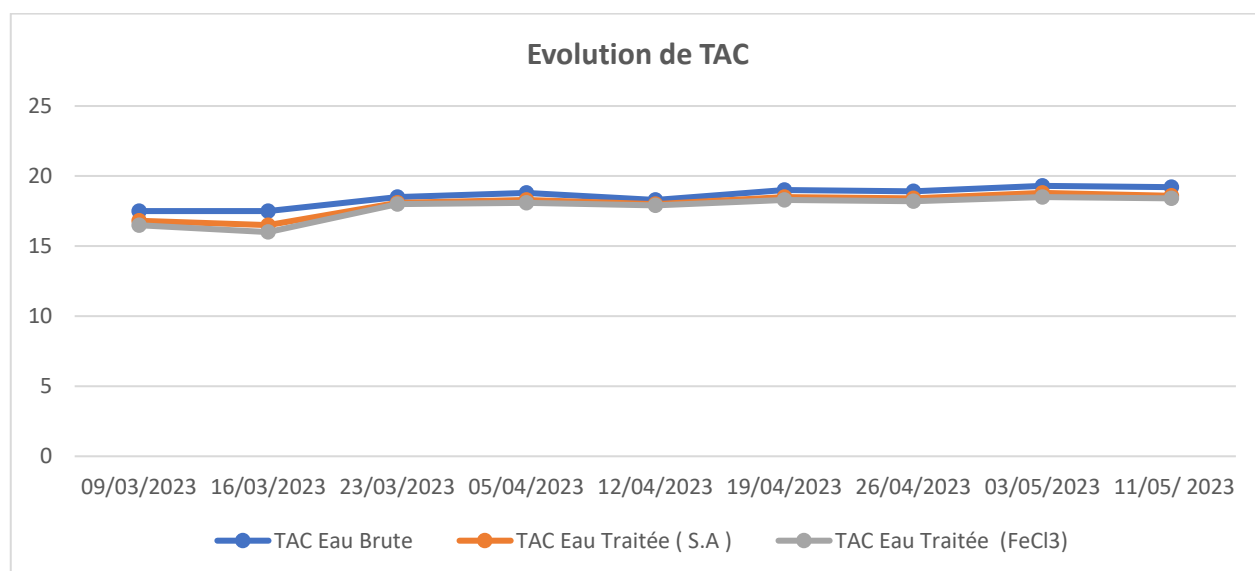
CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.4) Alcalinité complet (TAC)

Tableau 5.9 : TAC des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.

Date/	TAC Eau Brute (F °)	TAC Eau Traitée (S.A) (F °)	TAC Eau Traitée (FeCl ₃) (F °)
09/03/23	17.5	16.8	16.5
16/03/23	17.5	16.5	16
23/03/23	18.5	18.1	18
05/04/23	18.8	18.3	18.1
12/04/23	18.3	18	17.9
19/04/23	19	18.5	18.3
26/04/23	18.9	18.4	18.2
03/05/23	19.3	18.8	18.5
11/05/23	19.2	18.6	18.4

Graphe 6 : Evolution de TAC



Interprétation des résultats :

Le TAC (Titre Alcalimétrique Complet) représente la mesure de l'alcalinité totale, qui correspond à la somme des concentrations des ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-). Les deux coagulants étudiés, le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique, sont tous deux des sels ayant des caractéristiques acides. Nous avons observé une légère diminution des mesures de TAC lors de l'utilisation de ces deux coagulants par rapport à l'eau brute, ce qui est cohérent avec leur nature acide.

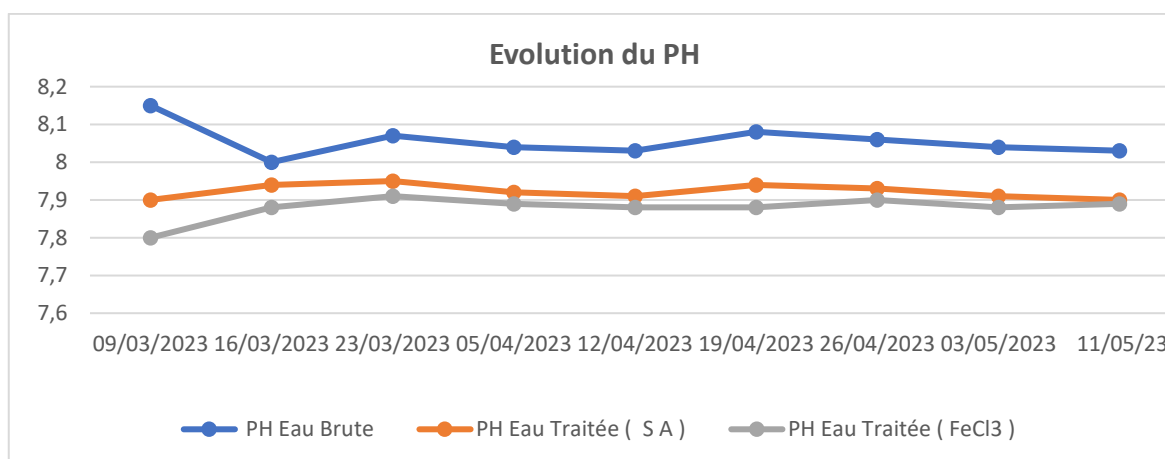
CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.5) Évolution du PH

Tableau 5.10 : Le pH des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.

Date/	PH Eau Brute	PH Eau Traitée (S.A)	PH Eau Traitée (FeCl3)
09/03/23	8.15	7.9	7.8
16/03/23	8	7.94	7.88
23/03/23	8.07	7.95	7.91
05/04/23	8.04	7.92	7.89
12/04/23	8.03	7.91	7.88
19/04/23	8.08	7.94	7.88
26/04/23	8.06	7.93	7.9
03/05/23	8.04	7.91	7.88
11/05/23	8.03	7.9	7.89

Graphe 7 : Evolution de ph



Interprétation des résultats :

D'après les résultats d'analyse du PH dans le process pour les deux coagulant (sulfate d'alumine, chlorure ferrique), nous avons constaté une diminution du PH à l'eau traitée par rapport à l'eau brute suite à la caractéristique de deux ces produits (acidité), avec une légère plus baisement dans le cas du chlorure Ferrique dû à plus acide que le sulfate d'alumine.

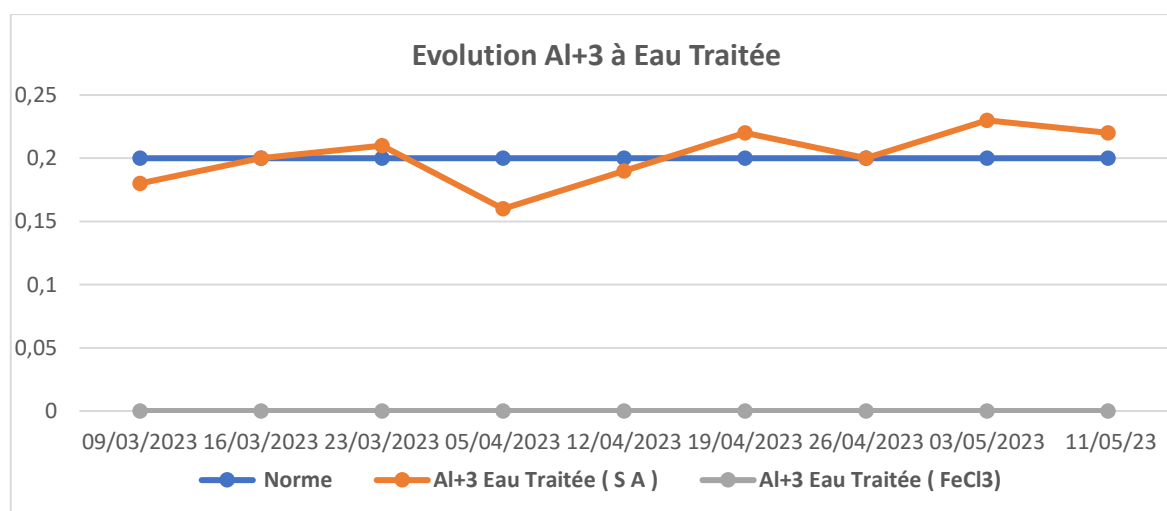
CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.6) Aluminium résiduel (Al+3) : Eau Traitée

Tableau 5.11: Résultats de dosage d'Aluminium des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.

Date/	Eau Brute	Al+3 (mg/l) Eau Traitée (S.A)	Al+3 (mg/l) Eau Traitée (FeCl3)
09/03/23	< 0.02	0.18	< 0.02
16/03/23	< 0.02	0.2	< 0.02
23/03/23	< 0.02	0.21	< 0.02
05/04/23	< 0.02	0.16	< 0.02
12/04/23	< 0.02	0.19	< 0.02
19/04/23	< 0.02	0.22	< 0.02
26/04/23	< 0.02	0.2	< 0.02
03/05/23	< 0.02	0.23	< 0.02
11/05/23	< 0.02	0.22	< 0.02
Norme	0.2 mg/l		

Graphe 8 : Evolution aluminium (Al+3 à) ET



Interprétation des résultats :

Suite aux résultats d'analyse d'aluminium résiduel (Al+3), nous avons enregistré présence (Al+3) résiduel dans le cas d'utilisation du sulfate d'alumine avec une quelque dépassement de la norme (0.2 mg/l) a noter l'absence de (Al+3) dans cas de chlorure ferrique .

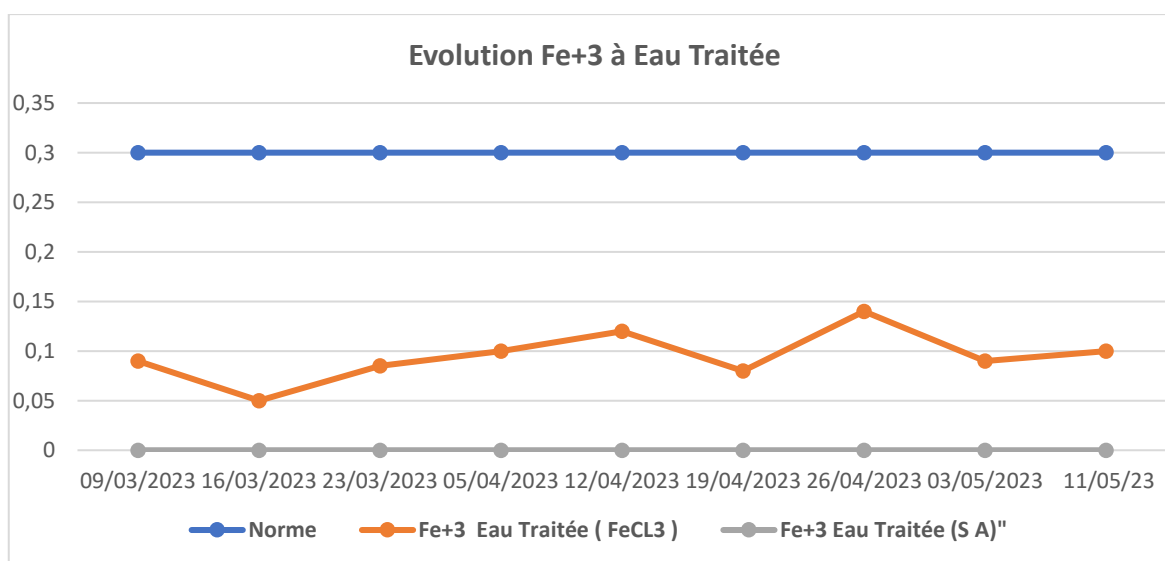
CHAPITRE V : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.7) Paramètre Fer (Fe+3)

Tableau 5.12 : Résultats de dosage Fer des différentes eaux (EB.ET) pour les deux coagulants.

Date/	Eau Brute	Fe+3 (mg/l) Eau Traitée (S.A)	Fe+3 (mg/l) Eau Traitée (FeCl3)
09/03/23	0.04	<0.02	0.09
16/03/23	0.01	<0.02	0.05
23/03/23	0.05	<0.02	0.085
05/04/23	0.15	<0.02	0.1
12/04/23	0.02	<0.02	0.12
19/04/23	0.04	<0.02	0.08
26/04/23	0.1	0.02	0.14
03/05/23	0.03	<0.02	0.09
11/05/23	0.19	<0.02	0.1
Norme	0.3 mg/l		

Graphe 9 : Évolution fer (Fe+3) à ET



Interprétation des résultats :

Relativement des mesures du fer résiduel à l'eau traitée, nous avons constaté présence des traces de ce dernier dans Le cas d'injection du chlorure ferrique mais reste toujours conforme ($i < 0.3$ mg/l) .

En revanche, aucune présence de fer résiduel n'a été observée dans le cas d'utilisation du sulfate d'aluminium comme coagulant.

4) Comparaison entre sulfate de l'Aluminium et le Chlorure Ferrique :

D'après les tableaux et les résultats obtenus on remarque que :

- ✓ La turbidité de l'eau traitée est plus faible lors de l'utilisation du chlorure ferrique comme coagulant par rapport au cas du sulfate d'aluminium.
- ✓ La plage de coagulation du pH pour (S.A) et (FeCl_3) sont compris respectivement (6.5 – 7.5), (5.5 -9) qu'il nécessite de l'acidification de l'eau brute (PH : 8) dans le (S.A)
- ✓ Les valeurs de l'aluminium après filtration dépasse les limites de la norme dans le cas d'utilisation du sulfate d'aluminium comme coagulant.
- ✓ Les valeurs de fer dissous dans l'eau traitée sont acceptables et ne dépassent pas les limites de la norme pour les deux coagulants

Sur la base des résultats obtenus, il est conclu que le chlorure ferrique est le coagulant le plus approprié pour le processus de coagulation-floculation.

5) Conclusions et perspectives :**a) Les avantages du chlorure ferrique :**

- La gamme de PH de coagulation est important par rapport au sulfate d'alumine
- Meilleure élimination de la matière organique,
- Pas de fuites en aluminium !
- Précipitation des phosphates
- Meilleur d'élimination de la matière en suspension (M.E.S)
- Partie économique : chlorure ferrique est produit local disponible dans le marché et moins couteuse par rapport au sulfate d'alumine

b) Inconvénients du chlorure ferrique :

- Nécessite d'ajuster parfaitement le dosage : un moindre surdosage peut colorer l'eau qui arrive jusqu'à l'abonné.
- Coloration des ouvrages, aspect visuel des installations.
- Augmentation de la production de boues
- Mise en œuvre d'équipements adéquats à la corrosion pour leur protection (Chlorure ferrique est très corrosive)



CONCLUSION GÉNÉRALE



CONCLUSION GÉNÉRALE

En conclusion, notre stage à la station de traitement des eaux potables " Reguigue kaddour appelée SAA " nous a permis d'appliquer les connaissances scientifiques acquises lors de notre formation universitaire et de nous familiariser avec le monde professionnel. Notre étude comparative des coagulants a démontré que l'utilisation du chlorure ferrique présente des avantages par rapport au sulfate d'aluminium, notamment en termes d'économie de coagulant et de prévention des risques pour la santé humaine. Les résultats obtenus ont confirmé l'efficacité de coagulant utilisé, puisque l'eau traitée respectait les normes de potabilisation.

Premièrement, nous avons observé une meilleure performance d'élimination de la matière en suspension dans l'eau lors de l'utilisation du chlorure ferrique comme coagulant par rapport au sulfate d'aluminium. Le chlorure ferrique est capable de former rapidement des floccs solides qui regroupent les particules en suspension, facilitant ainsi leur élimination ultérieure. Cette propriété de coagulation rapide du chlorure ferrique a été identifiée comme un avantage significatif non seulement dans le processus de traitement de l'eau, mais également pour la santé humaine.

En effet, l'utilisation de sulfate d'aluminium provoque une augmentation de la concentration d'aluminium dans l'eau traitée, dépassant les limites de la norme de l'eau traitée, ce qui représente un risque potentiel pour la santé humaine.

En outre, le chlorure ferrique se distingue également par son coût économique relativement bas par rapport au sulfate d'alumine. Cette caractéristique en fait un choix attractif pour les opérations de traitement de l'eau à grande échelle, où la réduction des coûts est un facteur essentiel.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- [1]** SVadmin. (2021, 16 juillet). Question : En quelle année la planète Terre est-elle apparue ? Blog espacial.
- [2]** Beaulieu, P. (2021). L'eau potable : sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements. Centre d'information sur l'eau | Le Centre d'information sur l'eau constitue un lieu d'échanges et d'information désormais reconnu par le grand public.
- [3]** Les eaux souterraines | Eaufrance. (s. d.). Eaufrance.
- [4]** Khaldi, F. (n.d.). Mesure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie. Cairn.info.
- [5]** Lutter contre la pollution de l'eau | Eaufrance. (n.d.). Eaufrance.
- [6]** livre DEGREMENT., 1972 : Mémento technique de l'eau, Lavoisier, Paris Degremont
- [7]** Admin. (2023, May 2). Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires* - Cpepesc. Cpepesc.
- [8]** TraitEP02_2. (n.d.). http://pravarini.free.fr/TraitEP02_2.htm
- [9]** Caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de bassin versant du barrage de Taksebt, université Mouloud Mammeri de Tizi – Ouzou
- [10]** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitée du barrage de Taksebt de la ville de Tizi-Ouzou , mémoire de master , option traitement et valorisation des ressources hydriques , université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.
- [11]** Livre : les analyses des eaux aspect technique et réglementaire
- [12]** Bouchard M. 2008. Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une source d'eau potable. Mémoire (M. Sc). Université de Laval. Québec. 98p.
- [13]** Ayed, W. (2016) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences. Université 20 Août, Skikda, p156
- [14]** (Archibald, 2000; CEAEQ, 2015a; Edberg et al., 2000; Santé Canada, 2012; WHO, 2011). Coliformes totaux | INSPQ. (n.d.).
- [15]** (TARDAT- HENRY,1993): « Chimie des eaux ». 2 ieme éditions, Ed le Griffon d'argile, Québec, 537p.
- [16]** Kemmer, F.N. 1984 Manuel de l'eau, Edition NALCO
- [17]** DesjardinsR., 1997 : Traitement des eaux ; Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition revue et améliorée.

- [18] Hernández De León H.R., 2006 : Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Mémoire pour l'obtention de diplôme de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse
- [19] Ahmed Ammar Y. et Benhaddou M., 2010 : Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate d'alumine des matières en suspension. Mémoire d'ingénieur d'état en hydrogéologie ; faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Département des sciences de la terre et de l'univers. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen [] (Hernandez et Melis, 2012).
- [20] Bachi M. et Abdelli R., 2005 : L'influence des paramètres physiques et chimiques sur la coagulation- floculation et décantation, Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en Hydraulique, Département d'Hydraulique, Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, juillet 2005.
- [21] A.KETTAB livre de Traitement des eaux (les eaux potable) Office des publication universitaires, place centrale de Ben- Aknoun Alger
- [22] Ezziane, S. 2007 Traitement des eaux de rejets de l'unité CERAMIT « TENES », Mémoire de Magister, Département de génie des procédés, Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur ; Université Hassiba Ben Bouali, Chlef
- [23] Kane M.B., (2017). (Analyse et traitement des eaux d'Oued Fès par le procédé de coagulation-floculation) mémoire de Master Sciences et Techniques Université de Fès
- [24] Boursalil., 2011 : Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate ferrique et le chlorure ferrique des matières en suspension .Mémoire d'ingénieur d'états en géologie ; ; Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, Juin 2011.
- [25] Desjardins C., 1999 : Simulation et étude en laboratoire de la floculation lestée (actiflo) à l'aide d'une procédure modifiée de jar test, Mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, Ecole polytechnique de Montréal, Canada.
- [26] LES BARRAGES- DU PROJET A LA MISE EN SERVICE. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), école polytechnique fédérale de Lausanne, 714p.
- [27] Afnor, 2005. Qualité de l'eau, norme et réglementation. Saint-Denis La Plaine Cedex, France. Pp 48-50-54.
- [28] Kettab A., 1992. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documentation à l'appui – Le fer 78p
- [29] BEAUDRY J.P., 1984 : "Traitement des eaux". Edition de Griffon d'argile
- [30] De Nice Sophia Antipolis, M. D. a. N. F. F. X. F. J. G. M. F. C. U. (n.d.). Formulation cosmétique, les émulsions - 1-3. Instabilité des émulsions.
- [31] Ccdmd. (n.d.). Illustration des mécanismes de coagulation et de floculation |