

N° d'ordre :

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE
FILIERE : CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

**Utilisation des flocculants naturels dans le traitement des
eaux potables**

Présenté par : **AMMAR KAMEL
AZDAOU TAOUS**

Soutenu publiquement, le 06/ 07 / 2017, devant le Jury composé de :

MAZARI	Tassadit	MCA	UMMTO	PRESIDENT
ALI	Oumessaad	MCB	UMMTO	ENCADREUR
CHIKHI	Akila	Chef de	SEAAL	Co-ENCADREUR
		laboratoire		
CHEIKH	Assira	MCB	UMMTO	EXAMINATEUR
KADOUCHE	Slimane	MCA	UMMTO	EXAMINATEUR

2016 – 2017

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont aidé et qui ont contribué de prêt ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenons à exprimer notre plus haute estime à notre promotrice **M^{lle} Ali. O** pour nous avoir encouragés, orienté, et nous avoir fait l'honneur de diriger notre travail.

Nous adressons un merci tout particulier à **M^{me} CHIKHIA**, responsable du laboratoire de la station Taksebt pour l'intérêt constant qu'elles a apporté a ce travail.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur au niveau de la station **M^{lle} AKLIOUAT.S**, ainsi qu'à l'ensemble des techniciens et ingénieurs personnel du laboratoire et de la station SEAAL, Tizi-Ouzou.

Nos vifs remerciements vont à **M^{me} MAZARI.T** maitre de conférences à l'UMMTO pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider ce jury.

Nos remerciements vont aussi à **M^{elle} CHIKHIA** Maitre de conférences à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons, aussi nous remerciements à **M^r KADOUCHE.S** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous ne serions jamais arrivés à ce stade sans l'implication directe de toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de l'UMMTO et les intervenants pédagogiques du département de Chimie, nous les remercions tous, pour leurs dévouements et ténacité pour assurer une formation de qualité.



Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont donné beaucoup d'amour et d'abnégation afin que je réussisse ce travail.

A mon cher frère et mes adorables sœurs, ainsi mon neveu.

Sans oublier mes cousines et cousins, toute la famille AZDAOU et REMANE, à tout mes amis et tout ceux qui m'ont encouragé durant tout le long de mon parcours.

Merci

Taous

Dédicaces

A mes très chers parents qui m'ont encouragé durant toute la période de mes études, ils
resteront toujours la bougie qui éclaire ma vie.

A mes frères et sœurs IDIR, SMAIL, HOCINE, LYNDIA, SAMIA, NADIA

Ainsi qu'à toute la famille.

A mes amis(e) Amirouche, Samir, Richard, Radia, Thaninna

A tous les enceintes de la résidence universitaire Oued Aissi, particulièrement :

LARBI, NACER, YUCEF, SOFIANE, SADEK, MOULOUD, DERBOUK, GHILES,
KARIM, YACINE, FERHAT, BENSLAMA et NOURDDINE, ZAKIA...

Et à tous ceux qui me sont chères.

KAMEL

Liste des abréviations

MES : Matière En Suspension

pH : potentiel d'Hydrogène

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ANBT : Agence National des Barrages et Transfer

mg/l : milligramme par litre

Km : kilomètre

m³ : mètre cube

m³/j : mètre cube par jour

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en oxygène

DO : Densité Optique

µS/cm : Micro Siemens par centimètre

KMnO₄ : permanganate de potassium

FeCl₃ : Chlorure ferrique

Al₂(SO₄)₃ : Sulfate d'aluminium

CAP : Charbon Actif en Poudre

MO : Matière Organique

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

nm : Nanomètre

min : minute

ml : millilitre

g : gramme

Tur : Turbidité

UV : Ultra Violet

µl : microlitre

Figures	page
Figure II.1 : localisation de la station de traitement Taksebt (Google earth 2013).	10
Figure II.2 : Arriver de l'eau brute (chambre de dissipation).	12
Figure II.3 : injection de Cl_2 en pré-chloration.	12
Figure II.4 : injection de KMnO_4 .	13
Figure II.5 : injection de CAP.	13
Figure V.11 : injection d' Al_2SO_4 .	14
Figure II.7 : injection de l'acide sulfurique.	14
Figure II.8 : photos de décanteurs (puls tube).	14
Figure II.9 : flocculateur.	14
Figure II.10 : schéma de la décantation naturelle.	15
Figure III.1 : potentiel électrique de particules.	17
Figure III.2 : schéma de coagulation floculation.	18
Figure III.3 : structure chimique d'alginate.	19
Figure III.4 : formule chimique du carraghénane.	20
Figure III.5 : structure chimique de la pectine.	20
Figure III.6 : formule chimique de CAP.	21
Figure IV.1 : Jar –test.	25
Figure IV.2 : tube LCK 301.	28
Figure IV.3 : réactif B.	28
Figure IV.4 : les tubes LCK 301 à analyser.	28
Figure IV.5 : réactifs A .	28
Figure V.1 : variation de la turbidité en fonction de la dose d' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$.	30
Figure V.2 : variation de la turbidité en fonction des doses de chaque flocculant.	31
Figure V.3 : les taux d'abattement de la turbidité avec et sans flocculant.	32
Figure V.4 : variation de taux d'aluminium résiduel en fonction de dose de flocculant.	33

Liste des figures

Figure V.5 : variation de la turbidité en fonction des doses des flocculant minéraux.	34
Figure V.6 : variation de l'aluminium résiduel en fonction de doses des flocculant.	34
Figure V.7 : variation de turbidité et du fer en fonction des doses de FeCl_3 .	35
Figure V.8 : variation de la turbidité en fonction des doses des flocculant naturelles.	36
Figure V.9 : les taux d'abattement de la turbidité avec et sans flocculant.	37
Figure V.10 : variation du fer résiduel en fonction des doses des flocculant.	37
Figure V.11 : variation du fer en fonction des doses du flocculant.	38
Figure V.12 : variation des taux d'abattement en fonction de chaque flocculant.	49

Tableau	Page
Tableau I.1 Les paramètres qui contrôlent la qualité d'eau.	5
Tableau I.2 Normes Et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable.	6
Tableau I.3 Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.	7
Tableau II.4 Caractéristiques de la station de traitement de Taksebt. (Station Taksebt, 2013).	10
Tableau II.5 Valeurs contractuelles relatives aux caractéristiques de l'eau brute.	11
Tableau III.6 Les coagulant les plus utilisés.	18
Tableau V.7 Résultats de filtration sulfate d'aluminium + bentonite.	35
Tableau V.8 Résultats de filtration Sulfate d'aluminium + CAP.	35
Tableau V.9 Résultats des mesures de La matière organique.	38
Tableau V.10 Résultats de filtration chlorure ferrique + bentonite.	38
Tableau V.11 Résultats de filtration chlorure ferrique + CAP.	39

Introduction	1
 CHAPITRE I	
I.1 Différentes types d'eau douce	3
I.1.1 Eaux souterraines	3
I.1.2 Eaux de surface.....	3
I.2 pollution des eaux de surface	4
I.3 Origine de la pollution des eaux de surface	4
○ L'industrie.....	4
○ L'agriculture.....	4
○ Rejets domestiques	5
○ Les eaux pluviales	5
I.4 Normes de potabilité.....	6
I.4.1 Normes biologiques	6
I.4.2 Normes physico-chimiques	6
 CHAPITRE II	
II.1. Présentation du barrage de Taksebt	9
II.2. Description de la station	9
II.3.Capacité de la station.....	10
II.4. Qualité de l'eau à l'entrée de la station.....	10
II.5. Etapes de traitement de l'eau	11
II.5.1. Chambre de dissipation.....	12
II.5.2.Chambre de mélange (Injection des produits).....	12
II.5.3 Décanteurs / Flocculateur	14
II.5.4.Filtration.....	15
II.5.5 Stockage de l'eau traitée.....	15
 CHAPITRE III	
III.1 Matières en suspension et colloïdales	16
III.2 Structure des colloïdes.....	16
III.3 Coagulation-Floculation	17
III.3.1 coagulant.....	18
III.3.2 Les flocculant.....	18
➤ Les Bio-polymères d'origine naturelle organiques:.....	19
○ Alginates	19
○ Le carraghénane.....	19

SOMMAIRE

○ Pectine.....	20
➤ Polymères minéraux	20
○ Bentonite	20
○ Charbon actif en poudre (CAP).....	21
III.4 Décantation.....	21
III.5 Facteurs influençant sur la coagulation-floculation	22
III.5.1 Influence de la température.....	22
III.5.2 Influence du pH.....	22
III.5.3 Influence de la turbidité	23
III.5.4 Influence de la dose coagulant	23
III.5.5 Influence de la vitesse et temps d'agitation :	23

CHAPITRE IV

VI.1 Matériels et Méthodes	24
IV.1.1 Matériels utilisés au niveau de la station TAKSEBT	24
IV.1.2 Produits utilisés :	24
IV.2. Le jar teste	25
IV.3. Analyses physico-chimiques des eaux	26
IV.3.1. Mesure de la turbidité	26
IV.3.2. Mesure de la conductivité	26
IV.3.3. Mesure du pH.....	26
IV.3.4. Absorbance à 254 nm	27
IV.3.5. La couleur par spectroscopie d'adsorption moléculaire	27
IV.3.6. Dosage de l'aluminium.....	27
IV.3.7. Dosage du FER par phénanthroline.....	28
IV.3.8. Détermination de l'indice de permanganate	29

CHAPITRE V

V.1 Echantillonnage.....	30
V.2 Détermination de la dose optimale de coagulants $Al_2(SO_4)_3$	30
V.2.1 Sulfate d'aluminium + flocculants (naturels organiques et synthétique)	31
V.2.2 Sulfate d'aluminium + flocculant minéraux	33
V.3 Détermination de la dose optimale de chlorure ferrique.....	35
V.3.1 Chlorure ferrique + flocculants naturelles organiques et synthétique	36
V.3.2 Chlorure ferrique + flocculant minéraux	38
V.4 Utilisation des flocculants naturels organiques et synthétique	39
Conclusion générale	40

L'eau constitue une ressource indispensable à la vie et au développement socio-économique. La répercussion de disponibilité de l'eau se manifeste aussitôt dans plusieurs aspects de vie quotidienne de l'homme. L'alimentation l'hygiène et toutes les activités humaines sont affectées par la quantité et la qualité de l'usage de l'eau ainsi le problème de pollution des ressources souterraine ou de surface. L'eau qui coule à nos robinets est un produit élaboré, qui a fait l'objet de nombreux traitement et contrôles afin de répondre aux critères de qualité. Ces critères reflètent deux préoccupations permanentes :

- Celle de la santé publique : fournir aux consommateurs une eau sûre garantie contre les risques immédiats ou à long terme.
- Celle du confort et du plaisir : offrir une eau agréable à boire, claire, inodore et équilibrée en sels minéraux.

Pour répondre à ces exigences les gestionnaires de service de l'eau ont installé les stations de traitement qui doivent intégrer à un système de secours de façons à assurer la continuité de la distribution 24h/24 en cas de panne. Ils doivent être aussi évolutifs afin de suivre les éventuels changements des caractéristiques de la ressource en eau ou le renforcement de l'exigence des normes encadrant la qualité de l'eau distribuée.

En Algérie, les eaux superficielles, notamment dans le cas des eaux alimentant les barrages, ont une concentration élevée en matières organiques, suite à la nature torrentielle des pluies. Ces eaux brutes sont la source d'alimentation des différentes stations de traitement des eaux potable.

Le procédé physico-chimique, coagulation-floculation est préconisé pour réduire les polluants présents dans la suspension sous l'effet de flocculants synthétiques. Cependant, l'utilisation des produits chimiques cause des conséquences néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement. Dans ce contexte, il est proposé dans cette étude de démontrer que les polymères naturels (organiques et minéraux) qui sont moins dangereux, accessibles et efficaces peuvent remplacer les polymères synthétiques actuellement utilisé, tout en suivant les divers paramètres physico-chimique de la qualité des eaux essentiellement la turbidité, la concentration d'aluminium et de fer résiduels.

Ce mémoire de fin d'études comporte essentiellement deux grandes parties :

❖ Étude bibliographique composée essentiellement de trois chapitres dont le premier sera consacré aux eaux douces (définition, pollution et normes de potabilité), Dans le second chapitre, la présentation de la station TAKSEBT sera évoquée et le troisième chapitre présentera des notions relatives au procédé de coagulation floculation.

❖ Etude expérimentale : Les considérations développées dans la bibliographie seront appliquées dans l'étude expérimentale. Cette dernière débutera par la description du matériel, des méthodes analytiques utilisées ainsi que le protocole expérimental. Tous ces éléments feront l'objet du quatrième chapitre. Le dernier chapitre (Chapitre V) est réservé à la présentation des résultats avec des interprétations et des discussions.

Ce manuscrit s'accompagne d'une conclusion synthétisant les principaux résultats obtenus à l'issue de cette étude.

L'eau recouvre 72% de la surface terrestre et représente une réserve de 1350 milliard de m³ dans la biosphère. Cependant l'eau se trouve en constante recyclable. L'eau douce ne représente que 2,5% du stock total de l'eau sur la planète les 97,5% restant étant salés or 2/3 de l'eau douce planétaire est concentrée dans les glaciers et la couverture neigeuse, 1/3 dans les nappes souterraines difficiles d'accès. Il ne reste que 0,3% d'eau douce (soit 0,007% de la totalité de l'eau de la planète) dans les rivières, les ruisseaux et les lacs. Seul cette infime partie est aisément disponible et se renouvelle relativement rapide. [1]

I.1 Différentes types d'eau douce

I.1.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont constituées généralement par la fraction des précipitations principalement de l'eau de pluie, qui se sont infiltrées dans le sol pour former des nappes souterraines.

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. L'eau en contact avec le sol dans lequel elle stagne. Il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. [2]

- Les eaux circulant dans un sol sablonneux ou granitique sont de caractères acides peu minéralisées.
- Les eaux circulant dans les sols calcaires sont bicarbonatées calciques.

Les eaux souterraines sont pauvres en matière organique et en micro-organismes car elles ont l'avantage d'être naturellement protégées. Cependant, elles sont relativement riches en sels minéraux et pauvres en oxygène.

I.1.2 Eaux de surface

Elles ont pour origine les eaux de pluie précipitées sur le bassin versant du lieu récepteur. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs et rivières) et en réserves artificielles (retenues, barrages).

La composition chimiques des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble du bassin versant. L'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains au cours de son cheminement.

Ces eaux se chargent en gaz dissout (oxygène, azote, gaz carbonique...etc.) par un échange eau-atmosphère à la surface [3]. Elles contiennent :

- Les éléments issus de la dissolution des roches et des terrains traversée, qui sont responsables du pH et de la conductivité.
- Des concentrations importantes en MES très diverses et des colloïdes minéraux (argiles, gel de silice...etc.) qui sont responsables de la turbidité.

Ils sont relativement riches en matière organiques provenant :

- De déchets des végétaux et des animaux vivants à la surface du bassin versant
- Des produits de la décomposition des organismes vivants, métabolites des algues et des micro-organismes.
- Des rejets urbains, industriels et agricoles.

Les eaux de surface sont le siège d'un développement important de phytoplancton, zooplancton et d'une charge bactérienne importante [3].

I.2 pollution des eaux de surface

La pollution des eaux de surface peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulé lors de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries diverses, du lessivage des terrains traversés. Le problème de la pollution des eaux de surface représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel.

I.3 Origine de la pollution des eaux de surface

○ L'industrie

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faibles concentrations. [4]

○ L'agriculture

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, ils conduisent, par ruissellement, à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues [5].

○ Rejets domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et de toilettes chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires [5].

○ Les eaux pluviales

Elles peuvent constituer la cause de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumée industrielles), puis en ruissellent, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles des vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...etc.) [6].

Avec ces différentes origines de pollution, et diversité des polluants qui peuvent être dissout dans l'eau vu la caractéristique de ce dernier à mettre en solution plusieurs particule, sels, métaux...etc. La quantité infime d'eau douce existante, destinée à la consommation humaine, doit être traitée et contrôlé afin qu'elle soit prête à la consommation humaine sans aucun risques. Pour cela les contrôles de qualité sont de plus en plus rigoureux 5 paramètres de pollution étaient en 1954, alors qu'ils sont de l'ordre de 61 en 1989 l'eau est l'aliment le plus surveillé cela en fonction du développement des techniques d'analyses.

Les paramètres qui contrôlent la qualité des eaux destinées à la consommation humaine sont résumés dans le **tableau I.1**.

Tableau I.1 : Les paramètres qui contrôlent la qualité d'eau

Paramètres	exemples
4 paramètres organoleptiques	Couleur, turbidité, saveur, odeur
15 paramètres physico-chimiques	Température, pH, conductivité, chlorures, matière organiques, sulfates...
24 substances indésirables	nitrate, nitrite, hydrocarbures, fer, manganèse, phénol...
13 Substances toxiques	Mercurie, cadmium, plomb, arsenic, chrome, nickel...
Pesticides	Aldrine, dieldrine, hexachlorobenzène...
8 Paramètres biologiques	Coliformes streptocoques, entérovirus, staphylocoques...

I.4 Normes de potabilité

Qu'est-ce qu'une eau potable ? Selon l'organisation mondiale de la santé, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques ni germes nocifs pour la santé. En outre elle doit aussi être agréable à boire que les circonstances le permettent.

Cette définition doit être traduite en termes permettant de déterminer si une eau est potable ou non c'est l'objet des normes de potabilités, approche quantitative de la notion qualitative de potabilité ces normes s'appliquent à un certain nombre de grandeurs jugées pertinentes en la matière [7].

I.4.1 Normes biologiques

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes : **Tableau I.2 [8]**

Tableau I.2 : Normes Et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable.

Paramètres biologiques	unité	Recommandations (OMS)
Germes totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe /100ml	00
Streptocoques fécaux	Germe /100ml	00
Clostridium sulfito-réducteurs	Germe /20ml	00

I.4.2 Normes physico-chimiques

Les normes visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé. Dans les recommandations, on propose également des objectifs esthétiques. Une eau de mauvaise qualité esthétique fait naître un doute sur sa salubrité dans l'esprit du consommateur. Une mauvaise qualité esthétique découle souvent d'une contamination chimique ou bactériologique, les différents paramètres physico-chimiques et recommandations de ces derniers sont représentés dans la grille normative établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques. **Tableau I.3**

Tableau I.3 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie

	Bonne	moyenne	mauvaise	Très mauvaise
pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	>6 - <9	>5 - <9
Température (°C)	25	25 - 30	30 - 35	>35
Minéralisation (mg/L)	300 - 1000	1000 - 1200	1200 - 1600	>1600
Chlorures (mg/L)	10 - 150	150 - 300	300 - 500	>500
Sulfate (mg/L)	50-200	200 - 300	300 - 400	>400
Magnesium (mg/L)	30	30 - 100	100 - 150	>150
Oxygène dissout (%)	>100	50 - 100	30 - 50	<30
Matière organique (mg/L)	5	05 - 10	10 - 15	>15
Ammonium (mg/L)	0 – 0,01	0,01- 0,1	0,1 - 3	>3
Nitrate (mg/L)	0 - 10	10 - 20	20 - 40	>40
Nitrite (mg/L)	0 – 0,01	0,01 – 0,1	0,1 - 3	>3
Phosphate (mg/l)	0 - 0,01	0,01 – 0,1	0,1 - 3	>3
Chrome (mg/L)	0	0 – 0,05	0,05 – 0,5	>0.5
Zinc (mg/L)	0	0 – 0,5	0,5 - 1	>1
Fer (mg/L)	0 - 0,5	0,5 - 1	01 - 2	>2
Manganèse (mg/L)	0 - 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1	>1
Phénol (mg/L)	0,001 - 0,002	0,002 – 0,02	0,02 - 1	>1

L'eau est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m^3 d'ici l'an 2025, La pluviométrie moyenne annuelle dans le nord algérien est évaluée entre 95 et 100.10^9 m^3 . Plus de $80 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ s'évaporent, 3.10^9 m^3 s'infiltrent et $12,5 \cdot 10^9$ s'écoulent dans les cours d'eau, Le reste ($7,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$) se déverse directement dans la mer [9]. Les eaux de surface sont stockées essentiellement dans les barrages. L'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m^3 (2002).

L'un des plus importants barrages en Algérie avec une capacité de 175 million de m^3 , c'est le barrage de TAKSEBT à la wilaya de Tizi-Ouzou, la station de traitement à environ 6 Km de ce dernier qui a pour but de traiter cette eau afin qu'elle soit potable et être transférée aux réservoirs de l'ADE, afin qu'elle soit distribuée aux consommateurs.

L'Algérie souffre d'un déficit chronique d'eau qui engendre des situations de pénurie, notamment en milieu urbain. Dans les régions d'Alger et de la Kabylie, les besoins en eau ne sont couverts qu'à hauteur de 55%. Cette situation s'explique aussi par l'état des réseaux qui s'est considérablement dégradé du fait des contraintes institutionnelles et financières du secteur. Les Autorités algériennes ont donc engagé une réforme sectorielle visant à accroître les investissements et à améliorer la gestion du secteur de l'eau. L'un des volets importants de ce programme est la mobilisation de nouvelles ressources en eau pour couvrir les besoins des trois wilayas : Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou. Ce programme comprenait la construction du barrage de Taksebt et l'aménagement de son infrastructure aval (Transfert) en direction principalement d'Alger. Ce projet a pour but :

- Augmenter la qualité, la quantité et la fiabilité de l'approvisionnement en eau potable des villes d'Alger et de Tizi-Ouzou, ainsi que le couloir Taksebt – Alger,
- Améliorer la capacité de la maîtrise d'ouvrage (ANBT) dans la gestion des projets
- Contribuer à une gestion durable de la ressource en eau des régions d'Alger et de la Kabylie.

II.1. Présentation du barrage de Taksebt

Le barrage de Taksebt est situé sur l'Oued Aissi, affluent du Sébaou dans la wilaya de Tizi-Ouzou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'Est de la ville d'Alger. La retenue créée par le barrage a une capacité de 175 million de m³ permettant une régularisation de 180 million de m³, destinée à l'alimentation en eau potable et répartie comme suite :

- 57 million de m³ pour Tizi-Ouzou
- 123 million de m³ pour Alger

II.2. Description de la station

La station de Taksebt est mise en service en **Mai 2007**. Elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau de **616 000 m³/J. (Figure II.1)**

L'eau qui alimente la station de pompage vers la station de traitement arrive gravitairement du barrage Taksebt. L'eau subit différentes étapes de traitement quotidien à l'entrée jusqu' à la sortie de la station avant d'être distribuée aux consommateurs. La station de traitement des eaux de surface se situe à environ **8Km** du barrage de Taksebt. Elle occupe une superficie de **34 Hectares**. Elle est conçue pour alimenter en eau potable les communes suivantes: FREHA, AZAZGA, DRAA-BEN-KHEDDA, centre wilaya de Tizi-Ouzou.

Le transport se fera de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de DRAA-BEN-KHEDDA, puis l'eau continue à être transférée à travers les conduites de fonte et tunnels jusqu'au réservoir de BOUDOUAOU.



Figure II.1: Localisation de la station de traitement Taksebt. (Google earth 2013)

II.3. Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de **605 000 m³/j (7 000 L/s)** Basée sur un approvisionnement en eau brute de **616 000 m³/j**. La capacité hydraulique nominale de la station est de **647 000 m³/j**, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute. (**Tableau II.4**).

Tableau II.4: Caractéristiques de la station de traitement de Taksebt. (Station Taksebt, 2013).

Caractéristiques	capacité
Débit d'eau brute	616 000 m ³ /j
Volume des boues extraites des clarificateurs	7 400 m ³ /j
Volume des boues extraites des filtres	3 600 m ³ /j
Production d'eau traitée	605000 m ³ /j

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647000 m³/j prenant compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.

II.4. Qualité de l'eau à l'entrée de la station

La conception de la station de traitement est basée sur les valeurs du **tableau II.5**

Tableau 11.5. : Valeurs contractuelles relatives aux caractéristiques de l'eau brute [10].

Paramètre	unité	valeurs contractuelles		normes
		Min	Max	
pH		7	9	8
couleur	Hazen	5	25	6
turbidité	NTU	1	100	5
conductivité	µs/cm	300	800	500
température	°C	10	30	18
ammoniac	mg d'N/L	0,01	0,2	0,05
nitrite	Mg d'N/L	0,001	0,05	0,002
nitrate	mg d'N/L	0,5	4	1
matière organique	mg d'O ₂ /L	2,5	10	3,5
alcalinité	mg de CaCO ₃ /L	100	250	160
dureté total	mg de CaCO ₃ /L	100	350	200
calcium	mg/L de Ca	1	70	40
magnésium	mg/L de Mg	15	60	24
sodium	mg/L de Na	5	60	15
chlorure	mg/L de Cl	10	70	30
sulfate	mg/L de SO ₂	20	100	40
ortho phosphate	mg/L de P	0,01	0,2	0,05
fer (total)	mg/L de Fe	0,05	5	0,15
manganèse (total)	mg/L de Mn	0,01	0,1	0,02
silice réactive	mg/L de SiO ₂	0,1	10	5
oxygène dissout	mg d'O ₂ /L	4	10	8
DBO	mg d'O ₂ /L	0,2	10	1
DCO	mg d'O ₂ /L	10	60	20
coliformes totaux	MPN/100ml	10	10000	200
E. coli	MPN/100ml	5	5000	100
chlorophylle	mg/m ³	5	40	15

II.5. Etapes de traitement de l'eau

La station de TAKSEBT est composée de deux chaînes de traitement identiques.

L'eau traitée au niveau de la station passe par plusieurs ouvrages avant d'arriver au bout de la station. Les différentes étapes de traitement sont :

- Dissipation, mélange et répartition.
- Coagulation.
- Décantation filtration.
- Désinfection, stockage de l'eau traité.

II.5.1. Chambre de dissipation

L'arrivée d'eau brute à la station de Taksebt se fait dans la chambre de dissipation d'un volume de **430 m³** et d'un temps de rétention de **60 secondes** au débit d'eau brut maximal de **616 000 m³/j**. Son rôle principal est la tranquillisation du débit d'eau brute. L'eau entrante subit une chute par-dessus un déversoir. **Figure II.2**



Figure II.2 Arrivée de l'eau brute (chambre de dissipation)

II.5.2. Chambre de mélange (Injection des produits)

Les réactifs suivants sont injectés dans l'ouvrage d'entrée, dans le sens du flux:

 **Chlore en pré chloration: (1 rampe commune pour les 2 filières):**

Elle est utilisée pour limiter la présence d'organismes (algues, bactéries et planctons) susceptibles de proliférer dans les filières de traitement et les matières organiques. Cette opération oxyde une partie du fer et manganèse (**Figure II.3**). Le taux d'injection est déterminé par un test de « demande en chlore ».



Figure II.3 Injection de Cl₂ en pré-chloration.

✚ **Permanganate de Potassium KMnO_4 : (1 rampe pour chaque filière):**

Elle est utilisée pour la précipitation du manganèse ou contrôler la charge biologique.

Compte tenu de la qualité de l'eau brute du barrage de Taksebt, cette injection n'est pas effectuée car le taux de manganèse est faible varie dans la fourchette suivante: **$0,025\text{mg/L} < \text{Mn} < 0,082\text{mg/L}$** .

Toutefois, ce point d'injection est prévu en cas de détérioration de la qualité de l'eau du barrage avec le temps. **(Figure II.4).**



Figure II.4 injection de KMnO_4

✚ **Charbon actif en poudre (CAP): (1 rampe pour chaque filière).**

Il sert à contrôler le goût et l'odeur de l'eau en captant les micropolluants d'origine organique. **(Figure II.5).**



Figure II.5 Injection de CAP

✚ **Sulfate d'Alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ et Acide Sulfurique (H_2SO_4): (1 rampe pour chaque filière)**

L'injection d'acide sulfurique permet de réduire le pH pour pouvoir ajouter le sulfate d'alumine qui est utilisé pour coaguler les matières en suspension colloïdales très fines, la

coagulation étant optimale à un pH proche de **6,4 à 7**. Le pH de l'eau du barrage de Taksebt varie entre $7.50 < \text{pH} < 8.05$; ainsi dans le cas où le pH est optimale l'ajout de l'acide sulfurique n'est pas nécessaire (**Figures II.6 et 7**). Le taux d'injection de l'acide sulfurique est déterminé par un test appelé : « le jars test ». La chambre de mélange comprend des chicanes, de façon à optimiser le mélange des réactifs. la chambre de mélange comprend des chicanes de façon à optimiser le mélange des réactif. [11]



Figure II.6 Injection de Sulfate



Figure II.7 Injection de l'Acide sulfurique

II.5.3 Décanteurs / Flocculateur

A la sortie de la chambre de mélange, il y a l'ajout de polymère (adjuvant de floculation). Il permet la concentration des MES en floccs facilement décantables. L'eau est répartie dans les décanteurs (**figure II.8**) dont le débit maximal théorique unitaire est de $4500 \text{ m}^3/\text{h}$, correspondant à une vitesse ascensionnelle de $7,55 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$. L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée cet étapes se déroule dans les flocculateurs (**figure II.9**). Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floccs de plus grande taille. [11]



Figure II.8 Photos des Décanteurs (Pulsa tube).

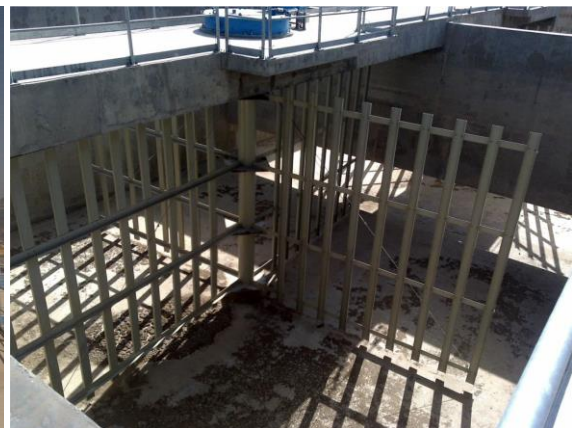


Figure II.9 Flocculateur

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

La décantation se fait des temps différent selon la taille des particules comme le montre la figure II.10

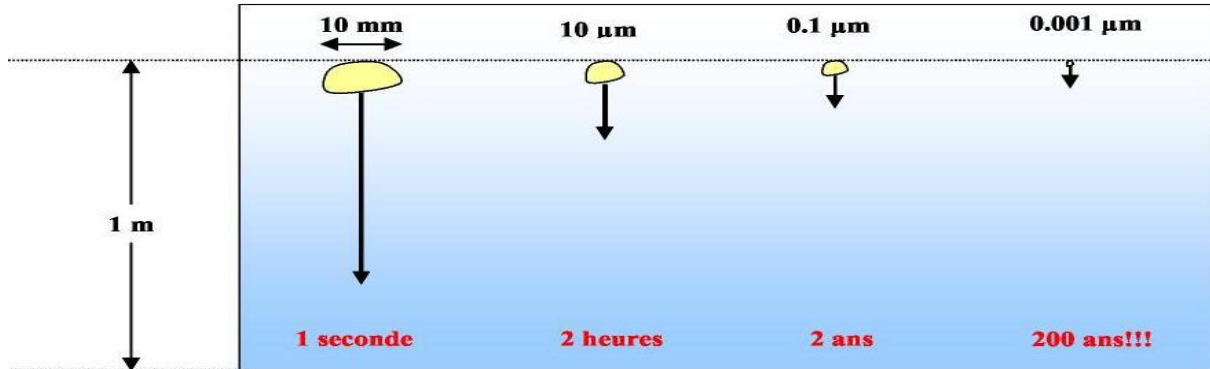


Figure II.8 Schéma de la décantation naturelle.

II.5.4.Filtration

L'eau venant des décanteurs ou des flocculateurs est répartie entre les 24 filtres à sable de granulométrie homogène (type Aquazur V). Les filtres fonctionnent en alternance par groupe de 12. Leur rôle est d'éliminer les matières en suspension par filtration. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable.

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de la matière filtrante, c'est donc le colmatage de filtre il doit être nettoyé pour le remettre en service. [11]

II.5.5 Stockage de l'eau traitée

Une désinfection finale de l'eau déjà traitée, est effectuée par injection du chlore.

Les dose du chlore à injecter sont déterminer au niveau du laboratoire par le test « demande en chlore », si la température est inférieure à 10° on introduit une dose légèrement inférieure à la dose déterminer par le test, si la température est supérieure à 15° le dose injectée est légèrement supérieure à celle déterminer par le test (le chlore est consommé par la lumière et la chaleur)

L'action du chlore pour qu'il soit optimale nécessite un réservoir de contact permettant un temps de contact suffisamment long, pour se but le réservoir de stockage est d'une capacité de 620400 m³. [11]

Le traitement des eaux pour la distribution a pour objet de réduire ces teneurs pour les rendre inférieures à des valeurs (ou pour les amener à l'intérieur d'une fourchette de valeurs) fixées par des normes (qui sont en fait des critères de qualité) et d'assurer une sécurité parfaite par désinfection.

La détermination du traitement demande une étude analytique préalable tendant à la connaissance, d'une part de la nature et de la quantité des corps indésirables à éliminer et d'autre part, de l'environnement physicochimique qui peut influencer sur les méthodes à utiliser pour cette élimination. [12]

Dans ce chapitre, nous identifions d'abord les caractéristiques des particules en suspension, puis nous décrivons les différentes techniques qui permettent de déstabiliser ces particules, ainsi que les différents mécanismes qui entrent en jeu lors de la coagulation-floculation.

III.1 Matières en suspension et colloïdales

Les MES dans les eaux de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substance minérales et de la décomposition de substances organiques. A cet apport naturel, s'ajoute les déversements des eaux d'égout domestiques, industrielles et agricole. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matière inorganiques alors que la couleur est imputable à des particules organiques et d'hydroxyde de métal. [13]

L'eau contient de nombreux composés qui peuvent se regrouper en trois catégories :

- **Matières en suspension**

Ces produits ils peuvent être d'origine minérales (sables, limons, argiles...) ou organique (produits de décomposition des matières végétales et animales). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que les bactéries, planctons, virus et algues.

Ces substances responsables, en particulier de la turbidité et de la couleur. [13]

- **Matières colloïdales**

Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente. [13]

- **Matières dissoutes**

Ce sont généralement des cations et des anions, une partie de la matière organique dissoute on trouve aussi des gaz (O_2 , CO_2 ... etc) [13]

III.2 Structure des colloïdes

Les colloïdes sont généralement chargés négativement. Afin de neutraliser cette charge négative de surface, des ions positifs présents dans l'eau brute ou ajoutés sont attirés et forment une couche autour du colloïde. Diverses théories expliquent ce phénomène. [14]

1- Théorie de Helmholtz : Une couche d'ions positifs recouvre intégralement la surface du colloïde et assure la neutralité de l'ensemble (couche fixée) ;

2- Théorie de Gouy-Chapman : La couche d'ions positifs est inégalement répartie autour du colloïde ; la neutralité est obtenue à une plus grande distance (couche diffuse) ;

3 - Théorie de Stern qui combine les deux théories précédentes et considère la formation d'une double couche : la première formée d'ions du liquide mais adhérente au colloïde, la seconde diffuse dans le liquide environnant. Comme illustré sur la figure III.1, le potentiel subit une première chute significative dans la couche fixée, puis diminue plus lentement à mesure que la distance augmente jusqu'à son annulation au point A (**point isoélectrique**).

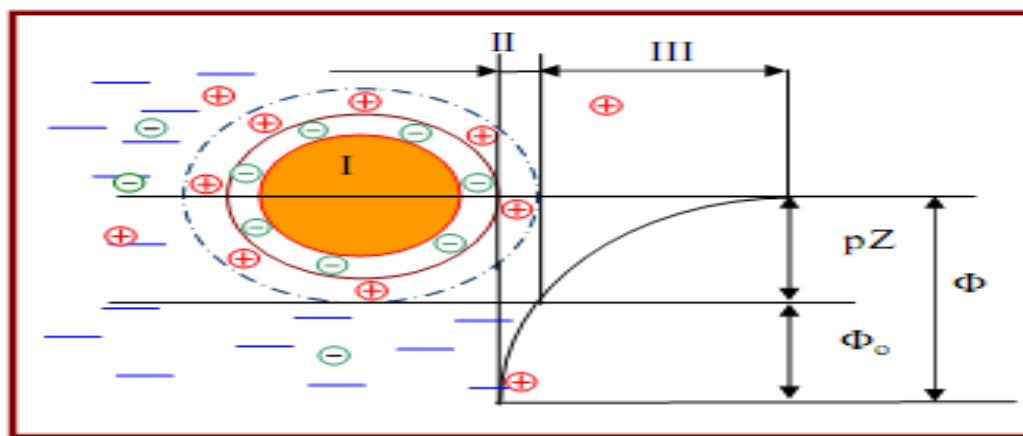


Figure III.1 : Potentiel électrique de particules

I : Particule colloïdale

II : Couche adhérente de Stern

III : Couche diffuse de Gouy-Chapman

Φ : Potentiel total à l'interface

Φ₀ : Potentiel différentiel dans la couche adsorbée

pZ : Potentiel zêta

III.3 Coagulation-Floculation

Le procédé de coagulation-floculation (figure III.2) est un traitement primaire qui permet de débarrasser les eaux des impuretés qu'elles contiennent grâce à la réaction d'émulsion. La coagulation a donc pour but principal de déstabiliser les fines particules en suspension pour ainsi faciliter leur agglomération (Desjardins, 1997). Généralement caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques, ce procédé permet d'augmenter substantiellement l'efficacité des traitements secondaires (décantation, filtration et

désinfection) (Desjardins, 1997). Il implique le plus souvent la dispersion instantanée d'un sel métallique trivalent Al(III) ou Fe(III) qui neutralise et déstabilise les particules colloïdales pour mener à la formation de floccs. En neutralisant totalement ou partiellement les charges négatives sur ces particules, les interactions de van der Waals se retrouvent prédominantes, ce qui permet une agrégation des matières fines en suspension, puis leur floculation.

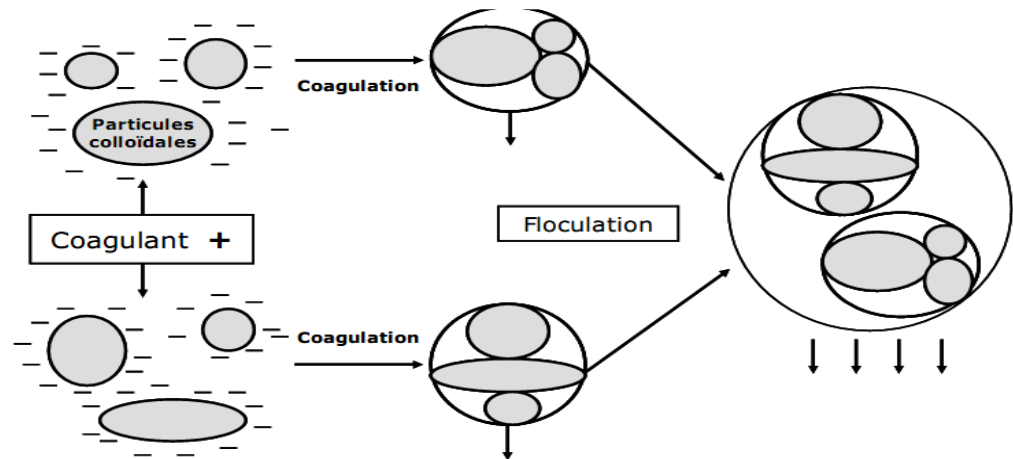


Figure III.2 Schéma de coagulation floculation

III.3.1 coagulant

Coagulant : C'est une substance chimique qui cause l'agglomération des particules fines et permet de former un précipité gélatineux dans l'eau, qui peut être éliminé par la suite.

Plusieurs agents chimiques peuvent être employés dans le procédé de coagulation-floculation. Les sels métalliques sont indéniablement les coagulants les plus utilisés dans le monde actuellement.

Les coagulants les plus efficaces sont des sels de métaux, à bases d'aluminium ou de fer. Ils sont cités dans le **tableau III.6**

Tableau III.6 Les coagulant les plus utilisés

Coagulant	Formule chimique	pH optimal
Sulfate d'aluminium (alun)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	6 – 7,5
Chlorure ferrique	FeCl_3	Supérieur à 5

Ces coagulants, une fois introduits dans l'eau, forment des produits d'hydrolyse qui déterminent l'efficacité de la coagulation. [15]

III.3.2 Les flocculant

Le principal agent flocculant d'origine minérale employé dans le domaine du traitement des eaux est la silice activée.

Ce composé offre de bons rendements lorsqu'il est associé au sulfate d'aluminium en eau froide. Un inconvénient accompagne l'utilisation de la silice, elle doit être préparée juste avant son utilisation, vu sa faible stabilité. [18]

Bien d'autre flocculant existant et peuvent donner des résultats beaucoup plus satisfaisante dans le traitement des eaux.

➤ **Les Bio-polymères d'origine naturelle organiques:**

Les polysaccharides (plantes, algues) amidon, cellulose, pectine, agar, alginate, carraghénane...

- Se sont des polymères hydrosolubles d'origine animale ou végétale.
- Non ioniques, ils peuvent être modifiés chimiquement.
- Leur poids moléculaire est plus faible que celui des polymères de synthèse, ce qui leur confère de moins bonnes propriétés de floculation.
- Non toxique et biodégradable comme : Alginate, amidons, jus de cactus... [17]

○ **Alginates**

Les alginates de sodium (**figure III.3**) sont extraits de l'acide alginique, un composé provenant d'algues marines. Ces produits sont particulièrement employés en combinaison avec les sels ferriques, mais peuvent donner de bons résultats avec les sels d'aluminium. [19]

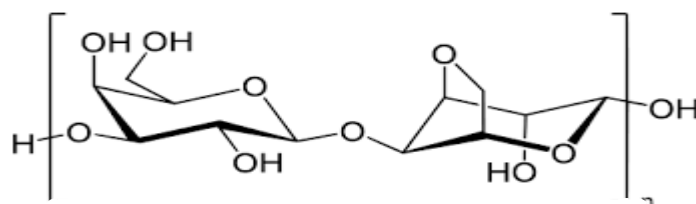


Figure III.3 Structure chimique d'alginate

Les principales propriétés des alginates :

- est de modifier la viscosité des solutions en l'augmentant fortement.
- ces longues molécules très hydrophiles et déformables se déploient dans tout le solvant en s'entourant de molécules d'eau.
- Dans des solutions contenant des cations divalents, des zones de jonction entre macromolécules peuvent s'établir au niveau de certaines séquences, ce qui conduit à la formation d'un réseau tridimensionnel.

○ **Le carraghénane**

Le **carraghénane (figure III.4)** est un polysaccharide (galactane) extrait d'algues rouges servant d'agent d'épaississement et de stabilisation dans l'industrie alimentaire. Il porte le code E407 de la classification des additifs alimentaires.

Les carraghénane permettent de former des gels à chaud (jusqu'à 60 °C) et présentent donc un intérêt par rapport aux gélatines animales traditionnelles. La formule chimique est présentée dans la **figure III.4**

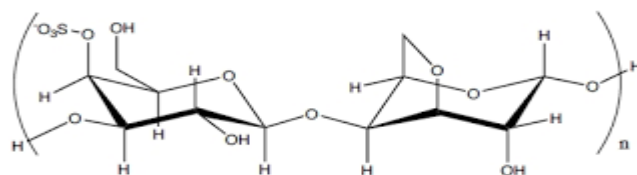


Figure III.4 Formule chimique du carra-rhénane.

Leur encombrement stérique et leurs propriétés hydrophiles leur permettent d'accroître fortement la viscosité du milieu sans former de réseau tridimensionnel. [28]

○ Pectine

Ce sont des substances d'origine végétale, ils sont présents en grande quantité dans les parois primaires des dicotylédones, et en particulier dans les parois végétales de nombreux fruits. Les molécules d'acides uroniques possèdent des fonctions carboxyliques, ces dernières confèrent aux pectines la capacité d'échanges ioniques, elles se caractérisent aussi par leur facilité de dégradation. La pectine est soluble dans l'eau, formant une solution colloïdale. L'acidité du milieu neutralise les fonctions acides, permettant ainsi le rapprochement des chaînes et l'établissement de liaisons hydrogène, la formation de ces liaisons est favorisée par la réduction de l'activité de l'eau. [28]

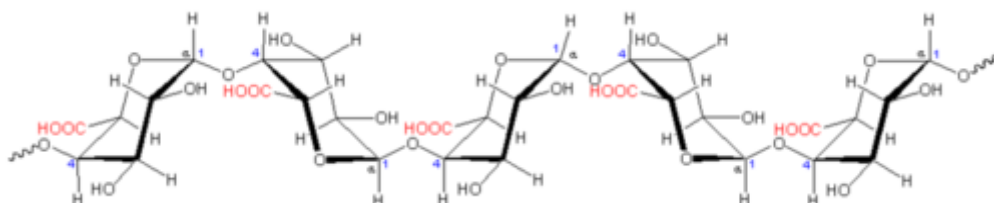


Figure III.5 structure chimique de la pectine

➤ Polymères minéraux

○ Bentonite

Est une argile en partie amorphe avec une composition variable elle contient plus de 75% de montmorillonite et d'autres minéraux d'argile tels que l'illite la kaolinite. Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption et d'échange ionique.

Elles forment avec l'eau des solutions colloïdales qui flocculent lorsque les charges de surface sont neutralisées par des ions. [19]

○ Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif utilisé au cours de certains protocoles du traitement de l'eau peut se présenter sous deux formes, en grains ou poudre.

Le charbon actif en poudre (CAP) est utilisé en filière de potabilisation avec les réactifs de coagulation et de floculation. Il s'agit d'une technique couramment employée afin d'améliorer la qualité des eaux. La capacité d'adsorption du charbon actif diminue au fur et à mesure de son utilisation et son coût va obliger ses utilisateurs à le régénérer après usage.

Du fait de sa structure poreuse, le charbon actif va être capable de séquestrer un grand nombre de molécules organiques. La charge organique globale d'une eau, mesurée par l'oxydabilité au permanganate ou le COT est diminuée par le charbon actif en poudre (CAP) d'environ 10% dès l'étape de décantation. Cette adsorption élimine indifféremment la matière organique biodégradable et non biodégradable.

La formule chimique du CAP est présentée dans la **figure III.4**

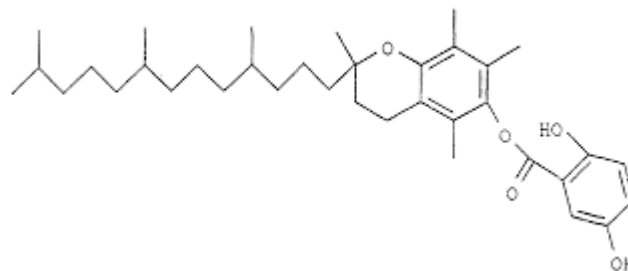


Figure III.6 Formule chimique du CAP

III.4 Décantation

L'eau de surface est habituellement pompée depuis une rivière vers un réservoir.

Si on retient cette eau, les solides qu'elle contient en suspension peuvent déposer. La vitesse à laquelle les particules se déposent en fonction de la taille de ces particules, de leur densité et de la viscosité de l'eau. Les vitesses de décantation (sédimentation) peuvent être calculées par la loi de stocks [18]:

$$V = \frac{g}{18\eta} * (f_2 - f_1) * d^2$$

V : vitesse limite de la sédimentation de la particule m/s

g : accélération de la pesanteur

f₂: masse volumique de la particule (kg/m³)

f₁ : la densité du liquide (kg/m³)

η : viscosité dynamique du liquide en pascal.s

d : diamètre de la particule.

L'efficacité de la décantation est souvent mesurée par la turbidité de l'eau décantée. La valeur de la turbidité ne devrait jamais excéder 3 NTU et tendre vers la valeur la plus faible (0.5 à 1 NTU). [25]

III.5 Facteurs influençant sur la coagulation-floculation

Le processus de coagulation est complexe et peut être influencé par plusieurs facteurs. Dans cette partie, nous discutons brièvement des effets de la température, du pH et de l'alcalinité. Dans un souci de concision, seuls ces paramètres sont abordés dans le cadre de notre projet de recherche. Toutefois, il convient de préciser que d'autres paramètres tels que la dose du coagulant, la concentration des particules colloïdales, la couleur, la présence d'anions et cations, l'intensité du mélange et le potentiel Zêta sont importants.

III.5.1 Influence de la température

Nous savons qu'une baisse de la température ralentit la cinétique des réactions chimiques. L'équation d'Arrhenius décrit bien l'effet de la température sur les constantes cinétiques. Une baisse de température se traduit par une réduction de la constante de vitesse k : [21]

$$k = Ae^{-E_a / RT}$$

A : constante de réaction propre au produit concerné.

E_a : énergie d'activation.

R : constante des gaz parfaits.

T : température.

Les premières études sur la coagulation-floculation en eau froide remontent à près de cinquante ans. En effet, **Camp et al. (1940)** expliquent le problème en eau froide de deux façons [22] :

- 1) La solubilité des coagulants est plus faible.
- 2) L'augmentation de la viscosité de l'eau ralentit la décantation des floes.

III.5.2 Influence du pH

Le pH est un des paramètres qui affecte beaucoup plus la coagulation-floculation. Son contrôle est donc conseillé. Selon les caractéristiques d'une eau, il existe un pH optimal permettant la meilleure coagulation [24]. Ce pH se situe souvent dans la plage où la solubilité du coagulant utilisé est minimale, ce qui donne une meilleure précipitation. Le contrôle du pH permet aussi d'améliorer la coagulation lorsque la température de l'eau est faible.

III.5.3 Influence de la turbidité

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation. [27]

III.5.4 Influence de la dose coagulant

La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. Une surdose du coagulant produit inévitablement une restabilisation des particules colloïdales qui sont susceptibles de rester à la surface. Aussi les sites d'adsorption des particules colloïdales ne seraient plus disponibles pour la formation Des ponts inter-particulaires un traitement de coagulation mal ajusté peut donc conduire à une dégradation rapide de la qualité de l'eau et à des dépenses d'exploitation non justifiées. Bien souvent, la dose de coagulant conditionne de fonctionnement des ouvrages de séparation et il se trouve tout simplement impossible de réaliser la clarification si cette dose est mal ajustée [21].

III.5.5 Influence de la vitesse et temps d'agitation :

Lors de l'introduction du coagulant dans l'eau, on procède à une agitation rapide pour la dispersion et l'homogénéisation de la solution. Mais une agitation intense empêche l'agrégation des particules, tandis qu'une agitation prolongée, permet l'effraction des liaisons entre coagulant et la surface des particules, et le rabattement ultérieur des segments étendus sur la surface des particules. [21]

Dans notre étude nous allons faire une étude comparative, de deux coagulants le sulfate d'aluminium utilisé actuellement a la station de traitement, et le chlorure ferrique, ainsi que le détermination de meilleur floculant qui peut donner de meilleurs résultats, les floculants que nous avons utilisés sont l'alginate de sodium, pectine préparer à chaud, pectine préparer à froid, polymère anionique (AN910) et la carraghénane ainsi de des polymères minéraux tel que le CAP, la bentonite et le sable , Pour cela les différents matériels et modes opératoires seront détaillé dans le chapitre suivant. **(Méthodes et matériels.)**

Au cours de ce chapitre, on va s'étaler sur les différents matériels, produits utilisés ainsi que les méthodes d'analyses effectuées afin de réaliser notre étude.

VI.1 Matériels et Méthodes

IV.1.1 Matériels utilisés au niveau de la station TAKSEBT

- pH mètre (MTW) avec terminal 730 et électrode en verre.
- Conductimètre (WTW) avec terminal 740.
- Turbidimètre (Merck 1500P) avec une cuvette de verre incolore de 10mm de diamètre.
- Balance analytique (OHAUS adventurer Pro).
- Plaque chauffante.
- Jar- teste à six béchers (LOVIBOND).
- Chronomètre.
- Micropipette (100-1000µl).
- Verreries : béchers, pipettes, erlenmeyers, pissette, éprouvettes...
- Agitateur magnétique (MR3001 K).
- Spectrophotomètre (HACH-LANGE DR 2800).
- Pompe à vide.
- Seringues (1ml, 5ml, 50ml)
- Micro pipette (0-100µL)

IV.1.2 Produits utilisés :

- Polymère synthétique SEAAL.
- Alginate de sodium.
- Pectine préparer a chaud.
- Pectine préparé à froid.
- Carraghénane.
- Sable.
- Bentonite.
- CAP
- Chlorure ferrique.
- Sulfate d'aluminium.

IV.2. Le jar teste

➤ Principe

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar test » (**figure III.1**) qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées. [22]

➤ Mode opératoire

Dans chacun des 6 béchers, on verse un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le flocculateur.

- On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 180 tr/min.
- On injecte le coagulant en quantités croissantes.

Après deux minutes :

- On ajoute aux différents béchers une dose constante de flocculant correspondant à 0,1 mg/l.
- On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 15 minutes.
- Au début de cette agitation on note l'apparition des floccs, leurs aspects
- On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanter pendant 30 minutes.
- Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, aluminium et/ ou fer résiduel du surnageant pour chaque bécher.
- On évalue après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats.



Figure VI.1 Jar-teste

IV.3. Analyses physico-chimiques des eaux

IV.3.1. Mesure de la turbidité

➤ Principe

La turbidité d'une eau est la dégradation de la transparence d'un liquide qui est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales: argiles, limons, grains de silice, matières organiques...etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Le principe consiste à comparer entre la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine (étalon). [21]

➤ Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyée avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser après homogénéisation et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU (Nephelometric Turbidity Unit). La norme algérienne pour l'eau décantée est de 5 NTU. [23]

IV.3.2. Mesure de la conductivité

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) de 1cm² de surface maintenues en parallèles et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). Elle s'exprime, généralement, en micro Siemens par centimètre (μS/cm). [23]

➤ Mode opératoire

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, et effectuer la mesure. La valeur limite de la conductivité est de 2800 μS/cm. [23]

IV.3.3. Mesure du pH

➤ Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H⁺] présents dans l'eau ou les solutions. Elle représente la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel KCl saturé). Plongeant dans une même solution, elle est une fonction linéaire du pH de celle-ci. [23]

➤ Mode opératoire

Rincer l'électrode avec de l'eau distillée avant utilisation, tremper l'électrode dans un bécher contenant une quantité suffisante d'eau à analyser et attendre la stabilisation, puis noter le pH. Le pH optimal de l'eau est compris entre 6,5 et 8,5. [23]

IV.3.4. Absorbance à 254 nm**➤ Principe**

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

La densité optique (absorbance) caractérise la lumière absorbée par la matière organique présente dans l'échantillon.

➤ Mode opératoire

Homogénéiser l'échantillon manuellement, remplir la cuve en quartz de 1cm de trajet optique avec l'échantillon à analyser et mesurer ensuite l'absorbance en notant la première valeur DO affichée.

$$\text{Le résultat finale} = \text{DO lus} \times 100$$

IV.3.5. La couleur par spectroscopie d'adsorption moléculaire**➤ Mode opératoire**

sélectionner sur le spectrophotomètre le programmes d'analyse (120 Couleur, 455 nm), faire le zéro avec le blanc (eau distillée) puis remplir la cuve de 1cm avec l'échantillon à analyser essuyer bien la cuve sélectionner sur l'écran mesurer.

Les résultats sont indiqués en unité PtCo. [23]

IV.3.6. Dosage de l'aluminium**➤ Principe**

Le chromazural S forme avec l'aluminium en milieu tampon acétate légèrement acide une laque de coloration verte.

➤ Mode opératoire

- Pipeter 2ml de la solution A (LCK301), les introduire dans le tube LCK301.
- Pipeter 3ml de l'échantillon a analysé, introduire dans le tube
- Introduire dans le tube LCK301 une cuillère rase du réactif B (LCK301 B)
- Fermer le tube mélanger le contenu jusqu'à dissolution du lyophilisat.

- Attendre 25min, bien nettoyer l'extérieure du tube et faire la mesure.
- Avant de mesurer l'échantillon il faut d'abord le tube du blanc (ZERO LCK301)



Figure IV.2 tube LCK301



Figure IV.3 réactif B



Figure IV.4 les tubes LCK301 à analyser



Figure IV.5 Réactif A

IV.3.7. Dosage du FER par phénanthroline

➤ Principe

Addition d'une solution de phénanthroline à 50ml prise d'essai, la mesure photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Le fer II est stable dans l'intervalle de pH 2,5 à 9, et l'intensité de la coloration est proportionnelle a la quantité de fer présent.

➤ Mode opératoire

- Prélever 50ml comme prise d'essai de chaque échantillon dans des Erlen Meyer de 250 ml.
- Ajouter 1ml de HCl à 10%.
- Ajouter 5ml de peroxodisulfate de potassium.
- Placer les étalons sur une plaque chauffante à douce ébullition durant 40min, en assurant que le volume ne soit pas inférieur à 20ml.

- Laisser refroidir et ajouter 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH entre 3,5-5,5.
- Ajouter 2ml de la solution phénanthroline et conserver pendant 15min à l'obscurité.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde 510nm.

IV.3.8. Détermination de l'indice de permanganate

➤ Principe

L'indice de permanganate est une mesure conventionnelle de la contamination par les matières organiques et les matières inorganiques oxydables dans un échantillon d'eau. Elle est essentiellement utilisée pour juger aussi bien de la qualité d'eaux potables que d'eaux brutes telles que les eaux superficielles.

Les échantillons ayant un indice de permanganate supérieur à 10 mg/l doivent être dilués avant analyse. La limite inférieure de la gamme optimale de l'essai est de 0,5 mg/l.

➤ Mode opératoire

- Prélever 100ml prise d'essai de chaque échantillon dans des Erlen Mayer de 250ml.
- 100ml d'eau distillé pour le blanc.
- Acidification avec 20 ml de H_2SO_4 à (10%) sous un léger chauffage.
- On ajoute 20ml de $KMnO_4$ dans chaque Erlen.
- Mettre à ébullition pendant 10min.
- Décoloration avec 20ml d'Oxalate.
- Titrage avec $KMnO_4$ à chaud jusqu'à l'obtention d'une coloration rose paille.
- Noté le volume de titrage sur la burette.
- décoloration du blanc pour une seconde fois avec 20ml d'Oxalate puis titré une autre fois afin de déterminer le volume de retour.
- Appliquer la relation de l'indice de Permanganate (I) suivante :

$$I = (V_t - V_0) / V_r * 16$$

I : Indice de permanganate (mg/L).

V_t : Volume de titrage (ml).

V_0 : Volume du premier titrage du blanc (ml).

V_r : Volume de retour (deuxième titrage du blanc en ml).

Rappelons que notre travail a pour objectif le traitement d'une eau brute par procédé de coagulation-floculation, en utilisant deux coagulants (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) et des flocculants naturels et synthétiques dans le but de déterminer les conditions optimales permettant un meilleur abattement de la turbidité, plus précisément trouver le meilleur flocculant efficace, accessible non dangereux sur la santé humaine, et qui puisse remplacer le polymère chimique actuellement utilisée. Sachant que l'eau brute du barrage TAKSEBT est moins chargé en MES (turbidité ≤ 5 NTU), son pH de moyenne de 7,5 et sa conductivité de moyenne de 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

L'efficacité du traitement sera estimée en suivant la turbidité de l'eau brute après 20 min de décantation. Ces indications peuvent être complétées avec d'autres renseignements (le taux d'aluminium et le fer résiduels et rendement d'élimination).

V.1 Echantillonnage

L'eau brute que nous avons étudié est prélever d'une vanne arrivant directement du barrage, le jour même de chaque étude ce qui donne une légère différence dans les caractéristiques de cette eau pour les différents essais réalisés et cela est dû aux nombres important de jar-test réaliser dont le stockage d'une telle quantité importante n'est pas facilement réalisable.

V.2 Détermination de la dose optimale de coagulants $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Pour déterminer la dose optimale d' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ nous avons suivi la variation de la turbidité et de l'aluminium résiduels en fonction des doses croissantes de coagulant, en absence de flocculant cela nous a permis d'obtenir le graphe représenté sur la **figure V.1**.

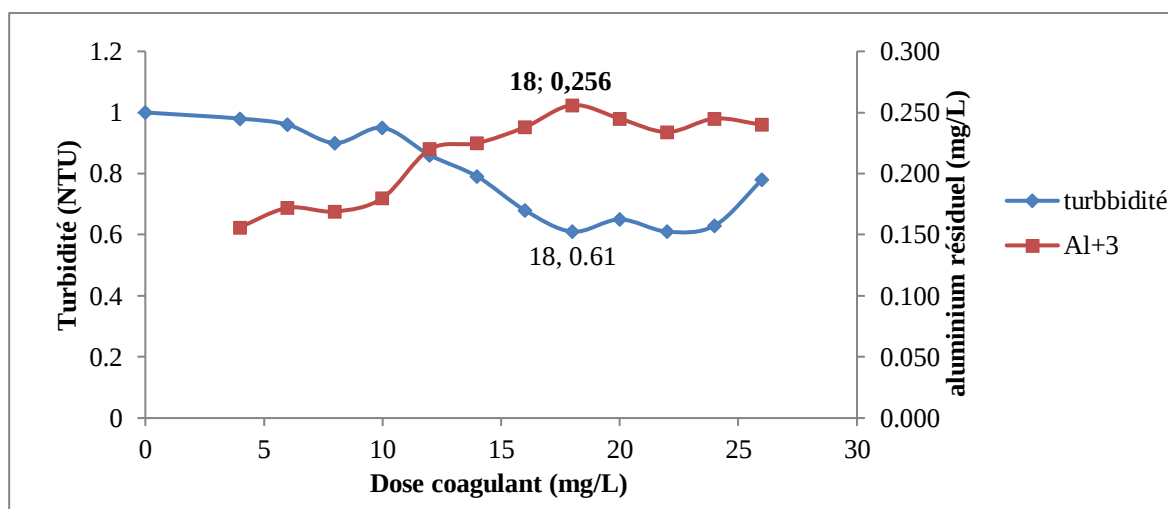


Figure V.1 Effet de la dose de coagulant ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sur la turbidité et l'aluminium résiduel

- D'après la **Figure V.1**, Nous observons une diminution de la turbidité, à partir de la dose 10mg/L jusqu'à atteindre 0,61 NTU avec un taux d'abattement de $R=39\%$, puis la turbidité augmente ce qui donne la dose optimale du sulfate d'aluminium de **18mg/L**, ceci montre que les faibles doses de coagulant ne permettent pas une formation des flocs.
- L'aluminium résiduel, enregistre une augmentation sur tout l'intervalle d'étude jusqu'à atteindre 0,256 mg/L, cette valeur dépasse largement la norme qui est 0,1mg/L.

V.2.1 Sulfate d'aluminium + flocculants (naturels organiques et synthétique)

La dose optimale du sulfate d'aluminium a été fixée à 18mg/L, nous avons fait varier les doses des flocculants de 0,02 à 0,24mg/L, le suivi de la turbidité en fonction des doses de chaque flocculant est représenté dans la **figure V.2**

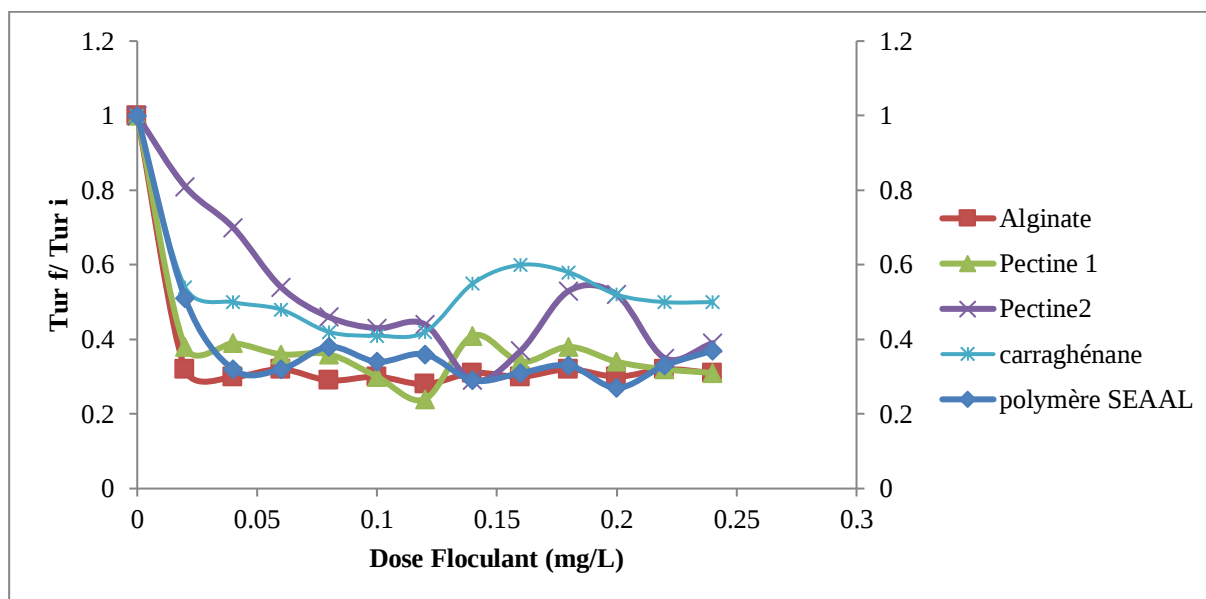


Figure V.2 Variation de la turbidité en fonction des doses des différents flocculants (naturels organiques et synthétique)

Le suivi de la turbidité, en fonction des doses des flocculants a montré que l'abattement de la turbidité est plus important que celui obtenu lorsqu'on a utilisé le sulfate d'aluminium seul, se qui explique que les flocculants ont un effet positif dans le traitement, afin de pouvoir comparer la différence entre les flocculants utilisés nous avons présenté le meilleur taux d'abattement de chaque flocculant dans la **Figure V.3**.

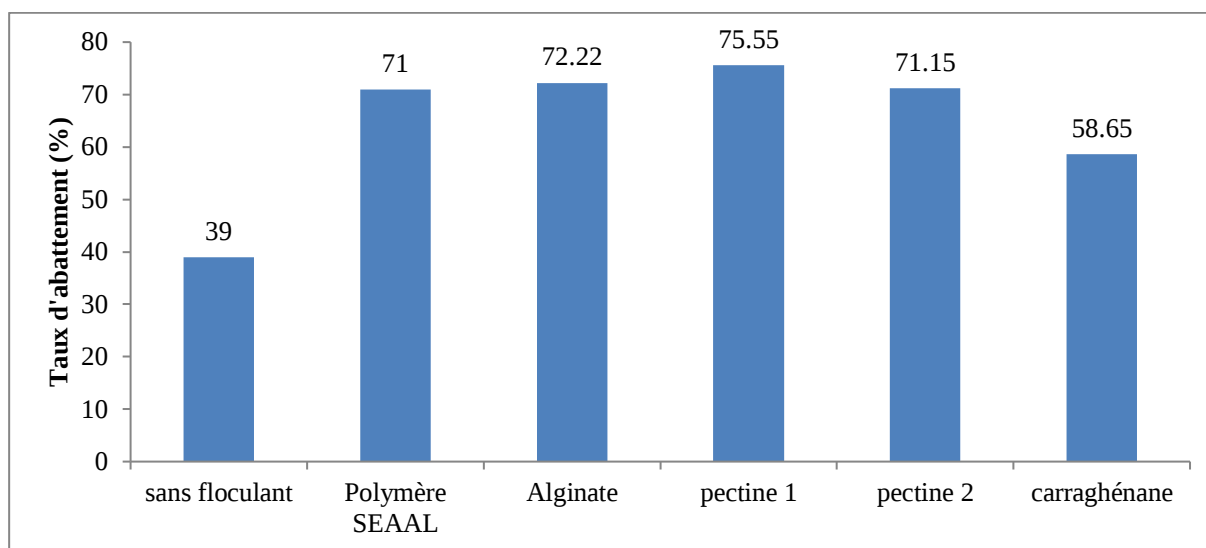


Figure V.3 les taux d'abattement enregistré pour chaque flocculant

- En tenant compte des résultats présentés dans la figure **V.3**, nous remarquons pour les flocculants utilisés que la pectine 1 (pectine préparée à chaud) est en première position avec un taux d'abattement de 75,55% puis viendrait le polymère de SEAAL ensuite l'alginate et la pectine 2 (pectine préparée à froid) enfin le carraghénane avec un taux plus faible de 58,65% .
- Comparons ces résultats avec ceux représentés dans la **figure V.2** nous constatons que l'alginate a enregistré des plus faibles valeurs de turbidité, en deuxième position il vient le polymère SEAAL, mais si on prend compte des propriétés des flocculants synthétiques qui sont toxiques, et non biodégradables on préfère d'utiliser les flocculants naturels qui sont biodégradables, et non toxiques.

Nous avons aussi suivi le taux de l'aluminium résiduel en fonction des doses des flocculants qui est reporté sur la **figure V.4**

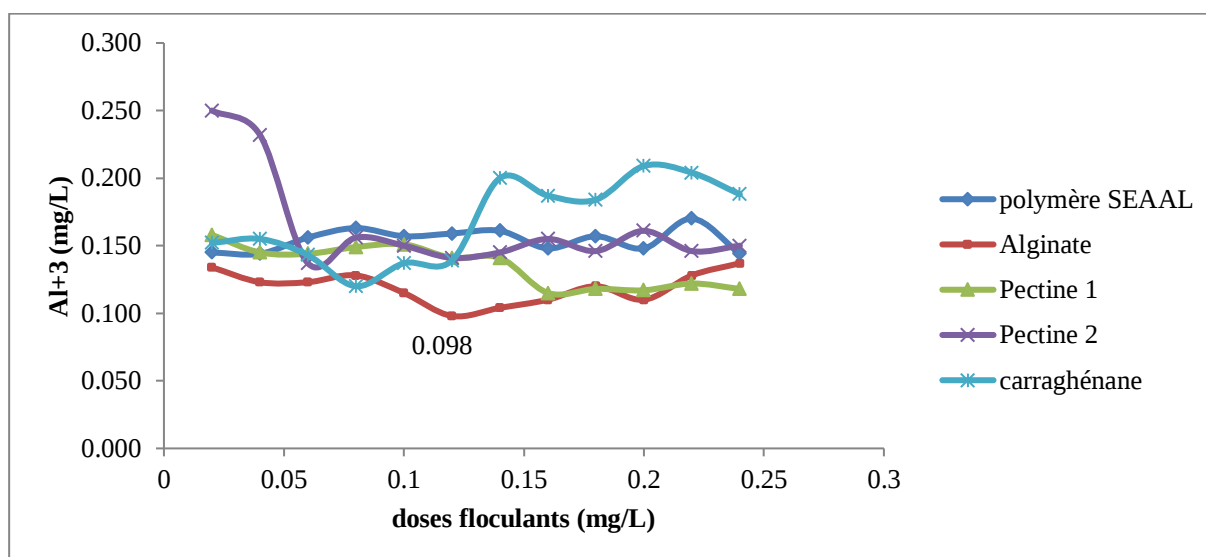


Figure V.4 Variation du taux d'aluminium résiduel en fonction des doses des flocculants (naturels organiques et synthétique)

D'après la figure nous remarquons que les plus faibles valeurs de l'aluminium résiduel ont été enregistrées pour l'alginate de sodium sachant que la norme est de 0,1mg/L. La pectine 1 aussi a donné de bons résultats mais cela a été observé qu'à partir de la dose 0,16mg/L. Cela pourra être expliqué par la fixation de aluminium sur les chaines de polymère d'où l'influence de ce dernier sur l'abattement du taux d'aluminium résiduel.

Les taux de turbidité ou l'aluminium résiduel sont satisfaisantes.

V.2.2 Sulfate d'aluminium + flocculant minéraux

Les flocculants minéraux bentonite, charbon actif en poudre CAP, sable ont une solubilité faible dans l'eau donc lorsqu'on les utilise dans le traitement, même si on aura une élimination des MES, une certaine quantité de ses flocculant reste en suspension ce qui fait augmenter la turbidité **figure V.5**.

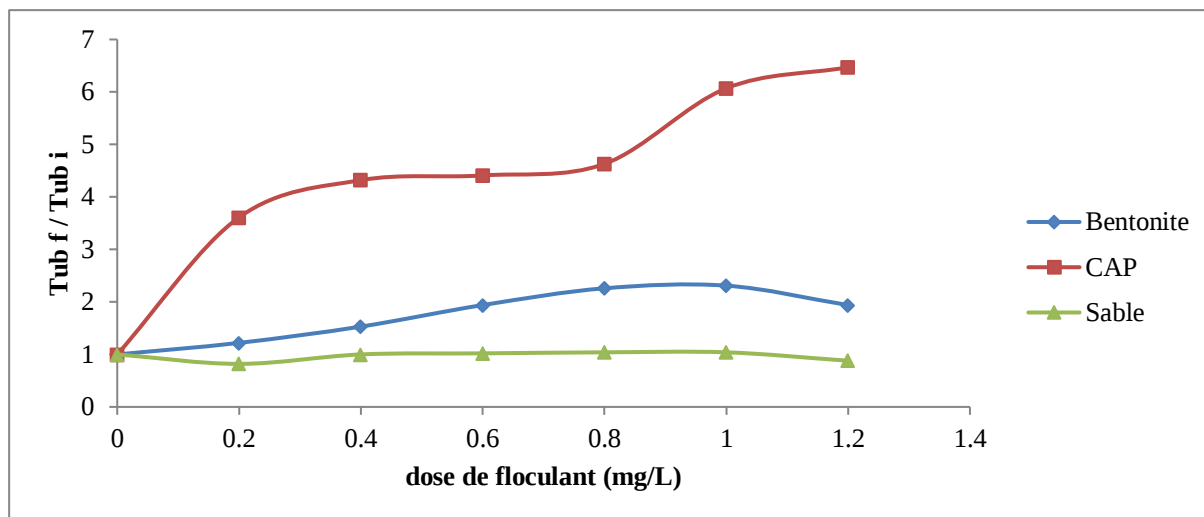


Figure V.5 variation de la turbidité en fonction des doses des flocculant minéraux

Nous remarquons une augmentation de la turbidité pour CAP et la bentonite, ce qui est expliqué par le fait que le charbon actif en poudre CAP et la bentonite ont moins d'affinité pour l'eau, donc une partie d'eaux est restés en suspension, par contre le sable a une structure moins fine ce qui lui permet de se décanter.

- Le suivi de l'aluminium résiduel en fonction des doses des flocculants minéraux est présenté dans la **figure V.6**

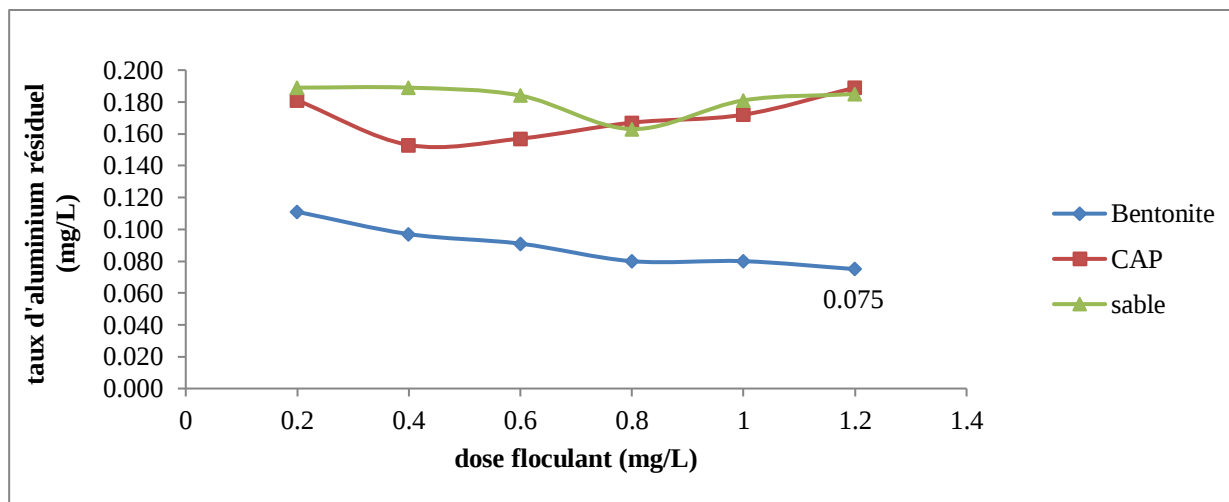


Figure V.6 Variation du l'aluminium résiduel en fonction des doses des flocculants naturels minéraux

La bentonite a donné des résultats très satisfaisant, qui sont très inférieure à la norme 0,1 mg/l (0,075 mg/L) et cela sans l'utilisation de filtration, le sable n'a pas une influence sur l'abattement de l'aluminium résiduel.

- Une filtration sur papier 0,45 μ m à été utilisée pour les échantillons (les optimums de test relatifs au aluminium résiduel) obtenus après traitement avec les flocculant minéraux afin de savoir si les autre paramètres UV, couleur vont être diminués, les résultats de filtration sont représentés dans les Tableau V.7 et V.8

▪ **Tableau V.7** Résultats de filtration de l'échantillon traité par (sulfate d'aluminium + bentonite)

	Turbidité (NTU)	UV	Couleur	Al ³⁺ (mg/L)
Avant filtration	1,75	6	10	0,075
Après filtration	0,67	3,7	5	0,04

▪ **Tableau V.8** résultats de filtration de l'échantillon traité (Sulfate d'aluminium + CAP)

	Turbidité(NTU)	UV	Couleur	Al ³⁺ (mg/L)
Avant filtration	4,24	3,5	41	0,153
Après filtration	0,63	1,2	3	0,134

Ces résultats montrent que la filtration sur papier à améliorer les paramètres étudiés.

V.3 Détermination de la dose optimale de chlorure ferrique

Dans cette partie d'étude nous avons utilisé le FeCl₃ (coagulant) seul, nous avons suivi la variation de la turbidité et le taux du fer résiduel en fonction des doses injectées, les résultats obtenus sont représentés sur la **figure V.7**

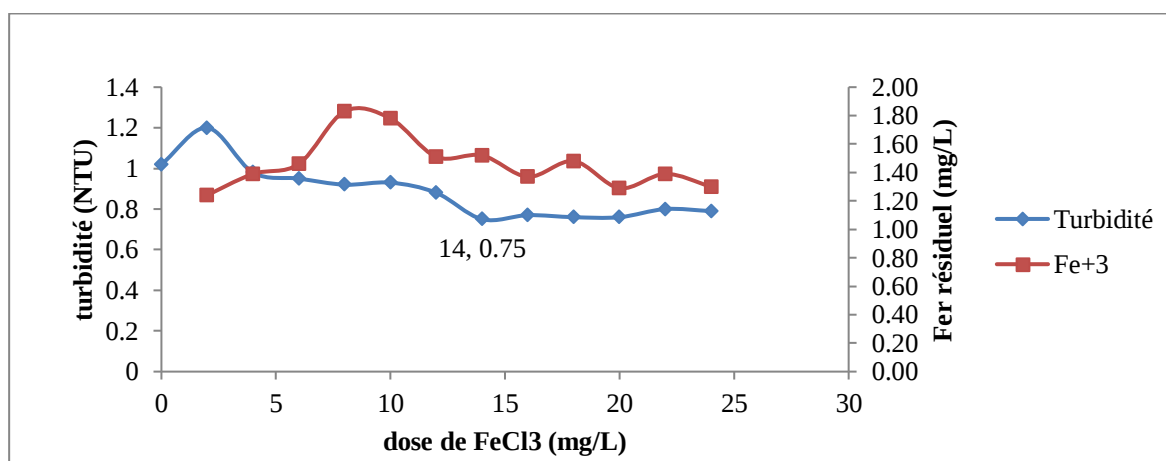


Figure V.7 Variation de la turbidité et du fer résiduel en fonction des doses de FeCl₃

- Pour le fer résiduel on remarque une augmentation pour les quartes premières doses puis une diminution mais les taux de fer dépassent toujours la norme (0,3 mg/L).

V.3.1 Chlorure ferrique + flocculants naturelles organiques et synthétique

Le suivie de la turbidité en fonction des doses des flocculants, en utilisant le chlorure ferrique comme coagulant, sont représentés dans la **figure V.8**.

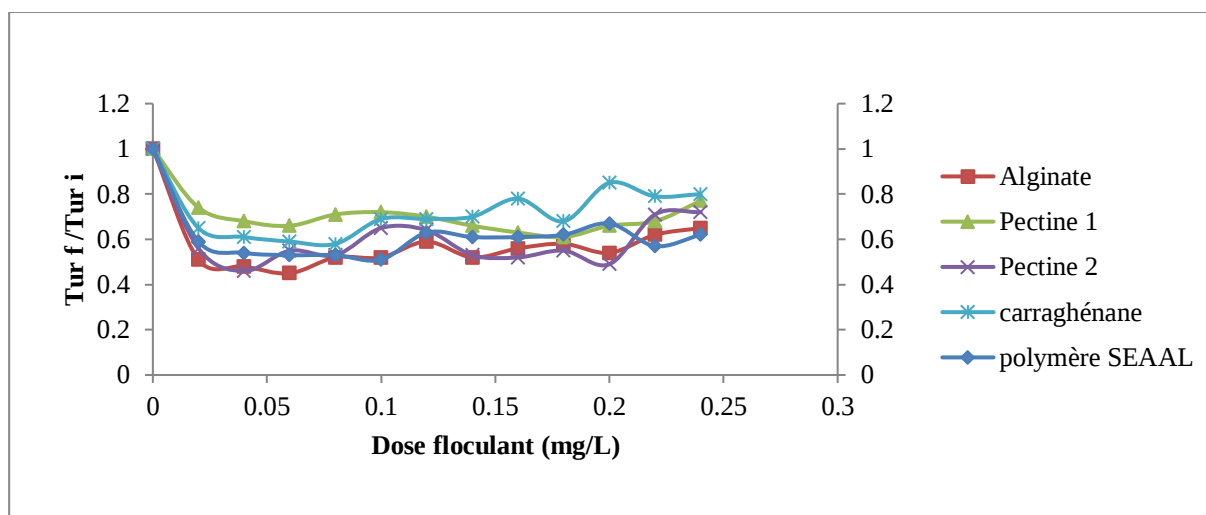


Figure V.8 Variation de la turbidité en fonction des doses des flocculants naturelles organiques et synthétique

- En présence d'alginate, la turbidité diminue de 1 NTU à 0,51 NTU pour la première dose 0,02mg/l la diminution continue jusqu'à 0,45 NTU puis nous remarquons une augmentation a partir de la dose 0,14mg/L.
- En présence du polymère synthétique (SEAAL) la turbidité diminue de 1 NTU à 0,59 NTU et cela dès la première dose, cette diminution se suit jusqu'à 0,51 NTU puis nous remarquons une augmentation à partir de la dose 0,12mg/L.
- Le carraghénane et la pectine1 influent légèrement sur la turbidité jusqu'à la dose 0,08mg/L puis la turbidité augmente à nouveau pour le carraghénane.

Afin d'observer mieux l'influence de chaque flocculant nous avons reporté les taux d'abattement de la turbidité optimal pour chaque flocculant en fonction des flocculants, dans la **figure V.9**

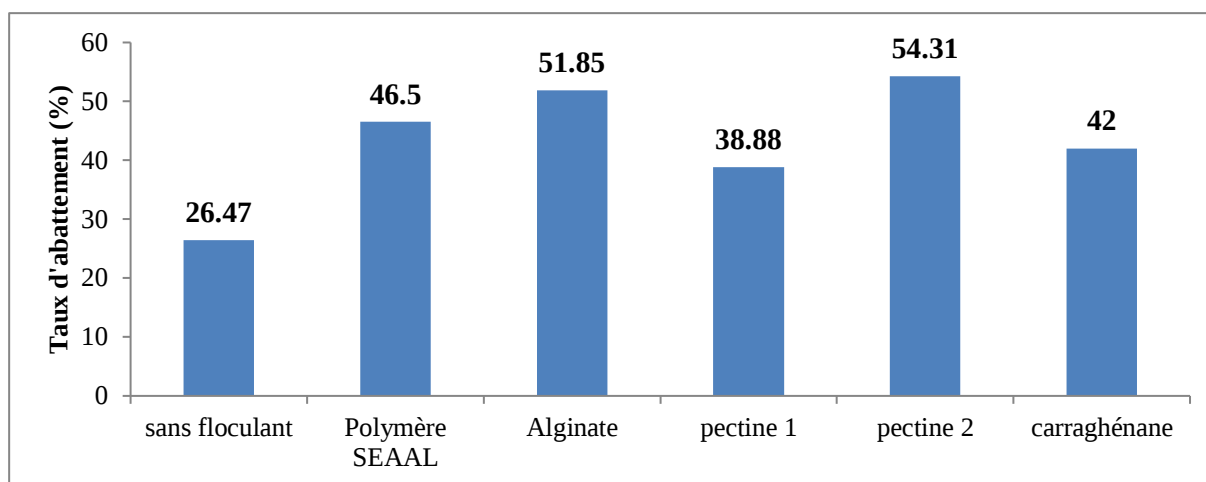


Figure V.9 taux d'abattement de la turbidité en fonction des floculants

Lorsque nous avons utilisé le chlorure ferrique avec les floculants, l'abattement de la turbidité est remarquable, comparant à celui obtenu quand le coagulant est utilisé seul.

Avec l'alginate de sodium et la pectine 2 des taux d'abattement qui dépassent 50%, par contre avec le polymère synthétique de SEAAL le taux est de 46,5%, à partir de ces résultats on peut dire que la pectine 2 et l'alginate peuvent remplacer le polymère SEAAL qui est chimique et toxique.

Le suivie du fer résiduel en fonction des doses de la pectine 2 et d'alginate **figure V.10** à donner des valeurs largement supérieure a la norme 0,3mg/L.

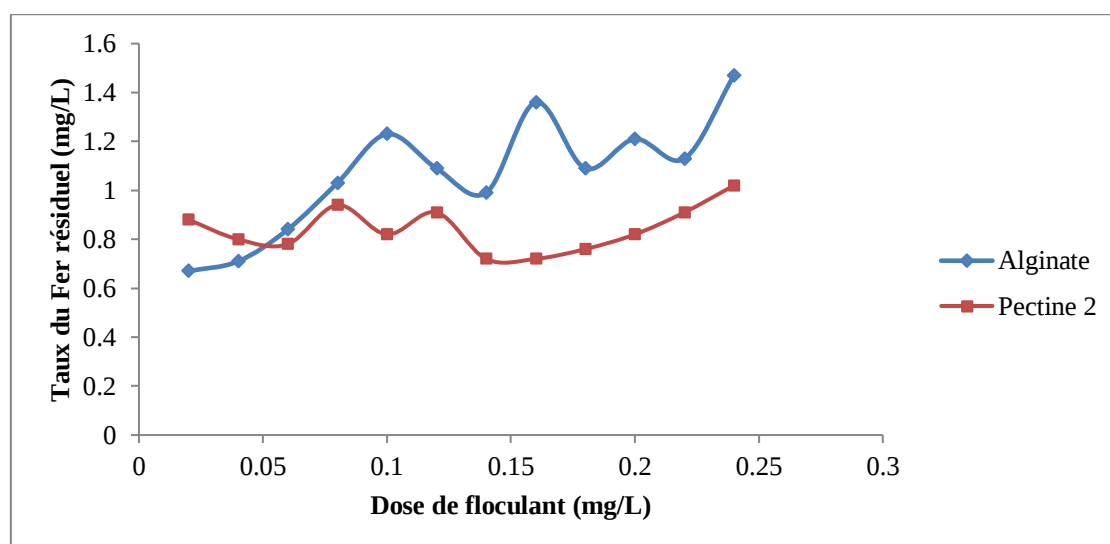


Figure V.10 variation du fer résiduel en fonction des doses de floculants organiques

- L'influence des floculant sur la matière organique, quelque mesure on été fait pour l'eau brute et quelque échantillon obtenu après décantation **tableau V.9**

▪ **Tableau V.9** Résultats des mesures de La matière organique (MO)

Floculant utilisé	Polymère SEAAL	Pectine 2	Alginate de sodium
MO d l'eau Brute (mg/L)	2,30	2,1	2,02
MO d'un échantillon 1 après décantation (mg/L)	1,53	1,77	1,53
MO d'un échantillon 2 après décantation (mg/L)	1,77	1,61	1,53

Le taux de la matière organique de l'eau brute est en dessous de la norme, une diminution de la MO après traitement veut dire que les chaînes des floculants adsorbent cette dernière.

V.3.2 Chlorure ferrique + floculant minéraux

Le suivi du fer résiduel en fonction des doses des floculants minéraux a été reporté sur la figure V.11.

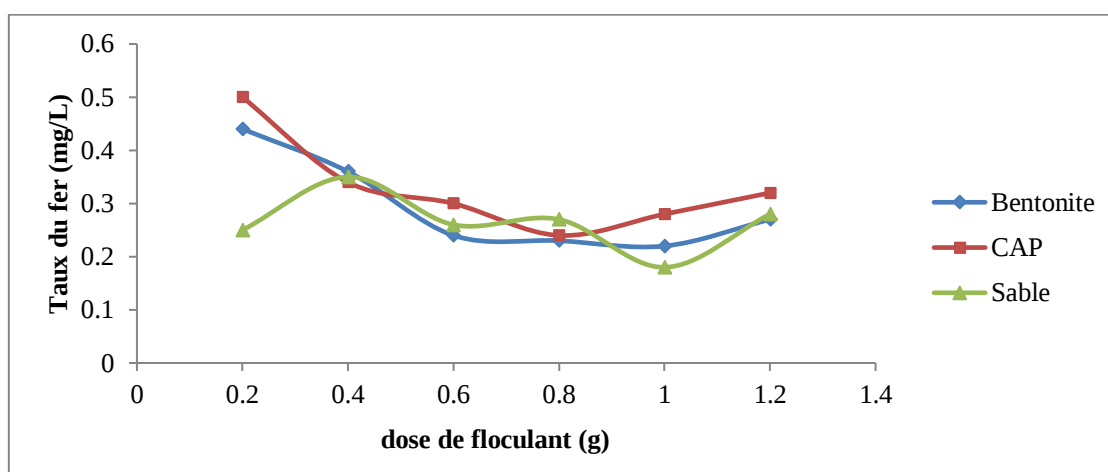


Figure V.11 Variation du Fer résiduel en fonction des doses des floculants

L'utilisation des floculants minéraux réduisent le fer résiduel dans l'eau après traitement, une diminution remarquable dès l'injection des premières dose mais les valeurs des fer résiduel reste toujours supérieure à la norme pour cela nous avons effectué des filtrations de quelque échantillons, afin de voir l'effet de la filtration sur les paramètres a savoir, la turbidité et la couleur, les résultats sont représentés dans le **tableau V.10** et **11**

▪ **Tableau V.10** résultats de filtration chlorure ferrique + bentonite

paramètres	Turbidité (NTU)	Couleur (Hazen)	Fe ⁺³ (mg/L)
Avant filtration	5,03	19	0,22

Après filtration	0,63	01	00
------------------	------	----	----

▪ **Tableau V.11** résultats de filtration chlorure ferrique + CAP

paramètres	Turbidité (NTU)	Couleur (Hazen)	Fe ⁺³ (mg/L)
Avant filtration	1,15	10	0,24
Après filtration	0,35	00	00

Les résultats après filtration montrent que tous les valeurs paramètres ont diminué en dessous de la norme.

V.4 Utilisation des flocculants naturels organiques et synthétique

Le taux d'abattement de la turbidité en fonction des valeurs optimales des flocculants utilisés seuls sans l'utilisation du coagulant est représenté sur la **Figure V.12**.

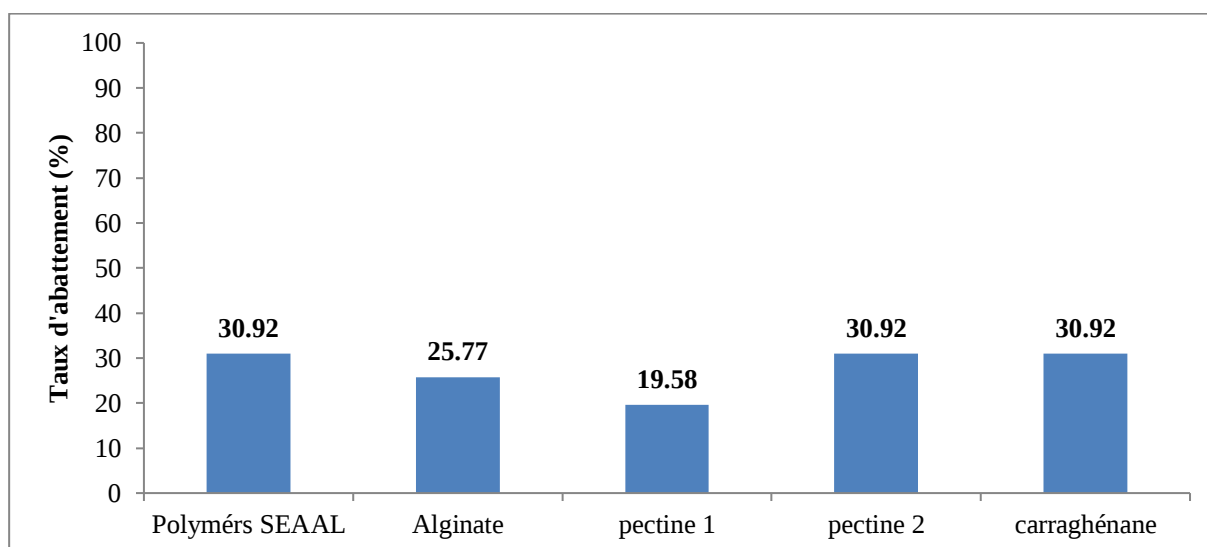


Figure V.12 Taux d'abattement de chaque flocculant utilisé seul

D'après ces résultats et ceux obtenus précédemment (utilisation le coagulant seul, le coagulants+floculant) on peut dire que dans le traitement des eaux potables, ces deux réactif (coagulant, flocculant) sont indispensables et complémentaires de façon que le coagulant déstabilise les particules et le flocculant les agglutine afin d'avoir une eau moins turbide.

Cette étude est originale, de fait qu'elle contribue d'une part à l'utilisation produits naturels (organiques et minéraux) pour traitement des eaux, Ces produits peuvent être de grands intérêts, car ils peuvent remplacer et efficacement les produits chimiques qui sont utilisés dans les stations de traitement et qui sont nuisibles à l'environnement et à la santé humaine. D'une autre part, elle montre la compatibilité et l'effet complémentaire des deux réactifs « coagulant et floculant », pour un bon traitement de l'eau.

Des expériences de coagulation-floculation ont été menées, au laboratoire de la station de potabilisation Taksebt, en utilisant des floculants naturels (organiques et minéraux) combinés aux deux coagulants différents $[\text{FeCl}_3, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$, tout en comparant les résultats trouvés avec ces derniers à ceux trouvés avec le polymère synthétique (chimique) combiné avec les mêmes coagulants.

Une autre étude a été menée, en utilisant les floculants sans ajout de coagulant et inversement. Dans ces études plusieurs paramètres ont été suivis : la turbidité, pH, conductivité, l'absorbances UV, matière organique, le Fer et Aluminium résiduel, les résultats obtenus nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- Les eaux brutes du barrage, sont de bonne qualité à l'entrée déjà, en effet les valeurs des paramètres ne dépassent pas les normes : la turbidité inférieure à 5NTU, la conductivité moyenne de 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et le pH au voisinage de 7.
- L'ajout du coagulant et de floculant ne modifie pas les paramètres tels que pH, conductivité de façon à ce qu'ils ne deviennent pas des paramètres importants à suivre.
- Les floculants naturels organiques tel que l'alginate de sodium et la pectine et les floculants minéraux tel que la bentonite peuvent remplacer le polymère chimique utilisée à la station de traitement Taksebt.
- Un traitement avec le coagulant seul, où avec le floculant seul ne donne pas une bonne qualité de l'eau traitée, donc l'utilisation de coagulant avec Floculant est indispensable pour avoir une eau de bonne qualité.
- La filtration est nécessaire dans ce types de traitement (Coagulation Floculation), les valeurs de la Turbidité, l'aluminium et le Fer résiduels ont diminué nettement après filtration.

- [1] **MEBARKI A.** Hydrogéologie des bassins de l'est algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement, thèse doctorat d'état, université Mentouri de Constantine.(2005)
- [2] **DERGERONT.** Mémento techniques de l'eau. Edition : techniques et documentation, paris.(1984)
- [3] **DEGREMONT.** Mémento techniques de l'eau. Edition : techniques et documentation, paris.(1989)
- [4] **LOUNAS A.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA de Skikda ; Thèse de Magister ; Université du 20 Aout 1955 Skikda.(2009)
- [5] **METAHRI S.** Elimination de la pollution azotée des eaux usées traitées ; par des procédés mixtes ; cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou ; Thèse de doctorat ; université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.(2012)
- [6] **EZZIANE S.** Traitement des eaux de rejets, le Mémoire de Magister, Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF.(2007)
- [7] **SAINTE F.** Ma santé, mon environnement, Québec : publication Québec.(1995)
- [8] **BERNE F.** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP.(1972)
- [9] **REMINI B .**La problématique de l'eau en Algérie du nord.Département des Sciences de l'eau et de l'environnement, université Saad Dahlab – Blida.(2010)
- [10] **H-R.HERNANDEZ-D-L.** Supervision et diagnostic des procédées de production d'eau potable, thèse doctorat de l'institut des sciences appliquées de Toulouse.(2006)
- [11] **DEGREMENT.** Notice d'exploitation : destinée au personnel de métrise, STE TAKSEBT, Algérie. (2008)
- [12] **DESJARDIN.R.** le traitement des eaux, deuxième édition revue et enrichie, Montréal. (1990)

- [13] **CARDOT.C**, les traitements de l'eau pour l'ingénieur, procédés physico-chimiques et biologique cours et problèmes résolus.(nouvelle édition)
- [14] **BUFFLE.J, WILKINSON. K. J, FILLELLA. M, ZANG. J.** A generalized description of aquatic colloidal interactions: the three-colloidal component approach. Environmental Science and Technology, (1998)
- [15] **GREGORY J.** Particles in water. Properties and processes. London: IWA publishing (2005).
- [16] **HUBERT.C.** Conception usine de traitement. La coagulation, la floculation et l'agitation.(2010)
- [17] **Yves MOTTOT.**, texte de la 279^e conférence de l'université de tous les savoirs donnée coagulant et floculant.(2000)
- [18] **DEGREMENT.** Mémento techniques de l'eau. Edition : techniques et documentation, paris. (2005)
- [19] **BOUZIANE.N.** Élimination du 2-meccaptobenzo-thiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le CAP. Mémoire magister, université Mentouri de Constantine. (2007)
- [20] **JIAN-JUN.Q, MAUNG.H, KIRAN.A, KEKER, FRANS.K, PETER.M,** Impact of coagulation pH on enhanced removal of natural organic matter in treatment of reservoir water. (2006).
- [21] **CAMP, T.R., ROST, D.K., and BHOSTA, B.V.** Effects of temperature on the rate of floc formation, Journal. (1940)893- 901
- [22] **RODIER, LEGUB.B, MERLET.N, COLL.,** l'analyse de l'eau, 9^{eme} édition. Dunod. (2009).
- [23] **Journal officiel de la république algérienne.** N° 18 eau potable. 2011.
- [24] **JULIEN.R.** Étude de la coagulation-floculation-décantation d'une eau colorée de faible alcalinité, École Polytechnique de Montréal, (1983)

[25] **NATHAN, J-F.BEAUX**, L'environnement édition Décembre 2002

[26] **Pattabi. S, Ramasami. K, Selvam. K, Swaminathan.** Influence of poly-electrolytes on sewage water treatment using inorganic coagulants. Indian J. Environ. Prot.(2000)

[27] **REYMOND DES JARDINS**, Le traitement des eaux (1997).

[28] **Sciences Encyclopédie du savoir**, les polysaccharides d'algues (2002).

Annexe

Caractéristiques de l'eau brute :

paramètres	unités	Intervalle de variation
Turbidité	(NTU)	[0,66 – 2]
Conductivité	($\mu\text{S/cm}$)	[459 – 485]
pH		[7,32 – 7,82]
Couleur	(Hazen)	[3 – 13]
UV		[3,5 – 6]
Température	(°C)	[11,55 – 15,85]
Matière Organique	(mg/L)	[1,24 – 2,96]
Nitrate (NO_2^-)	(mg/L)	0
Nitrite (NO_3^-)	(mg/L)	[0 -0,5]
Ammonium (NH_4^+)	(mg/L)	0
Fe^{+2}	(mg/L)	[0,02 – 0,03]
Manganèse (Mn^{+2})	(mg/L)	[0 – 0,04]
Oxygène dissout	(mg/L)	[3,18 – 4,31]
Phosphate (PO_4^{-3})	(mg/L)	[0,09 – 0,21]

Résumé

L'objectif de cette étude est de remplacer le polymère chimique, par des polymères naturel organique ou minéraux dans le traitement des eaux potables, traité par le procédé de coagulation-floculation avec le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique comme coagulant

Faire une étude avec les mêmes flocculants en utilisant le chlorure ferrique comme coagulant afin de comparer les deux coagulants par rapport à leurs efficacités dans le traitement.

Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons traités, ainsi que des paramètres de pollution telle que l'aluminium et le fer ont été dosés.

Les résultats obtenus nous ont permis d'évaluer, le rendement de chaque'un des polymères utilisées et faire une comparaison avec le polymère chimique.

En fin, ces études ont révélés que certain polymères peuvent éliminer 75% de turbidité, et d'autre peuvent éliminer l'aluminium et le fer résiduels de en dessous des normes fixées pour ces deux paramètres.

Mots clés : coagulation-floculation, traitement des eaux, turbidité, polymères, paramètres de pollution.

Abstract:

The aim of this study is to replace the chemical polymer by natural or mineral polymers in the treatment of drinking water by the coagulation-flocculation process with aluminum sulphate as coagulant.

Do a study with the same flocculants using ferric chloride as coagulant to compare the two coagulants with respect to their efficiencies in the treatment.

Physical-chemical analyzes were carried out on treated samples as well as parameters of pollution such as aluminum and iron were measured.

The results obtained allowed us to evaluate the yield of each of the polymers used and make a comparison with the chemical polymer.

Ultimately, these studies have revealed that some polymers can remove 75% turbidity, and other can remove residual aluminum and iron from below the standards set for these two parameters.

Key words: coagulation-flocculation, water treatment, turbidity, polymers, pollution parameters.