

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences technologiques
Département de chimie



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master II

Filière : Chimie

Spécialité : chimie d'environnement

Sujet :

**Etude comparative de traitement des eaux usées urbaines par
différents coagulants-floculants chimiques et naturels**

Réalisé par:

M^{elle} BOUABBACHE Saliha et **M^{elle} CHEKLAT Lamia**

Soutenu le 24/09/2014 Devant le jury composé de :

M^{me} FERRAG Fatiha	MAA-UMMTO	Présidente
M_r KADOUCHE Slimane	MCB- UMMTO	Promoteur
M^{elle} CHEIKH AssiraMAA-UMMTO	Examinatrice
M^{elle} Ali Oumessaad	MAA -UMMTO	Examinatrice

Remerciements

On remercie tout d'abord Dieu, le tout puissant pour la volonté et le courage qu'il nous a donné pour mener à terme ce travail.

*On exprime notre profonde reconnaissance envers **Monsieur KADOUCHE Slimane** pour nous avoir fait l'honneur de nous encadrer et de nous diriger tout au long de ce travail.*

*On remercie également Madame **SEMMANE Rabiaa** qui nous a assisté de sa clair voyance et qui a su nous guider dans l'élaboration de ce projet jusqu'à son aboutissement.*

*On tient à exprimer nos sincères remerciements à Madame **FERRAG Fatiha** d'avoir accepté de présider le jury de soutenance. On remercie également M^{elle} **CHEIKH Assira** Et M^{elle} **ALI Oumessaad** d'avoir accepté d'examiner ce travail et d'y avoir apporté un regard critique très enrichissant. Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire on leur dit :*

Merci

saliha et lamia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui m'ont éclairé le chemin de la vie et ne cessent de m'encourager..... Mes très chers parents ; que dieu les protège ;

A celui qui m'a été le soutien moral pendant ce projet.....mon fiancé Idir, qu'il trouve de ce modeste travail mes grâces et reconnaissances ;

A mon frère Kamel et ma sœur Kahina, que dieu les protège ;

A ma belle-famille ;

A mon binôme Lamia avec qui j'ai passé d'agréables moments durant la réalisation de ce travail ;

A toute la promo MII de chimie de l'environnement 2013-2014.

Saliha

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A vous mes chers parents. Et je vous remercie pour votre soutien inconditionnel, votre aide, vos conseils durant toutes ces années...

A mon frère et mes sœurs, mon chère neveu Salim, mes cousins, mes cousines, mes tentes, mes oncles et mes amis en particulier : ma Chère amis, Fatma, Fariza, Amina, lyndaMerci, de tout ce que vous m'avez fait partager depuis si longtemps et de votre soutien et intérêt pour ces années d'études.

A mon binôme Saliha avec qui j'ai passé d'agréables moments durant la réalisation de ce travail et avec qui j'ai gardé de très bons souvenirs.

Et pour finir à toi Hayet qui a su me montrer le côté positif des choses pour avancer, même quand c'était difficile.

Lamia

Résumé

Le traitement des eaux usées urbaines par voie physico-chimique requiert généralement l'utilisation d'un coagulant à base de sels métalliques et d'un flocculant synthétique. L'application du concept de développement durable dans le traitement des eaux privilégie une approche utilisant des produits renouvelables tels que les biopolymères naturels.

Dans le cadre de notre étude, trois étapes ont été réalisées : d'abord la préparation des Chitosanes par désacétylation alcaline de la chitine commerciale à 120°C pendant 1 heure (Chit HT 1h) et 3 heures (Chit HT 3h). Par la suite, les deux produits obtenus ont été caractérisés par le test de solubilité, la détermination du degré de désacétylation (DDA) par conductimétrie et la détermination du poids moléculaire (PM) par viscosimétrie.

Enfin des tests de coagulation-floculation avec les deux types de Chitosane préparés et le Chit A ainsi que des coagulants flocculants chimiques (FeCl_3 et Al_2SO_4) ont été effectués sur un effluent d'eau usée urbaine issu de la station d'épuration l'ONA de Tizi-Ouzou par ajout de ces derniers à différentes doses après optimisation de pH.

Cette étude a démontré que les Chitosanes Chit A et Chit HT3h sont des bons agents de coagulation floculation par rapport au Chit HT1h et donne des résultats très proches avec l'utilisation des coagulants-flocculants chimique.

Mots clés : eaux usée, coagulation-floculation, Chitosane, dépollution, traitement.

Liste des abréviations

MEST	Matières En Suspension Totales
SDT	Solides Dissous Totaux
DCO	Demande Chimique en Oxygène
MES	Matières En Suspension
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
GN	General Nitrogen
PT	Phosphore Total
MESD	Matières En Suspension Décantables
MESND	Matières En Suspension Non Décantables
MM	Matière Minéral
MVS	Matières Volatiles Solides.
DTO	Demande Totale en Oxygène.
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours .
pH	potentiel Hydrogène.
DA	Degré d'Acétylation.
DD	Dégré De Desacétylation
DDA	Dégré De Desacétylation.
PM	Poids Moléculaire.
L'ONA	l'Office National de l'Assainissement.
DP	Degré de Purée
UMMTO	Université Mouloud Memmeri Tizi-Ouzou
V	Volume
Abs	Absorbance
Chit A	Chitosane obtenu par désacétylation de la chitine à température ambiante (25°C) pendant 30 jours
Chit HT 3h	Chitosane obtenu par désacétylation de la chitine a haute température (120°C) pendant 3 heures
Chit HT1h	Chitosane obtenus par désacétylation de la chitine a haute température (120°C) pendant 1heure
Pka	

μm	micromètre
mm	millimètre
g	gramme
mg	milligramme
L	litre
ml	millilitre
h	heure
min	minute
S	seconde
nm	nanomètre
KDa	kilo Dalton
Pka	potentiel d'équilibre d'acidité

Liste des symboles

η	viscosité intrinsèque (dl/g)
η_{inh}	viscosité inhérente (dl/g)
η_{dyn}	viscosité dynamique (dl/g)
η_s	viscosité spécifique (dl/g)
η_{rel}	viscosité relative (dl/g)
m	masse

Liste des figures

Figure01 : Potentiel électrique de particules colloïdales.....	15
Figure02 : Processus d'obtention du chitosane à partir des carapaces de crustacés.....	20
Figure03 : La structure de chitine et de chitosane.....	21
Figure04 : Dégrilleur de la station L'ONA.....	24
Figure05 : Le bassin de déssablage-déhuilage de la station L'ONA.....	24
Figure06 : Le racler de la station L'ONA.....	25
Figure07 : Le bassin des boues activées aérée de la station L'ONA.....	25
Figure08 : Le clarificateur de la station L'ONA.....	26
Figure09 : l'épaisseur de la station L'ONA.....	27
Figure10 : Bassin de stabilisation de la station L'ONA.....	28
Figure11 : Lits de séchage de la station L'ONA.....	29
Figure12 : Montage de la désacétylation.....	30
Figure13 : Quatre dilutions de chitosane.....	32
Figure14 : Dosage conductimétrique basique des trois échantillons de la chitine désacétylée : ($m_{\text{(chitosane)}} = 150 \text{ mg}$ $C(\text{HCl}) = 0.1$ $C(\text{NaOH}) = 0.1\text{N}$).....	34
Figure15 : Évolution de la viscosité dynamique et inhérente en fonction de la dose du chitoA.....	35
Figure16 : Évolution de la viscosité dynamique et inhérente en fonction de la dose du chitosane 1 heure.....	36
Figure17 : Évolution de la viscosité réduite et inhérente en fonction de la dose du chitosane 3heures.....	37
Figure18 : L'échantillon avant traitement.....	37
Figure19 : Mesure de pH.....	38
Figure20 : Représente L'évolution de la DCO en fonction de pH de l'échantillon traité par le	

chitosane.....	38
Figure 21 : la variation de la DCO en fonction de la masse du chitosane.....	39
Figure22 : l'échantillon après traitement par le chitosane.....	40
Figure 23 : courbes des turbidités des échantillons après traitement en fonction des masses des différents types de chitosane.....	41
Figure 24 : l'évolution de la DCO et la turbidité en fonction de pH de l'échantillon traité par FeCl ₃	42
Figure 25 : les mesures de la DCO et la turbidité en fonction de pH de l'échantillon traité par Al ₂ SO ₄	42
Figure 26 : la DCO après traitement chimique	43
Figure 27 : la la turbidité après traitement chimique	44
Figure 28 : l'échantillon après le traitement chimique	44
Figure29 : les MES obtenus après traitement par le Al ₂ SO ₄ (a) et le FeCl ₃ (b).....	46
Figure 30 : Micrographies MEB des floes issus après traitement par le Chit A (C=1.5mg/l...)	47
Figure 31 : MEB des floes issus après traitement par Chit1h HT(C=2.5mg/l).....	47
Figure 32 : Micrographies MEB des floes issus après traitement par Chit HT 3h(C=1.5mg).....	47
Figure33 Micrographies MEB des floes issus après traitement par FeCl ₃ (C=50 mg/l).....	47
Figure34 : Micrographies MEB des floes issu après traitement par Al ₂ SO ₄ (C=100mg/l).....	47

Liste des tableaux

Tableau01 : Principales pollutions des eaux usées urbaines	4
Tableau02 : La viscosité du chitA.....	35
Tableau03 : La viscosité du chit HT (120 °C) 1h.....	36
Tableau04 : La viscosité du chit HT (120 °C) 3h.....	36
Tableau05 : La caractérisation de l'échantillon à l'entrée avant traitement.....	37
Tableau06 : Les résultats obtenus pour l'optimisation de pH pour le chitosane.....	38
Tableau07 : Les DCO obtenus avec le traitement par chitosane.	39
Tableau08 : La turbidité après traitement avec les différentes concentrations du chitosane..	40
Tableau09 : MES, Nitrates et Nitrites après traitement par le chitosane	41
Tableau10 : Les résultats obtenus pour optimisation de pH pour FeCl ₃	42
Tableau11 : Les résultats obtenus pour l'optimisation de pH pour Al ₂ SO ₄	42
Tableau 12 : Les résultats de la DCO après traitement chimique.....	43
Tableau 13 : La turbidité après traitement avec le FeCl ₃ et Al ₂ SO ₄	43
Tableau14 : Les MES, Nitrates et Nitrites après traitement par FeCl ₃	45
Tableau15 : Les MES, Nitrates et Nitrites après traitement par Al ₂ SO ₄	45

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Bibliographie	
I. Généralités sur les eaux usées urbaines.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2.Type des eaux usées urbaines	4
I.2.1. Les eaux usées domestiques	5
I.2.2. Les eaux usées industrielles.....	5
I.2.3. Les eaux de ruissèlement et pluviales	5
I.3. Composition des eaux usées urbaines	6
I.3.1. L'azote.....	6
I.3.2. Phosphore	6
I.3.3. Les micropolluants minéraux	6
I.4. Définition des principaux critères de pollution relative aux effluents des eaux usées urbaines	6
I.4.1. Matières en suspension totales (MEST).....	6
I.4.2. Demande totale en oxygène (DTO).....	7
I.4.3. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	7
I.4.4. Demande chimique en oxygène (DCO).....	7
I.4.5. La turbidité.....	7
I.5. Les différents procédés de traitement des eaux usées urbaines.....	7
I.5.1. Les procédés biologiques.....	7
I.5.1.1. Procédé à culture libre.....	8
I.5.1.2. Procédé à culture fixe.....	8
I.5.1.3. Le lagunage.....	9
I.5.1.4. L'épandage des eaux usées.....	10
I.5.2. Les procédés physico-chimiques.....	10
I.5.2.1. Adsorption.....	11
I.5.2.2. Décantation-flottation.....	11

I.5.2.3.	
Filtration.....	Erreur !
Signet non défini.	
I.5.2.4.	
Désinfection.....	Erreur !
Signet non défini.	
I.5.2.5. Techniques	
membranaires.....	Erreur ! Signet non
défini.	
I.5.2.6. Coagulation –floculation.....	12
a. Définition des	
colloïdes.....	Erreur ! Signet non défini.
b.	
Coagulation.....	Erreur ! Signet
non défini.	
c. La	
floculation.....	Erreur ! Signet non
défini.	
d. Les agents coagulants et floculants.....	13
e. Les Floculants organiques naturels (bio polymère).....	13
f. Le choix des coagulants.....	14
g. Le mécanisme de la coagulation -floculation	Erreur ! Signet non défini.
h. Cinétique de la coagulation – floculation	
.....	Erreur ! Signet non défini.
i. les principaux facteurs influençant la coagulation.....	16

Chapitre II : Chitosane

II.1. Historique	Erreur ! Signet non défini.
II.2. Origine et composition du chitosane	Erreur ! Signet non défini.
II.3. Les caractéristiques de chitosane.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4. Principales propriétés du	
chitosane.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5. Structure.....	21
II.6. Mécanismes d'interactions polluants-chitosane.....	21

Chapitre III : Partie expérimentale

III.1. Présentation de la station d'épuration l'ONA.....	23
III.2. Fonctionnement de la station d'épuration	23
III.2.1. Le pré traitement et le traitement primaire.....	23
III.2.1.1. Première étape : le dégrillage	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1.2. Deuxième étape : le dessablage et le déshuilage	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1.3. Troisième étape : le traitement biologique	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1.4. Quatrième étape : la clarification.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2. Le traitement secondaire	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3. Le traitement des boues	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.1. L'épaississement	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.2. La stabilisation.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3.3. Séchage.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3. Matériels et méthodes	Erreur ! Signet non défini.
III.3.1. Solutions et réactifs utilisés au laboratoire UMMTO.	Erreur ! Signet non défini.
III.3.2. Appareillages et Matériels utilisés au laboratoire UMMT.....	30
III.4. Méthodes expérimentales.....	30
III.4.1. Synthèse de deux types de chitosane	30
III.4.2. Test de solubilité des chitines désacétylées.....	31
III.4.3. Détermination du Degré d'acétylation.....	31
- La Conductivité.....	31
III.4.4. Détermination du poids moléculaire.....	32
-La viscosité.....	32
III.4.5. Le traitement par coagulation- floculation.....	34

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Détermination de degré de déacétylation de trois types de chitosane	Erreur ! Signet non défini.
IV.2. Détermination de poids moléculaire	Erreur ! Signet non défini.
IV.3. La caractérisation de l'échantillon	Erreur ! Signet non défini.
IV.4. Optimisation du pH	Erreur ! Signet non défini.
IV.5. Résultats de traitement par le chitosane	40
IV.5. 1. la DCO	40

IV.5.2. La turbidité	41
IV.5.3. MES,MVS,nitrates, nitrites..	42
IV.6. Résultats obtenus après le taritement chimique	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.1.La DCO.....	44
IV.6.2.La turbidité	44
IV.6.3.MES, MVS, nitrates, nitrites	46
IV.7.Comparaison entre les différents traitements effectués.....	46
IV.8.Les analyses par le MEB des floc issu après traitement.....	48
Conclusion générale.....	49
Perspectives	50

Introduction générale :

L'eau est une source vitale pour l'humanité. De multiples usages font appel à ce milieu complexe et fragile : besoins alimentaires, utilisations domestiques, Industrielles et agricoles.

Après son utilisation, L'eau se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant aux polluants de s'infiltrer (par le processus de sédimentation) ou de se détruire par des micro organismes et enfin par dilution au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont pas nuisibles.

Mais Avec la croissance démographique, la demande en eau a augmenté. Par conséquent les quantités des eaux usées évacuées dans l'environnement ont augmenté de telle façon que leur purification naturelle ne suffira plus, ce qui nécessite la mise en œuvre des procédés de traitement physico-chimiques et biologiques afin de protéger l'écosystème de l'altération.

L'utilisation des coagulants-foculants chimiques ont une efficacité importante mais, parfois, ils génèrent des floes non valorisables et ils deviennent nuisible pour notre équilibre écologique.

Les conséquences néfastes de ces derniers posent un sérieux problème pour l'environnement et la santé. En effet, l'utilisation des hydroxydes de fer et des hydroxydes d'aluminium peuvent être toxiques pour l'écosystème et les êtres vivants par exemple des études [1] ont montré que la présence des trace des ions d'aluminium dans l'eau après traitement ceci peut provoquer ou accéléré la maladie d'Alzheimer. D'où la nécessité d'effectuer des études plus poussées afin de réduire l'utilisation des produits chimiques pour le traitement des eaux usées en les remplaçant par des matériaux d'origine biologique naturelle et biodégradable tel que le Chitosane.

Dans le cadre de notre travail nous allons effectuer une étude comparative entre le traitement des eaux usées urbaines prélevées de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou (l'ONA) par des coagulants- floculants chimiques (Al_2SO_4 et $FeCl_3$) et naturel (le Chitosane) afin de déterminer le produit le plus respectueux pour l'environnement.

L'objectif de notre travail est de déterminer l'efficacité du traitement des eaux usées urbaines par le procédé de coagulation-floculation en utilisant le Chitosane obtenu directement par la désacétylation de la chitine par voie chimique(hydrolyse) à température ambiante et à haute température (120 °C) et aussi une étude comparative entre ce dernier et les coagulants floculants chimiques tels que $FeCl_3$ et Al_2SO_4

Ce travail que nous avons effectué comporte deux parties principales :

I. La partie bibliographique comporte deux chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux phénomènes de la coagulation-floculation

Le deuxième chapitre se porte sur les coagulants-floculants biologiques

(Plus particulièrement le chitosane)

II. La partie expérimentale comporte deux chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la partie expérimentale.

Le deuxième chapitre porte sur les résultats et discussions.

I. Généralités sur les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines constituent un effluent pollué et nocif ; le suivi de leurs compositions devient de plus en plus obligatoire, vue qu'elles contiennent parfois des éléments néfastes pour la santé humaine et la vie aquatique.

I.1. Définition

Les eaux usées urbaines sont en grande partie les eaux distribuées par les systèmes d'approvisionnement en eau potable polluée par les activités anthropiques. Elles comprennent également les eaux de ruissellement qui sont constituées par l'ensemble des eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voies publiques et des parcs de stationnement, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours. Les eaux usées urbaines sont donc constituées par:

- Ø Les eaux sanitaires provenant de l'activité humaine et domestique, les restes d'aliments, les déjections, les détergents, les savons et produits de nettoyage ... etc.
- Ø Les eaux associées aux activités du centre de population telles que : centre commerciaux, hôpitaux, écoles, casernes... etc.
- Ø Les eaux résiduaires industrielles déversées dans des collecteurs urbains.
- Ø Les eaux résiduaires en provenance des centres d'élevage installés au sein des centres de population.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières minérales et des matières organiques. Ces contaminants peuvent être quantifiés par le biais des mesures telles que les métaux lourds (cuivre, zinc, plomb, cadmium), matières en suspension totales (MEST), solides dissous totaux (SDT), les composés nitrogénés et phosphatés (N total, P total), les composés ammoniacaux (N-NH₄) [2].

Tableau I : les principales pollutions des eaux usées urbaines [3].

Nature de la pollution	Paramètres de pollution
Pollution organique oxydable	Demande chimique en oxygène (DCO)
Pollution insoluble	Matières en suspension (MES)
Pollution chimique (pollution toxique)	Métaux lourds (Cd, Hg, Pb, ...) Hydrocarbures et polluants organiques persistants (HAP, pesticides) Détergents Solvants aromatiques ou non Produits phytosanitaires
Pollutions azotée et phosphorée	Azote global (NG) Phosphore total (PT)
Pollution microbiologique (engendrée par les germes pathogènes)	Bactéries (coliformes intestinaux, salmonelles...) Virus (hépatite A, rotavirus, ...) Parasite (Protozoaires, Helminthes) Champignons
Pollution médicamenteuse	Stéroïdes synthétiques Antidépresseur Analgésique Antibiotique
Pollution cosmétique	Parabènes

I.2.Type des eaux usées urbaines

Les eaux résiduaires entrant dans une station d'épuration urbaine sont différenciées par rapport à leurs origines (domestique, industrielles ou pluviales).

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et organiques dans les trois phases : solide, liquide et gazeuse, et dans tous les états de dispersion depuis le débris grossier jusqu'aux molécules dissoutes ou ionisées en passant par les dispersions grossières fines et colloïdales. Ainsi qu'elles véhiculent des micro-organismes pathogènes ou saprophytes et des virus [4]

Ces eaux proviennent des différents usages de l'eau. Elles peuvent être subdivisées en deux catégories :

- Ø Les eaux ménagères des salles de bain et des cuisines qui sont généralement chargées de substances biodégradables (graisses, savons,...), de détergents, de produits nettoyants, désinfectants (hypochlorites, perborates, alcools, glycols, ammoniac, aldéhydes,...), décapants et détartrants ainsi que d'engrais, de pesticides pour usage domestique et de solvants pour le bricolage (peintures, vernis, colles,...). Ces eaux peuvent également contenir des polluants cosmétiques et médicamenteux.
- Ø Les eaux « vannes » (rejets des toilettes) qui sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [3].

I.2.2. Les eaux usées industrielles

Celles qui proviennent de diverses usines de fabrication ou de transformation. Elles sont extrêmement variées selon le genre d'industries dont elles proviennent. Elles peuvent contenir des substances acides ou alcalines, corrosives ou entartrantes. Cette eau est souvent odorante et colorées à température élevée [4].

Ces eaux peuvent être introduites dans les systèmes d'assainissement collectif publics uniquement avec l'autorisation des maîtres d'ouvrage concernés [3].

I.2.3. Les eaux de ruissellement et pluviales

Les eaux de ruissellement comprennent les eaux de pluies, les eaux de lavage et les eaux de drainage. La pollution des eaux de ruissellement est variable dans le temps, plus forte au début de précipitation qu'à la fin par suite du nettoyage des aires balayées par les eaux.

Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent, en prévenance des trottoirs et chaussées (mazout bitume, ...etc) Elles contiennent également du zinc, du plomb et du cuivre [4].

Ces eaux usées constituent un effluent brut dont la composition varie selon la taille de l'agglomération d'origine, les habitudes alimentaires, l'hygiène des individus et le lieu géographique étudié.

I.3. Composition des eaux usées urbaines

I.3.1. L'azote

L'azote peut se trouver sous forme minérale (ammoniacal, nitrate) ou organique. La présence d'azote organique ou ammoniacale se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et par une entrave à la vie de poisson.

I.3.2. Phosphore

Il peut se trouver sous forme minérale (en prévenance de lessive ou des rejets industriels) ou organique. La présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation de l'eau [5].

I.3.3. Les micropolluants minéraux

Notamment les métaux lourds, généralement le plomb (Pb), le zinc (Zn), le cadmium (Cd) et le cuivre (Cu) en raison de leur ubiquité dans les zones urbanisées, indépendamment de toute activité industrielle spécifique [6].

I.4. Définition des principaux critères de pollution relative aux effluents des eaux usées urbaines

I.4.1. Matières en suspension totales (MEST)

Paramètre (exprimé en mg/L) qui correspond à la pollution insoluble particulaire, C'est-à-dire, à la totalité des particules solides véhiculées par les eaux résiduares constituées par :

- Ø **Les matières en suspension décantables en 2 heures (MESD)** : Le chiffre 2 est arbitraire mais correspond à de bonnes conditions de décantation de la fraction grossière et dense des particules.
- Ø **Les matières en suspension non décantables (MESND)** : Il s'agit de la fraction colloïdale du MEST. La calcination à 550°C des MEST permet de connaître l'importance relative des matières minérales (MM) et des matières organiques ou matières volatiles solides (MVS).

I.4.2. Demande totale en oxygène (DTO)

Mesure de la consommation d'oxygène (exprimée en mgO_2/L) par une technique instrumentale qui réalise l'oxydation directe des matières organiques par une combustion catalytique à 900°C.

I.4.3. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Quantité d'oxygène consommée (Exprimée en mgO_2/L) dans les conditions d'essai (incubation à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours) pour assurer par voie bactérienne l'oxydation biologique des matières organiques dites biodégradables.

I.4.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

Représente la consommation d'oxygène (Exprimée en $\text{mg O}_2/\text{L}$) dans les conditions d'une réaction d'oxydation par le bichromate de potassium, en milieu sulfurique à chaud et en présence d'un catalyseur, de l'ensemble des matières oxydables (sels minéraux oxydables et la majeure partie des matières organiques) [7]

I.4.5. La turbidité

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Cette mesure de qualité de l'eau caractérise le poids de la matière particulaire par unité de volume d'eau.

I.5. Les différents procédés de traitement des eaux usées urbaines

I.5.1. Les procédés biologiques

L'épuration biologique des eaux usées est un phénomène naturel réalisé par les micro-organismes (principalement les bactéries) assurant la biodégradation de la matière organique

nécessaire pour leur croissance. L'homme a tiré l'idée de ce phénomène en favorisant le contact entre les micro-organismes et l'eau usée par différents procédés biologiques afin d'accélérer les réactions et d'augmenter le rendement d'épuration.

I.5.1.1. Procédé à culture libre

La boue activée

Le processus d'épuration par les boues activées est le plus répandu dans le monde. Son développement est dû à ses excellentes performances vis à vis des pollutions carbonée, azotée, et phosphorée. Le principe de ce procédé est simple, une biomasse libre élimine les composés polluants en mode aérobie. L'oxygène nécessaire aux réactions est apporté par aération assurée par turbines ou insufflation d'air.

Le bassin d'aération reçoit l'eau prétraitée (dégrillée, dessablée et dégraissée). La biomasse (bactéries) dispersée adsorbe et élimine une partie plus ou moins importante de la pollution, en fonction du temps de séjour et de la charge de la station. A la fin l'eau traitée sera séparée de la boue biologique [8].

I.5.1.2. Procédé à culture fixe

En épuration des eaux, le terme de « cultures fixées » se dit de cultures bactériennes où les micro-organismes (flore bactérienne) colonisent la surface d'un solide (lit bactérien, disque biologique...) [9].

a. Les lits bactériens

Cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. C'est le plus ancien procédé d'épuration à biomasse fixée.

Le développement d'une pellicule microbienne (bio film) sur un matériau inerte de grosse granulométrie (3 à 8 cm) préalablementensemencé, sur lequel l'eau résiduaire ruisselle par gravité [10]

L'air est transféré par diffusion à travers le film d'eau ruisselant à la surface du matériau.

Une vitesse hydraulique suffisante assurée par un recyclage de l'eau traité permet l'évacuation des boues en excès qui sont séparées de l'effluent traité dans un ouvrage de décantation situé en aval [5].

b. Les disques biologiques

Ce procédé peut être rangé parmi les systèmes d'épuration biologique aérobie ou la culture bactérienne est fixée sur un support comme c'est le cas pour les lits bactériens. Il est également appelé procédé d'épuration par bio-disque.

Le support solide est constitué par un ensemble de disque parallèle régulièrement espacés par un axe commun pour constituer un tambour.

Les disques plongent sur la moitié de leurs diamètres dans des cuves semi-cylindrique.

Les disques tournent lentement autour d'un axe horizontal de telle sorte que la culture bactérienne présente sur le support se trouve alternativement au contact de l'eau et de l'air.

Le sens de rotation est très important au niveau d'épuration car les disques doivent tourner dans le sens de circulation de l'eau car la vitesse de circulation de l'eau au contact des bactéries est plus grande [11].

I.5.1.3. Le lagunage

Le lagunage correspond a une zone physique du milieu aquatique ou l'eau "stagne", ou la vitesse d'écoulement est ralentie. Dans son utilisation dans des bassins étanches, le lagunage reproduit les réactions biochimiques qui se produisent au sein d'une lagune, d'un lac ou d'une mare. Le lagunage est un écosystème aquatique en eau libre. On distingue 2 types de lagunage [7] :

- Ø Le lagunage simple (naturel)
- Ø Le lagunage aéré

L'utilisation d'étangs naturels ou artificiels, comme milieu récepteur d'effluents bruts ou traités remontent à des temps anciens. On distingue deux types de lagunes :

a. Les lagunes naturelles

Elles peuvent être anaérobies facultatives ou aérobies ; elles peuvent recevoir des effluents bruts ou prétraités. On opère en pratique trois types de lagunes naturelles :

- ∅ Une lagune profonde fonctionnant en anaérobiose ;
- ∅ Une lagune de faible profondeur ou bassin mixte dit « étang de stabilisation » : Il s'agit d'un bassin de grande surface dans lequel la flore bactérienne, essentiellement aérobie, assure la métabolisation de la pollution grâce à l'oxygène qui lui est fourni, d'une part, par les algues vertes et, d'autre part, par les échanges gazeux air-eau à la surface liquide ;
- ∅ Une lagune de finition en complément de traitement fonctionnant principalement en aérobie [7].

Une amélioration notable du procédé de lagunage naturel peut être obtenue en utilisant des lagunes aérées.

b. Les lagunes aérées

Ce sont de vastes bassins, où l'on effectue une épuration biologique bactérienne comme celle qui se pratique naturellement dans un étang, en apportant de l'extérieur par insufflation d'air ou oxygénation au moyen d'aérateurs de surface, l'oxygène nécessaire au maintien des conditions aérobies des bactéries épuratrices [7].

I.5.1.4. L'épandage des eaux usées

Cette technique a connu son utilisation depuis le 19^{ème} siècle dans divers Pays, son principe est la dégradation des matières organiques en aérobie par des micro-organismes (bactéries, algues, champignons et protozoaires) dans les premières couches de sol [11].

I.5.2. Les procédés physico-chimiques

Ces traitements assurent la séparation physique des insolubles solides (matières en suspension et précipités) et liquides (substances huileuses à l'état libre ou en émulsion, hydrocarbures...) de l'eau afin d'avoir une clarification plus ou moins poussée des rejets.

I.5.2.1. Adsorption

L'adsorption permet de retenir les polluants organiques solubles et des métaux lourds sur des solides. Il s'agit d'un phénomène physique ou chimique de fixation des molécules sur une surface dont sa surface spécifique doit être très importante afin d'augmenter le contact avec le soluté.

Dans les charbons activés, la surface d'adsorption ou surface spécifique est de 1 000 à 1700 m² par gramme de charbon, ce phénomène d'adsorption est influencé par la structure des molécules, leur solubilité, leur concentration, la pression, la température et le pH du milieu.

L'adsorbant doit posséder des propriétés, au niveau granulométrie, densité, résistance à l'abrasion, compatibles à son utilisation en filtration. Après saturation, l'adsorbant est récupéré et régénéré ou rejeté [12].

I.5.2.2. Décantation-flottation

La décantation est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épurations et de traitement des eaux. Elle a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau qui s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers l'unité de filtration [13].

La flottation est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attlage, formé des particules à éliminer, de bulles d'air et de réactif moins dense que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 µm.

I.5.2.3. Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux.

Les solides en suspension ainsi retenus par ce dernier s'y accumulent ; c'est le colmatage, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente. On distingue 4 types de filtres : Des filtres à sable rapide, Des filtres à sable lents, Des filtres sous pression, Des filtres à terre diatomée. [13]

I.5.2.4. Désinfection

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites), ainsi que la majorité des germes banals moins résistants.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le Chlore, le Dioxyde de Chlore, l'Ozone, le Brome, l'Iode et le Permanganate de Potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition ultra sons, ultra-violet et les rayons Gamma.

I.5.2.5. Techniques membranaires

De nos jours, de nombreux procédés à membrane s'imposent dans le domaine des eaux résiduaires, les limites de traitements conventionnels en termes de turbidité, de bactériologie, de goût et de sous produits de désinfection sont atteintes.

La membrane est une paroi mince fabriquée avec des matériaux organiques ou minéraux, elle possède la propriété de séparer sélectivement les espèces chimiques moléculaires ou ioniques.

I.5.2.6. Coagulation –floculation

Le mélange solide/liquide formé dans le réacteur de précipitation sans addition de réactifs supplémentaires, l'agglomération des petites particules solides et leur sédimentation seraient difficiles, voir impossible.

Les particules solides sont soumises à des forces attractives (forces de Van der Waals) et des forces répulsives électrostatiques car elles ont des charges de surface de même nature. Si ces forces sont égales, les particules ne peuvent pas se rapprocher. Pour y parvenir, il faut réduire les forces répulsives dues aux charges électriques présentes sur la surface des particules, cette opération est « la coagulation ». Les particules peuvent ensuite s'agglomérer entre elles, c'est « la floculation ». Ces deux phénomènes se font par des agents coagulants et floculants.

a. Définition des colloïdes

Les particules colloïdales proviennent de l'érosion des sols, de la dissolution des substances minérales, de la décomposition de la matière organique, du déversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles. Elle présente un diamètre compris entre 1 μm et 1 nm. Elles possèdent une autre caractéristique très importantes ; leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau, ce phénomène est expliqué en partie par l'existence des charges électriques souvent négatives à la surface, qui engendre des forces de répulsion inter-colloïdale. Celles-ci permettent d'expliquer d'une part, la grande stabilité de ces particules mises en solution et d'autre part, leur densité qui peut atteindre 2.5 μm ne modifie pas la valeur de leur vitesse de décantation.

b. Coagulation

La coagulation a pour but principal de déstabiliser ces particules en suspension pour favoriser leur agglomération. En pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques [13].

c. La floculation

La floculation a pour but de favoriser le contact entre les particules déstabilisées à l'aide d'un mélange long. Ces particules s'agglutinent pour former des floccs qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et filtration [14].

d. Les agents coagulants et floculants

- § Les sels minéraux des cations trivalents, fer et aluminium non hydrolysés ;
- § Les hydroxydes métalliques-précipités de fer $\text{Fe}(\text{OH})_3$ et d'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3$;
- § Les sels hydrolyses polymérisés ;
- § Les polymères organiques de synthèse (floculants anioniques ou non-ioniques). Il existe aussi des floculants cationiques, mais ils ne sont pas utilisés en traitement de surface.

e. Les Floculants organiques naturels (bio polymère)

Sont des polymères hydrosolubles d'origine animale ou Végétale, généralement non ioniques et 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. Leur intérêt réside dans leur caractère "naturel", non Toxique et biodégradable.

Les plus utilisés sont les amidons, les alginates et les gommages guar ou xanthane. Ces produits sont cependant réservés à des applications très spécifiques car ils sont chers, parfois rares comparativement à la taille du marché de traitement d'eau (cas des gommages guar par exemple), et ont une efficacité réduite en raison de leur faible longueur de chaîne [15].

f. Le choix des coagulants

Le choix des coagulants dépend de :

- Ø La fiabilité de préparation et de la mise en œuvre des solutions qui sont souvent très visqueuses ;
- Ø La vitesse de sédimentation ;
- Ø Propriétés des boues (filtrabilité, compressibilité...)
- Ø La qualité du surnageant (clarification et teneur résiduelle du floculant). Il est nécessaire de procéder à des essais de laboratoire (essais sur banc Jar-test) pour sélectionner le réactif et fixer la concentration à utiliser et apprécier l'aptitude des boues produites à la Déshydratation [16]

Pour éliminer ces particules on 'a recours aux procédés de coagulation et floculation. Donc, il faut d'une part déstabiliser la suspension par annulation du potentiel zêta c'est l'étape de « coagulation » et augmenter la taille des micro-flocs issus de la coagulation c'est l'étape de « floculation » [15].

g. Le mécanisme de la coagulation -floculation

La charge électrique et la couche d'eau qui entoure les particules hydrophiles tendent à les éloigner les unes des autres ce qui les stabilisent dans la solution. La coagulation permet leur déstabilisation ce qui favorise leurs agglomération lors de l'ajout d'un floculant.

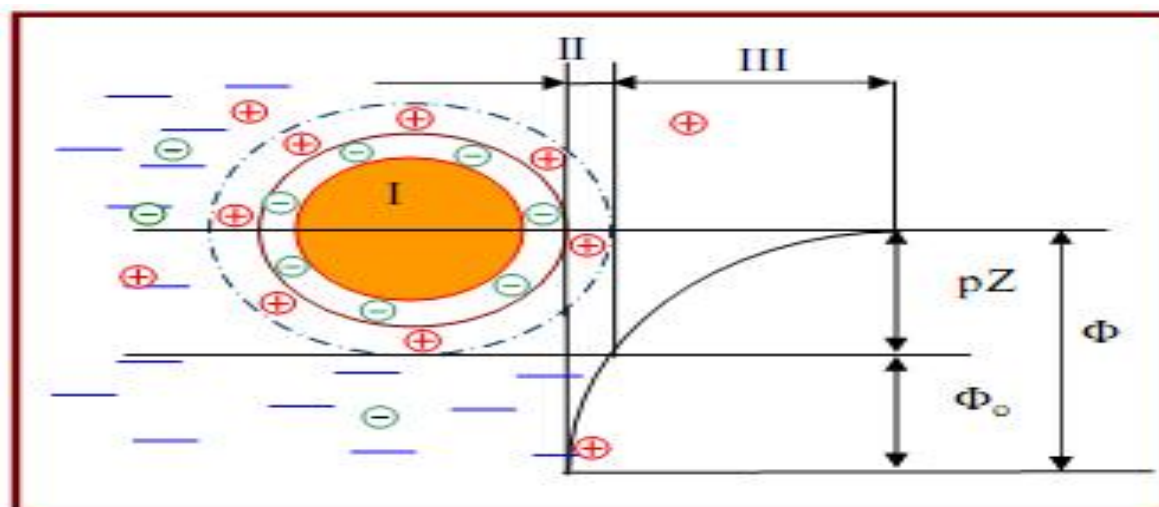


Figure 01: Potentiel électrique de particules colloïdales [17].

I : Particule colloïdale

II : Couche adhérente de Stern

III : Couche diffuse de Gouy-Chapman

Φ : Potentiel total à l'interface

Φ_0 : Potentiel différentiel dans la couche adsorbée

pZ : Potentiel zéta

h. Cinétique de la coagulation – floculation

Après la déstabilisation des substances colloïdales par l'étape la coagulation, ces dernières ont tendance à s'agglomérer lorsque elles rentrent en contact les unes avec les autres. La floculation a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules. Cette différences de vitesse peut être imputable :

Ø Au mouvement brownien des particules (floculation péri cinétique).

Ø au déplacement d'une partie du fluide (floculation ortho cinétique).

§ **Floculation péri cinétique** : Durant la floculation péri cinétique les contacts entre les particules de petites tailles sont causés par le mouvement aléatoire (agitation désordonnée) de celles-ci, dit mouvement Brownien. [13]. ce dernier est influencé par la température du milieu. En effet, l'énergie thermique est stockée par le fluide sous la forme d'énergie cinétique des particules. À l'équilibre, toutes les particules possèdent la même énergie cinétique [18].

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots \dots \dots I$$

§ **Floculation ortho cinétique** : On appelle floculation ortho cinétique la floculation provoquée par l'agitation de l'eau. L'agitation facilite l'agrégation en augmentant la probabilité des collisions entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps. On caractérise la variation de la vitesse du fluide dans l'espace à l'aide d'un gradient de vitesse [13].

i. Les principaux facteurs influençant la coagulation

La température

L'expérience révèle que durant l'hiver, lorsque la température avoisine 0°C le floc se décante plus difficilement. Ainsi qu'une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité, c'est ce qui explique la difficulté de décantation du floc.

Le pH

Le pH est le paramètre le plus important à prendre en considération pendant la coagulation floculation. Il existe une plage de pH pour laquelle la coagulation a lieu rapidement en fonction du coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter. Lorsque la coagulation se produit hors de cette plage optimale, il faut augmenter la quantité de coagulant.

Pour les sels de fer et d'aluminium, les plages de pH optimales s'étendent respectivement de 4 à 5 et de 5 à 7. Pour certaines eaux, il faut parfois corriger le pH à l'aide de divers produits (acides, chaux ou soude).

La concentration du coagulant

La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. Une surdose du polymère produit inévitablement une réstabilisation des particules colloïdales qui sont susceptibles de la charge de 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 [20].

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 [21].

Le marché mondial des produits de la mer en particulier celui des crustacés (crevettes, crabes, homards...) atteint une production de plusieurs millions de tonnes par an, dont la moitié représente des déchets. Les carapaces contiennent essentiellement du carbonate de calcium et un polymère nommé « chitine », lequel peut être dégradé pour former le Chitosane. La chitine est l'un des polymères naturels, le plus abondant au monde. Chitines et Chitosanes suscitent un intérêt de plus en plus grand car ces polysaccharides (ou biopolymères) ont démontré d'excellentes propriétés physico-chimiques et biologiques intrinsèques exploitées dans de nombreux secteurs industriels ou de recherche, tel que l'environnement [22].

II.1. Historique

En 1811, le Pr. Hanri Bracomot, directeur du jardin biologique à Nancy (France) a isolé une substance fibreuse d'un certain type de champignon. De plus il a observé que cette substance n'est pas soluble dans les solutions aqueuses acides.

Une douzaine d'années plus tard, en 1823, la même substance a été trouvée dans certains insectes (coléoptères) et a été en suite nommé chitine (provient du mot grec *Kitos* qui signifie enveloppe).

En 1859 le Pr C. Rouget a soumis la chitine à un traitement alcalin et a observé les différentes solubilités de celle-ci. La substance résultante du traitement alcalin a pu être dissoute dans les acides. Ce n'est qu'en 1894 que cette substance a été nommée Chitosane par Hoppe -Seyler [23].

Entre 1930 et 1940, ces bio polymers ont suscité beaucoup d'intérêts dans le monde oriental principalement pour l'application dans le domaine médical et la purification de l'eau, et depuis 1970 la production industrielle et divers utilisation de ces deux bio polymères sont en constante augmentation en particulier dans le cadre de protection de l'environnement pour leur abondance et leurs propriétés intéressantes (floculation et biodégradabilité) [24].

II.2. Origine et composition du chitosane

Le Chitosane est un aminopolysaccharide d'origine biologique ; c'est un copolymère linéaire composé d'unités monomériques de D-glucosamine et de N-acétyl-D-glucosamine (figure 3). Ce biopolymère est caractérisé par son degré d'acétylation (DA) ou, selon les auteurs, par son degré de désacétylation (DDA).

Le Chitosane est une substance peu répandue dans la nature. Il est présent dans la paroi cellulaire de certains micro-organismes fongiques (champignons zygomycètes) et dans le mycélium de *Mucor rouxii*, *Rhizopus oryzae* et *Absidia coerulea*, et n'est signalé que dans les exosquelettes de certains insectes (par exemple la paroi abdominale des reines de termites). Il n'y a donc pas de source primaire de Chitosane, comme on peut l'avoir par la dégradation de la chitine issue des carapaces des crustacés [22].

II.3. Les caractéristiques de chitosane

La principale caractéristique du Chitosane est sa biocompatibilité, Il est souvent modifié afin de lui conférer des propriétés chimiques ou biologiques spécifiques, et utilisé comme flocculant et clarifiant. [25].

II.4. Principales propriétés du chitane

Les chaînes macromoléculaires du Chitosane sont caractérisées par leur masse moléculaire et leur degré d'acétylation. Concernant la cristallinité du polymère, le Chitosane est une substance semi cristalline. D'un point de vue chimique, sa structure est similaire à celle de la cellulose. Par contre, la présence d'une fonction amine primaire de pK proche de 6,3 (le pK est fonction du DA) en position 2 du noyau gluco pyranose confère au Chitosane des propriétés chimiques et physico-chimiques qui en font un polymère possédant un ensemble de propriétés remarquables.

Les propriétés intrinsèques du Chitosane influent sur sa solubilité en milieu aqueux, son hydratation, sa structure tridimensionnelle, sa viscosité, son aptitude à participer dans des interactions ioniques, sa capacité à lier des molécules organiques et des sels de métaux lourds et autres, et sa facilité à subir des modifications chimiques qui permettent de créer une multitude de dérivés aux propriétés physico-chimiques et biologiques variées.

Le schéma suivant présente le Processus d'obtention du chitosane à partir des carapaces de crustacés.

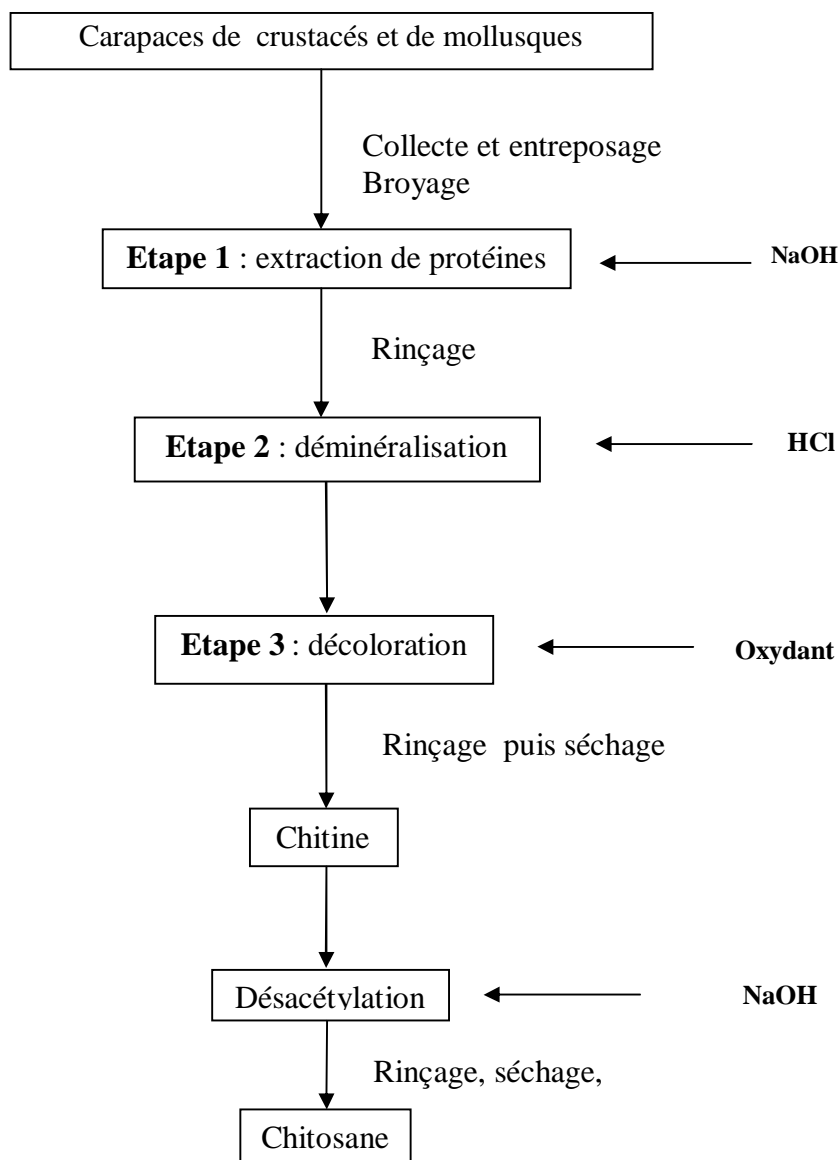


Figure02 : Processus d'obtention du chitosane à partir des carapaces de crustacés [26]

II.5. Structure

Le chitosane comme un copolymère composé d'unités 2-amino-2-désoxy-D-glucopyranose et 2-acétamido-2-désoxy-D-glucopyranose reliées entre elles par des liaisons glucosidiques b-(1-4) [22].

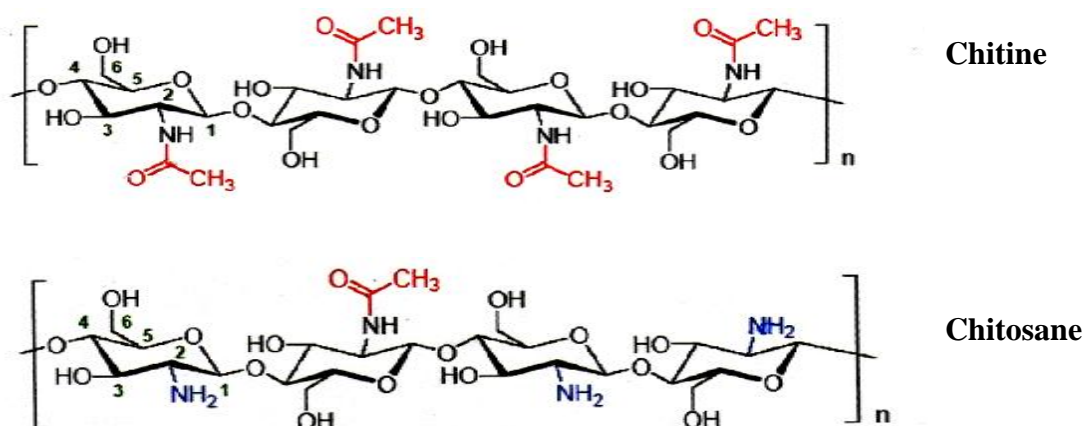


Figure 03 : La structure de chitine et de Chitosane [22].

II.6. Mécanismes d'interactions polluants-chitosane :

Les propriétés physico-chimiques originales de l' amino-polysaccharide Chitosane sont essentiellement liées aux groupements aminés des chaînes macromoléculaires.

Les fonctions aminées permettent la complexation des cations métalliques en milieu neutre, mais sa protonation en milieu acide confère au chitosane des propriétés cationiques uniques par rapport aux autres bios polymères.

Ce caractère cationique en milieu acide est également à l'origine de la fixation des colorants anioniques et des anions métalliques. C'est en général, la poly cationicité du Chitosane qui est souvent mise en avant pour expliquer les mécanismes d'interactions polluants-Chitosane. Les caractéristiques acido-basiques dépendront, toutefois, du DD, de la PM, et de la répartition entre les unités N-acétyl-Dglucosamine et D-glucosamine le long des chaînes macromoléculaires.

Le processus de coagulation/floculation qui implique du Chitosane est complexe puisqu'il s'accompagne de phénomènes comme la précipitation chimique, la complexation, l'adsorption à la surface des floccs, le piégeage ainsi que le balayage. En simplifiant, on peut

dire que le Chitosane, utilisé en tant que coagulant, a comme rôle d'exercer simultanément une coagulation et un pontage. Son mode d'action consiste à neutraliser les charges électriques des particules dans l'eau puis, il assure grâce à sa structure chimique macromoléculaire, un pontage entre les particules ou les floccs. Le polycationique Chitosane peut adsorber des colloïdes ou des floccs chargés négativement.

L'addition du bio polymère permet d'abaisser le potentiel zêta à zéro. Les forces d'attractions de masse deviennent effectives et le polyélectrolyte agit alors par pontage mécanique. Plus la chaîne organique est longue, le pontage est meilleure. Les avantages des polyélectrolytes naturels ont permis d'atteindre le point iso-électrique sans modification de pH et d'être 10 à 15 fois plus efficaces que le sulfate d'aluminium. Il est à noter que l'une des plus grandes différences entre les sels de métaux et les polymères cationiques se trouve au niveau de leur réaction hydrolytique. Les sels de métaux (alun, chlorure ferrique) s'hydrolysent immédiatement une fois ajoutés dans l'eau, d'où des réactions d'adsorption très rapides. Dans le cas du Chitosane, les réactions hydrolytiques ne se déroulent pas et le taux d'adsorption colloïdale est beaucoup plus lent [21].

Partie expérimentale

Objectif

Dans notre travail on a procédé à des traitements physico-chimiques (coagulation-floculation) des eaux usées urbaines issues de la station d'épuration l'ONA de Tizi-Ouzou. Par différents coagulants-floculant chimiques (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$) et naturels (le chitosane) à différentes concentrations.

III.1. Présentation de la station d'épuration l'ONA

La station d'épuration de pont de bougie est située à 6 Km à l'est de la ville de Tizi-Ouzou. Elle épure les eaux de la partie Est de l'agglomération ainsi que les villages entourant de la commune de Tizi-Ouzou.

L'effluent utilisé est constitué de l'eau à l'entrée de la station d'épuration l'ONA qui vient d'un réseau unitaire qui draine les eaux de vannes, ménagères et de ruissellement de la ville de Tizi-Ouzou.

III.2. Fonctionnement de la station d'épuration

Une station d'épuration permet la purification de l'eau usée afin de la rendre acceptable par la nature en passant par les étapes suivantes :

III.2.1. Le pré traitement et le traitement primaire

Il s'agit du dégrillage (élimination des déchets volumineux), le dessablage (l'extraction des sables), le déshuilage (élimination des corps gras) et la décantation primaire.

III.2.1.1. Première étape : le dégrillage

Les eaux usées sont acheminées jusqu'à la station d'épuration par des réseaux d'assainissement. Elles passent à travers un dégrilleur, une sorte de tamis, qui les débarrasse des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,...). Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles avec de plus faibles espacements (dégrillage fin), peut compléter cette phase du prétraitement.



Figure04 : Dégrilleur de la station ONA.

III.2.1.2. Deuxième étape : le dessablage et le déshuilage

Ces étapes permettent de débarrasser l'eau des matières qui n'ont pas été éliminées par le dégrillage. Grâce à la réduction de vitesse de l'écoulement, il est possible de récupérer les sables (par pompage) et les graisses (qui sont raclées en surface).



Figure05 : Le bassin de dessablage-déshuilage de la station ONA.



Figure06 : Racleur de la station ONA.

III.2.1.3. Troisième étape : le traitement biologique

C'est la partie essentielle du traitement ; elle consiste à reproduire en accélérant le processus naturel. Les eaux arrivent dans un bassin où se sont développées des bactéries. Ces micro-organismes consomment les impuretés et les transforment en boues en aérobiose (le processus le plus répandus) ou en anaérobiose.



Figure07 : Le bassin des boues activées aérée de la station ONA.

III.2.1.4. Quatrième étape : la clarification

Elle consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". Les boues se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées. L'eau débarrassée de 80 à 90 % de ses impuretés subit alors des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel (DCO, DBO₅, turbidité, nitrates, nitrites ...).



Figure08 : Le clarificateur de la station ONA.

III.2.2. Le traitement secondaire

Il se fait le plus souvent de manière biologique, mais une voie physico-chimique peut la remplacer ou s'y ajouter. Le traitement physico-chimique permet une meilleure coagulation des boues et favorise notamment la fixation des phosphates provenant des engrais ou des activités agricoles.

III.2.3. Le traitement des boues

Il s'effectue parallèlement aux traitements de l'eau (avec la boue récoltée dans les bassins de décantation et durant la clarification) en passant par les étapes suivantes :

III.2.3.1. L'épaississement

C'est le premier stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues.

L'épaississement peut être gravitaire, ou s'effectuer par flottation, par égouttage ou par centrifugation. Il a pour objectif de réduire le volume des boues brutes et d'augmenter la concentration de la matière sèche. L'épaississement facilite en particulier les traitements ultérieurs et permet l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est récupérée en tête de la station.



Figure09 : Epaisseur de la station ONA.

III.2.3.2. La stabilisation

Elle est obtenue par des moyens biologiques, chimiques ou thermiques au niveau des bassins de stabilisation. La stabilisation est souvent obtenue par digestion anaérobie. Lorsqu'elle est mise en œuvre après déshydratation, elle est réalisée par chaulage (ajout de chaux), compostage ou séchage.

Elle permet de diminuer le pouvoir de fermentation des boues, c'est-à-dire soit de dégrader les matières organiques qu'elles contiennent, soit de bloquer leurs réactions biologiques. Cette opération peut aussi assurer une fonction de désinfection partielle, c'est-à-dire l'élimination des agents pathogènes présents dans les boues ce qui limite les nuisances olfactives.



Figure10 : Le bassin de stabilisation de la station ONA.

III.2.3.3. Séchage

Le séchage des boues se fait sur des lits de sable ; c'est une filtration et évaporation naturelles de la boue sur une aire de séchage. La durée de séchage dépend des conditions climatiques.

Il permet une réduction plus importante du volume des boues. Il est effectué sur des boues épaissies, stabilisées ou non, et vise à éliminer d'une façon plus ou moins poussée leur humidité. Ces lits de séchage sont de nombre de 20 lits.

Une fois sèches, ces boues sont généralement utilisées en agriculture (consacrée à la culture et à l'exploitation des bois et des forêts) comme engrais.



Figure 11 : Lits de séchage de la station ONA.

III.3. Matériels et méthodes

III.3.1. Solutions et réactifs utilisés au laboratoire UMMTO :

- § Solution de soude NaOH concentré, DP 98%.
- § $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, DP 99%.
- § $\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, M=666.42.
- § Solution d'acide chlorhydrique HCl, DP 37%.
- § Acide acétique, DP 98-99%.
- § Réactif acide (sulfate d'argent, acide sulfurique pur H_2SO_4)
- § Solution de digestion (bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ acide sulfurique pur H_2SO_4 , HgSO_4)
- § Réactif sulfophénique (phénole, acide sulfurique pur H_2SO_4 d=1.84)
- § Ammoniaque (NH_4OH)
- § Nitrate de potassium KNO_3 en poudre
- § Réactif de diazotation
- § Nitrite de sodium NaNO_2
- § Chitine

III.3.2. Appareillages et Matériels utilisés au laboratoire UMMTO

- § Le PH mètre
- § Le spectrophotomètre (medline scientific limited)
- § Conductimètre
- § Bloc chauffant
- § Moteur mécanique d'agitation (heidolph.RZR2051 control)
- § Le spectrophotomètre
- § La verrerie : Les fioles de : 50,100, 200 ml, Becher, L'entonnoir, dessiccateur, pipettes, micro - pipette.
- § Etuve
- § Four a moufles
- § Viscosimètre
- § Balance analytique

III.4. Méthodes expérimentales

III.4.1. Synthèse de deux types de chitosane

Cette synthèse s'effectue par désacétylation de la chitine en milieu alcalin (Na OH 40%) préalablement préparé.

Dans un ballon tri col, munit d'un réfrigérant placé dans un bain de sable, couverts avec du papier aluminium, introduire 250ml de Na OH, chauffer à 120°C, ajouter 5g de chitine, laisser réagir pendant une heure de temps.

Après la réaction, rincer le chitosane obtenu avec de l'eau de robinet en mesurant le pH de l'eau de rinçage jusqu'à l'obtention d'un pH stable (8,05).

Reproduire la même réaction pendant 3 heures.

Mettre les deux types de chitosane dans l'étuve à 80°C pendant 24 heures.

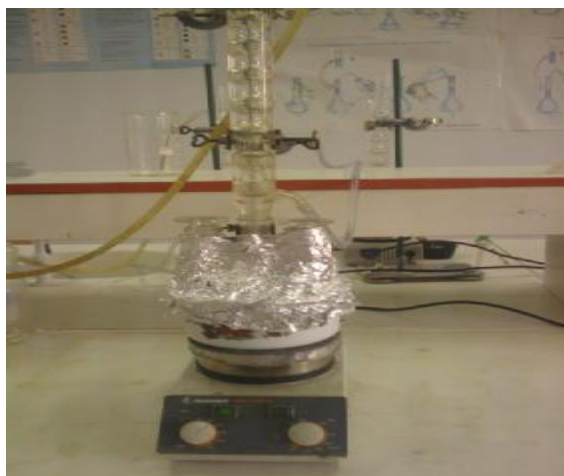


Figure12 : Le montage de la désacétylation de la chitine a 120°C

III.4.2. Test de solubilité des chitines désacétylées

L'une des caractéristiques du chitosane par rapport à la chitine est sa Solubilisation en milieu acide dilué, l'acide le plus fréquemment utilisé est l'acide acétique

Dans notre étude, 1g de chaque type de chitosanes a été solubilisé dans d'acide acétique à 1%.

III.4.3. Détermination du Degré d'acétylation

Le Degré d'acétylation représente le taux de groupement acétylé par rapport au groupement non acétylé [26]. Pour le déterminer, il faut mesurer la conductivité.

Ø La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux Électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Pour déterminer le degré d'acétylation des trois types de chitosane, on a effectué un dosage conductimétrie basique des trois échantillons de chitosane comme suit :

Solubilisation de 150mg de chaque échantillon de chitosane dans 10ml de HCl 0.1N, ajustement du volume de chaque solution à 200ml avec de l'eau distillée, titrage de chaque solution avec une solution de NaOH à 0.1N tout en agitant et mesure de la conductance de chaque solution après chaque ajout de NaOH.

Ø Après le traçage des courbes de la conductance en fonction du volume de NaOH, on tire le V_1 et le V_2 (deux points d'inflexion) pour les introduire dans la relation suivante :

$$DDA = \frac{203.(V_2-V_1).N}{m+42.(V_2-V_1).N} \dots\dots\dots\text{II}$$

N : normalité, m = la masse

III.4.4. Détermination du poids moléculaire

Le poids moléculaire des trois types de chitosanes a été déterminé par la viscosimétrie. Sa détermination nécessite la connaissance des deux paramètres K et A de la relation « Mark Howink » qui dépend du système polymère-solvant à une température donnée.

$$[\eta] = K * M^a \dots\dots\dots\text{III}$$

K : (en dl/g)

A : constante

M: le poids moléculaire moyen du polymère (KDa).

$[\eta]$: viscosité intrinsèque (dl/g) déterminée expérimentalement par viscosimètre capillaire.

Ø La viscosité :

Cette méthode est basée sur la mesure du temps d'écoulement d'un même volume de solvant constitué d'acide acétique à 1% ou de solutions de chitosanes entre les deux côtes à l'aide d'un chronomètre.

La viscosité relative (η_{rel}) est déterminée pour des solutions suffisamment diluées (0.02, 0.04, 0.06, 0.08) par la formule suivante :

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0} \dots\dots\dots\text{IV}$$

L'accroissement relatif de la viscosité, appelé **viscosité spécifique** (η_{sp}) s'écrit comme suit :

$$\eta_{sp} = \frac{t-t_0}{t_0} \dots\dots\dots\text{V}$$

t_0 : temps d'écoulement du solvant (dl/g.).

t: temps d'écoulement de la solution de chitosane diluées.

En divisant la viscosité spécifique par la concentration de la solution de chitosane, on obtient la **viscosité dynamique** :

$$\eta_{\text{dyn}} = \frac{\eta_{\text{sp}}}{C_i} \dots \text{VI}$$

C_i : Concentration de la solution de chitosane (g/dl)

Et pour déterminer la **viscosité inhérente** on utilise la formule suivante :

$$\eta_{\text{inh}} = \frac{\ln \eta_{\text{sp}}}{C_i} \dots \text{VII}$$

La représentation graphique de la viscosité dynamique ou la viscosité inhérente en fonction des concentrations de chitosane donne lieu à une droite dont l'ordonnée à l'origine est égale à la viscosité intrinsèque.

Durant notre travail, les étapes suivantes ont été suivies:

- Ø Dissoudre 100mg de chitosane dans 1 ml d'acide acétique puis gauger à 100 ml avec de l'eau distillée.
- Ø à partir de la solution mère C_0 : 1g/l (ou 0.1g/dl), préparer quatre dilutions : (C_1 : 0,02; C_2 : 0,04; C_3 : 0,06; C_4 : 0,08 (g/dl)) dans de l'acide acétique à 1%.



Figure 13 : Les quatre dilutions du chitosane.

- Ø Verser un volume fixe de chaque solution dans le viscosimètre
- Ø Chronométrer le temps d'écoulement du solvant (CH_3COOH) et de chaque solution fille.

III.4.5. le traitement par coagulation-floculation :

- Dans une série de béchers (04 moteurs d'agitation)
- Introduire 250 ml d'eau usée urbaines dans chaque bécher ;
- Ajuster le pH (pH optimum) à l'aide de la solution HCL ou Na OH
- Agiter à 100t/min pendant 3 min
- Ajouter une dose précise du coagulant à chaque bécher
- Agiter rapidement (240t/min) pendant 30S ;
- Réduire l'agitation à (40t/min)
- Laisser le mélange sous agitation lente pendant 22 min ;
- Arrêter l'agitation et laisser décanter pendant 30 min ;
- prélever l'eau surnageant pour des analyses (DCO, turbidité, MES, MVS, nitrates nitrites).[27]

Dans ce chapitre nous avons présenté tous les résultats obtenus durant notre travail.

IV.1. Détermination du degré de désacétylation de trois types de chitosane

Conductimètre :

La variation de la conductivité permet de tracer les courbes présentées dans la figure 14. Chacune de ces courbes comportent deux points d'inflexion, la différence de volume de NaOH entre ces deux points correspond à la quantité de HCl nécessaire pour protoner les groupements amine de chaque chitosane.

Ces courbes sont initiées par la conductivité initiale correspondante à celle des ions présents dans la solution (H_3O^+ et R-NH_3^+) elles nous permettent de distinguer trois phase :

La phase1 : diminution rapide de la conductivité jusqu'au volume V_1 , elle est due à la neutralisation des ions H_3O^+ provenant de l'acide acétique restant (après solubilisation) par la base forte (formation de molécules d'eau).

Phase2 : un pseudo-équilibre jusqu'au volume V_2 malgré l'ajout de quantités importantes de Na OH. Cette étape correspond au passage de la forme ionique NH_3^+ des chitosanes vers la forme neutre NH_2 .

La phase 3 : augmentation rapide de la conductivité grâce à la présence des ions OH^- provenant du Na OH ajouté.

Les résultats obtenus :

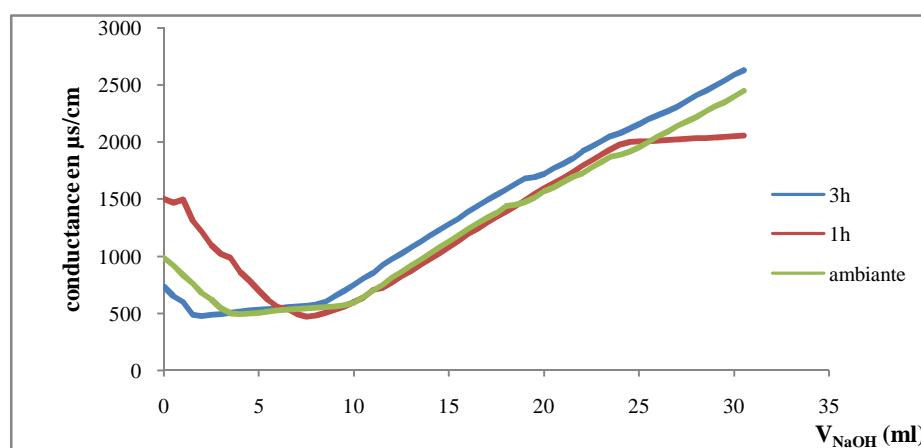


Figure 14: Dosage conductimétrique basique des trois échantillons de la chitine désacétylée :

$$(m_{\text{chitosane}} = 150 \text{ mg} \quad C(\text{HCl}) = 0.1 \quad C(\text{NaOH}) = 0.1\text{N})$$

On appliquant la formule **II**.

On'a obtenus :

DDA pour le chit A (30°C) :88.45%

DDA pour le chit HT (120°C) 3h : 89.87%

DDA pour le chit HT (120°C) 1h : 53.43%

IV.2. Détermination du poids moléculaire :

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un viscosimètre. Le poids moléculaire moyen des polymères préparés dans le cadre de ce travail a été déterminé à partir de l'équation **III**.

Les résultats de la Mesure de La viscosité :

Les résultats de la mesure de la viscosité sont illustrés dans les tableaux et figures suivantes :

Tableau 02 : La viscosité du Chit A :

Les dilutions (mg/l)	Le temps d'écoulement(s)
Solvant (acide acétique 1%)	112
0.02	180
0.04	282
0.06	439
0.08	615

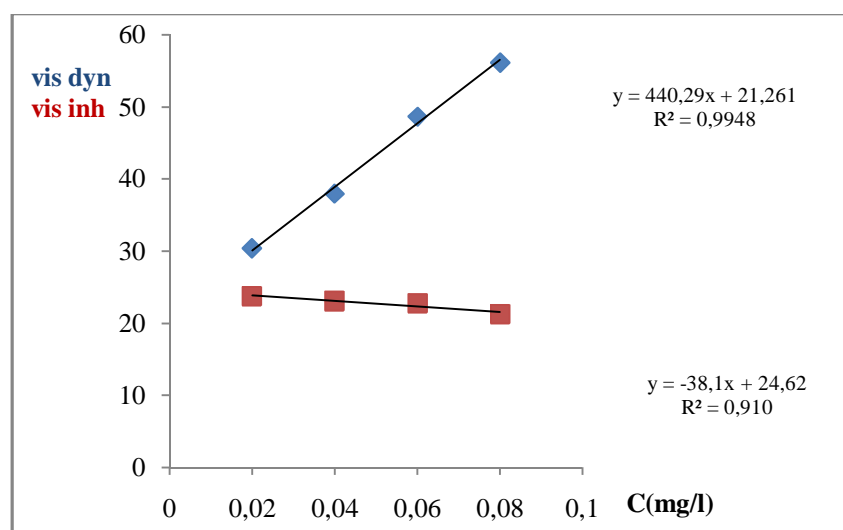
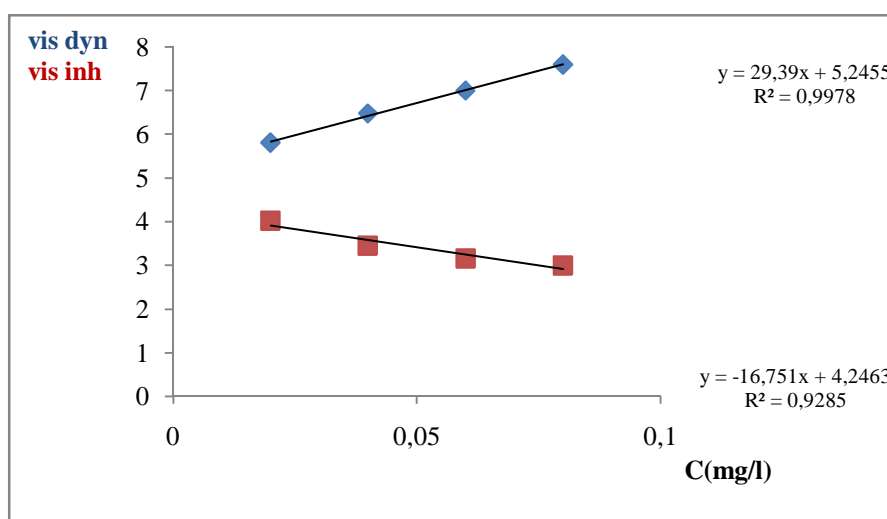


Figure 15: Évolution de la viscosité dynamique et inhérente en fonction de la dose du chito A

Tableau 03 : La viscosité du chit HT 1h.

Les dilutions (mg/l)	Le temps d'écoulement (s)
0.02	125
0.04	141
0.06	159
0.08	180

**Figure16**: Évolution de la viscosité dynamique et inhérente en fonction de la dose du Chit HT 1 h.**Tableau 04** : La viscosité du Chit HT 3h.

Les dilutions (mg/l)	Le temps d'écoulement(s)
Solution mère chit HT (3h)	417
0.02	120
0.04	141
0.06	159
0.08	396

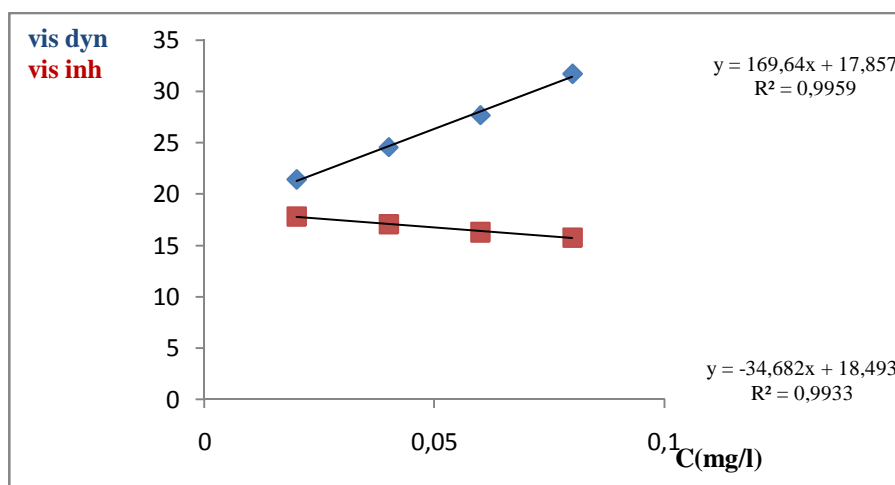


Figure 17: Évolution de la viscosité dynamique et inhérente en fonction de la dose du chit HT 3h.

On appliquant la formule III.

On a obtenus :

PM pour le chit A (30°C) :111.31 KDa

PM pour le chit HT (120°C) 3h : 102.36 KDa

PM pour le chit HT (120°C) 1h : 63.18 KDa

IV.3.La caractérisation de l'échantillon :

La caractérisation de l'échantillon à l'entrée est illustrée dans le tableau (05).

Tableau 05: la caractérisation du l'échantillon a l'entré avant traitement

Paramètres	Valeurs
Température	24°C
Turbidité	0.535 NTU
MES	57.6 mg/l
MVS	4.8 mg/l
Nitrites	25 mg/l
Nitrates	6.83 mg/l
DCO	688.75 mgd'O ₂ /l



Figure 18: l'échantillon d'eau usée avant traitement

IV.4. Optimisation de pH



Figure19: Mesure de pH

Tableau 06 : les résultats d'Optimisation de pH du Chitosane pour une concentration de 0.25mg/l :

pH	4	5	6	7	7.5	8
DCO (mgd'O ₂ /l)	177.5	207.5	165	177.5	207.5	185

La courbe de l'évolution de la DCO en fonction du pH (la figure 20) montre une valeur minimale de DCO à un pH=6.

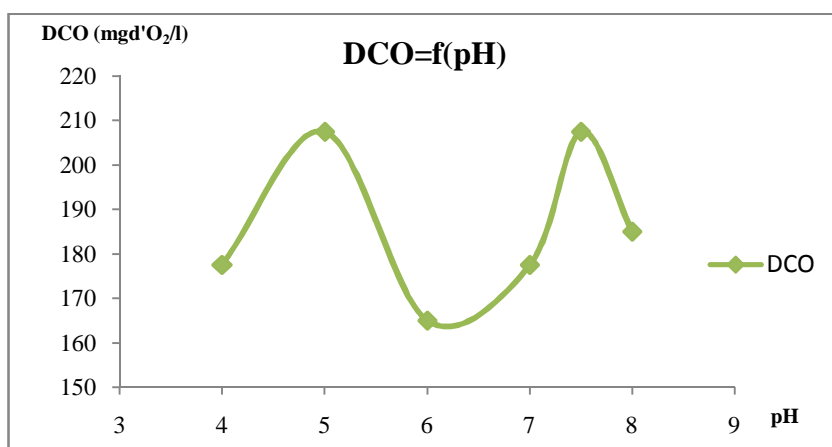


Figure 20 : L'évolution de la DCO en fonction du pH de l'échantillon traité par le Chitosane.

IV.5. Résultats de traitement avec le Chitosane :

IV.5.1.La DCO :

Après traitement par le chitosane a pH optimal (pH=6), les mesures des DCO sont illustrées dans le tableau suivant :

Le tableau 07 : Les DCO obtenus après traitement par chitosane.

C (mg/l)	0	0.02	0.05	0.25	0.5	1.5	2.5
Chit A	688.75	142.5	152.5	87.50	135	110	205
Chit HT 1h	688.75	92.5	352.5	95	115	177.5	190
Chit HT 3h	688.75	185	142.5	152.5	122.5	147.5	175

La variation de la DCO en fonction de la masse de chaque type de chitosane est représentée dans la figure 21. Nous observons une diminution significative de la DCO au cours du traitement de l'effluent jusqu'à la dose optimale de chaque type de chitosane (0.25mg pour Chit A, 0.02 mg pour Chit HT 1h, 0.5mg pour Chit HT 3h), elle augmente ensuite pour une surdose du chitosane.

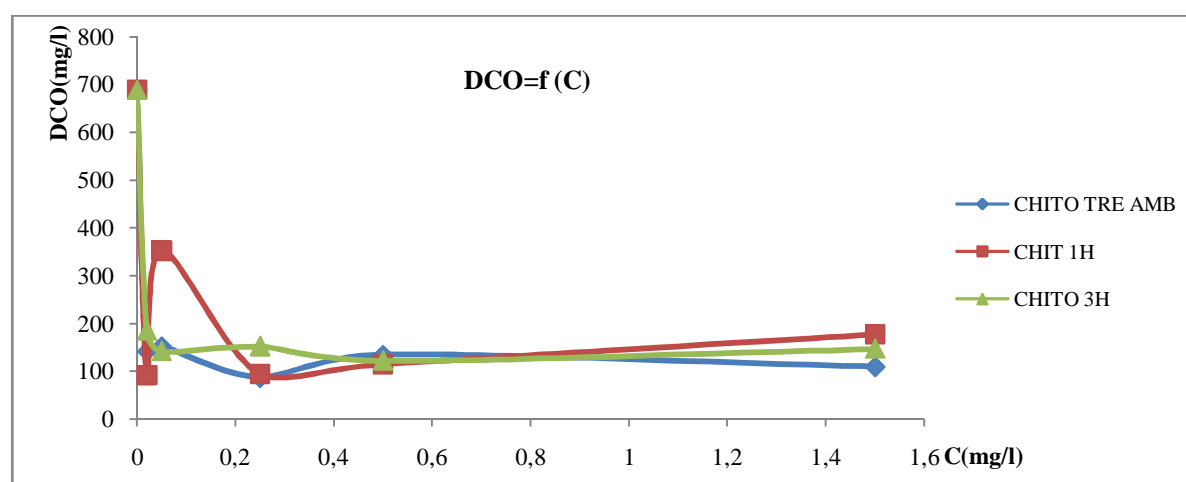


Figure 21: la variation de la DCO en fonction de la masse du chitosane.

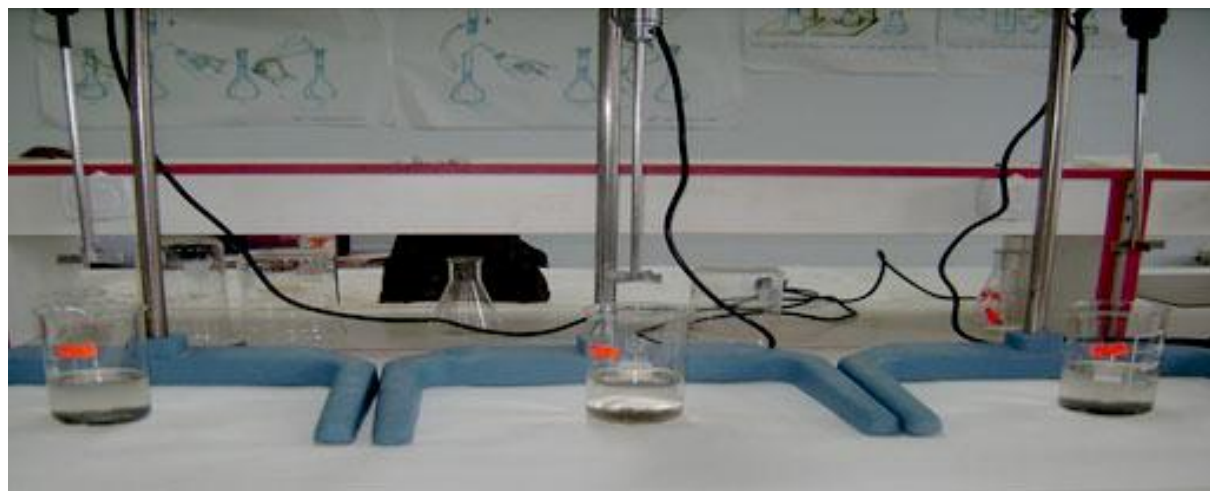


Figure 22 : l'échantillon après traitement par le chitosane

IV.5.2.la turbidité :

Tableau 08: La turbidité après traitement avec les différentes concentrations du chitosane :

C (mg/l)	0	0.02	0.05	0.25	0.5	1.5	2.5
Chit A	0.535	0.124	0.109	0.102	0.066	0.020	0.055
Chit HT 1h	0.535	0.124	0.112	0.119	0.111	0.121	0.103
Chit HT 3h	0.535	0.124	0.111	0.085	0.070	0.038	0.035

L'évolution de la turbidité en fonction de la masse de chaque type de chitosane est représentée dans la figure 23.

Nous observons une diminution significative de la turbidité au cours du traitement de l'effluent jusqu'à la dose optimale pour les deux chitosanes (Chit A et Chit HT 3h) 1.5 mg, Et puis une augmentation légère suite à une surdose du chitosane, tandis qu'une diminution non significative de la turbidité avec le Chit HT1h.

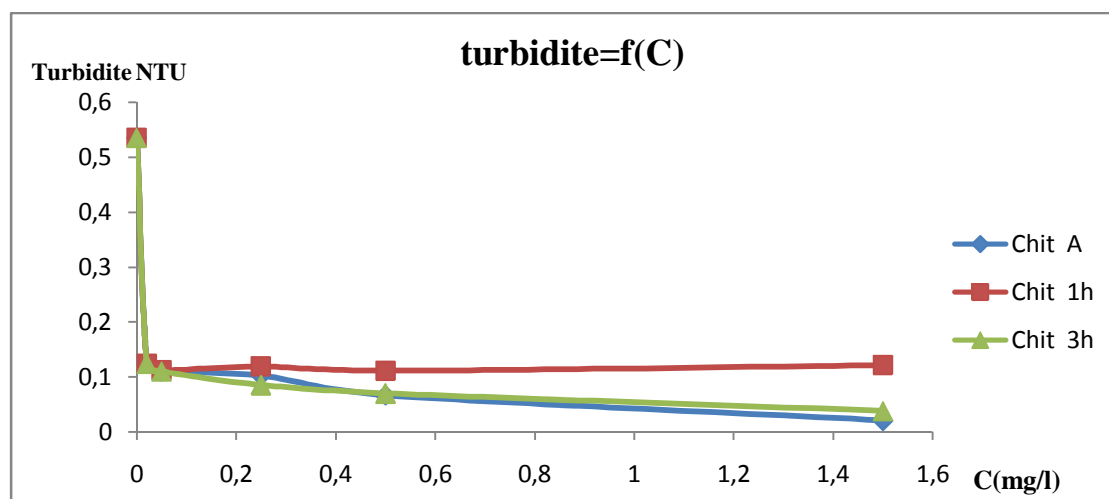


Figure 23: courbes des turbidités des échantillons après traitement en fonction des masses des différents types de chitosane.

IV.5.3. MES, MVS, Nitrates et Nitrites :

Tableau 09: Les MES, MVS, Nitrates et Nitrites après traitement par le chitosane :

C (mg/l)	MES (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	MVS (mg/l)
2.5 de chit 1h	15.2	1.5	56.66	0.2724
1.5 de chit 3h	16.4	2.666	21.66	0.35612
1.5 de de chit A	14	1.8333	23.33	0.3384

Le tableau 09 représente les MES, MVS, nitrites et nitrates des échantillons après traitement par différent types de chitosane par le procédé de coagulation-floculation.

On observe :

- ∅ Diminution des MES de l'échantillon traité par les trois types de Chitosanes.

IV.6. Les résultats obtenus après traitement chimique :

Tableau 10: Optimisation de pH pour FeCl₃ à une concentration de 20 mg/l :

pH	5.5	6	7	8
DCO (mgd'O ₂ /l)	77.5	115	140	92.5
Turbidité (NTU)	0.006	0.018	0.065	0.076

L'évolution de la DCO (a) et de la turbidité (b) en fonction du pH avec une concentration constante de FeCl₃ montre une valeur minimale de DCO et de turbidité à un pH=5.5.

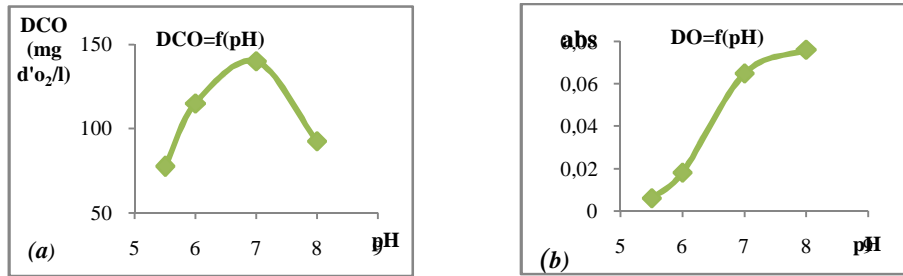


Figure 24 : l'évolution de la DCO(a) et de la turbidité(b) en fonction du pH de l'échantillon traité par le FeCl₃.

Tableau 11: Optimisation de pH pour Al₂SO₄ pour une concentration de 20mg/l :

pH	6	6.5	7
DCO (mgd'O ₂ /l)	117.5	162.5	97.5
Turbidité (Cm ⁻¹)	0.105	0.074	0.060

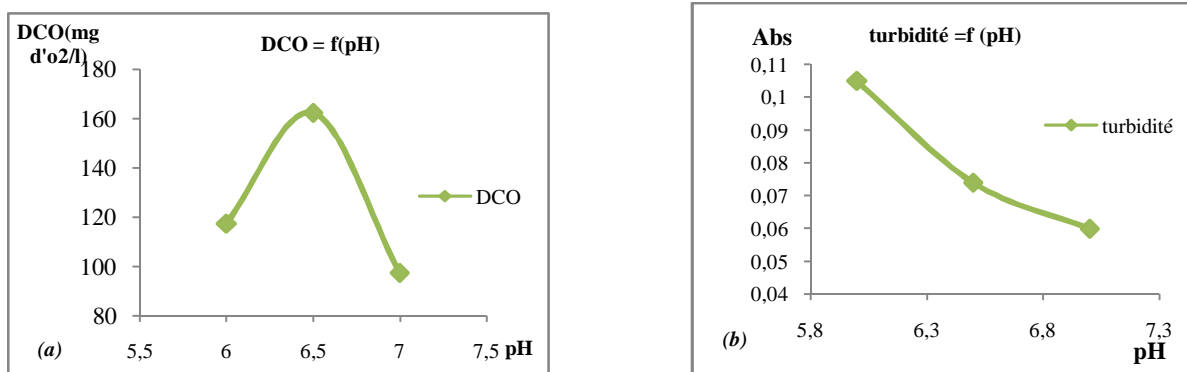


Figure 25: les mesures de la DCO et la turbidité en fonction du pH de l'échantillon traité par Al₂SO₄.

IV.6.1.La DCO:

Tableau 12 : représente les résultats de la DCO après traitement chimique :

Concentration (mg/l)	0	1	10	20	50	80	100	150	200
FeCl₃	688.75	177.5	177.5	160	147.5	147.5	140	185	200
Al₂SO₄	688.75	175	152.5	165	120	165	90	175	157.5

L'évolution de la DCO avec le traitement par FeCl₃ et Al₂SO₄ a donné des allures avec deux fluctuations importantes et puis une augmentation légère en augmentant la concentration.

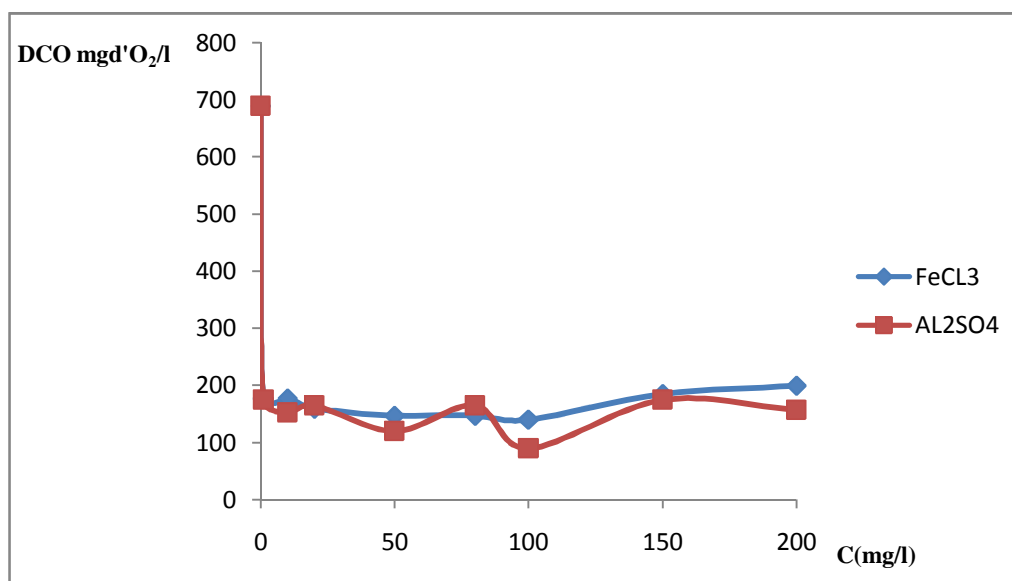


Figure 26: la DCO après traitement chimique.

IV.6.2.la turbidité :

Tableau 13 : La turbidité après traitement avec FeCl₃ et Al₂SO₄

Concentration (mg/l)	0	1	10	20	50	80	100	150	200
FeCl₃	688.75	0.092	0.060	0.044	0.009	0.013	0.016	0.014	0.017
Al₂SO₄	688.75	0.185	0.143	0.055	0.030	0.021	0.015	0.019	0.021

La figure 27 représente l'évolution de la turbidité de l'échantillon en fonction de la concentration des coagulants-floculant chimiques.

Nous observons une diminution significative de la turbidité au cours du traitement de l'effluent jusqu'à la dose optimale de chaque type de coagulant-floculant (50mg/l pour FeCl_3 et 0.015 pour Al_2SO_4) elle augmente ensuite pour une surdose du coagulant.

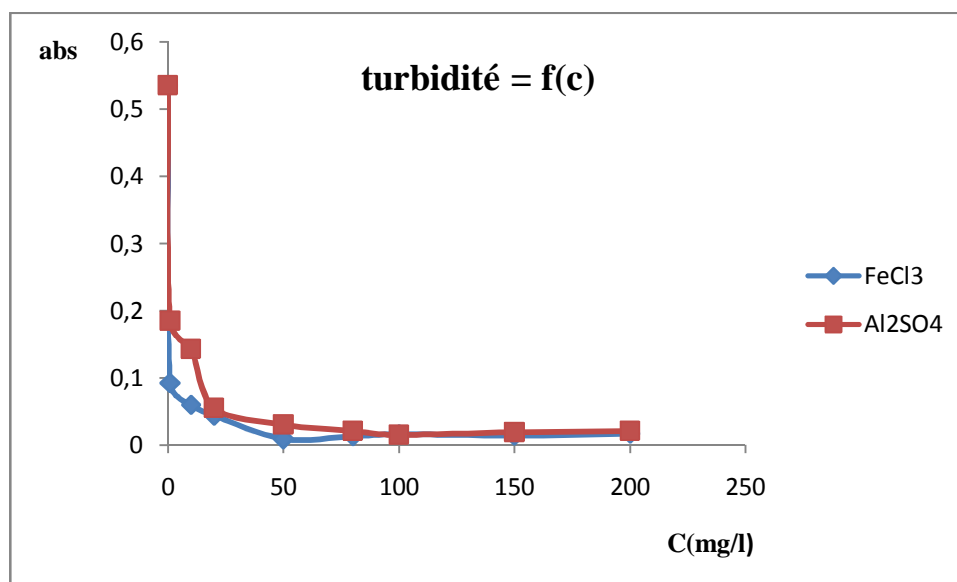


Figure 27: la turbidité après traitement chimique



Figure 28 : L'échantillon après le traitement chimique.

IV.6.3. MES, MVS, Nitrates et Nitrites :

Tableau 14 : Les MES, MVS, Nitrates et Nitrites après traitement par FeCl_3 :

Les concentrations de FeCl_3 en (mg/l)	MES (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	MVS (mg/l)
1	24	1.83	79.16	0.5322
10	15.6	2	77.5	0.5021
20	11.2	3	41.66	0.4896
50	4	2.33	29.16	0.3360
100	6.8	2.51	32.12	0.3528
150	28	2.18	31.56	0.3720

Le tableau 14 représente les MES, MVS, nitrites et nitrates des échantillons après traitement par différentes concentrations de FeCl_3 :

On observe :

- Ø Diminution des MES pour une concentration de 50 mg/l.
- Ø Diminution des nitrates avec augmentation des nitrites

Tableau 15 : Les MES, MVS, Nitrates et Nitrites après traitement par Al_2SO_4 :

Les concentrations d' Al_2SO_4 en (mg/l)	MES (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	MVS (mg/l)
1	27.2	5.83	40.66	0.5412
10	26.8	7.5	37.83	0.5221
20	25.6	7.5	22.83	0.5052
50	18.4	5.83	15	0.3688
100	9.3	6.34	21.72	0.256
150	13.8	5.75	32.25	0.3372

Le tableau 15 représente les MES, MVS, nitrites et nitrates des échantillons après traitement par différentes concentrations de Al_2SO_4 :

On observe :

- Ø Diminution des MES et MVS pour une concentration de 100 mg/l.
- Ø Augmentation des nitrates puis une légère diminution à une concentration de 100mg/l

Les MES après traitement par le FeCl_3 et Al_2SO_4 :

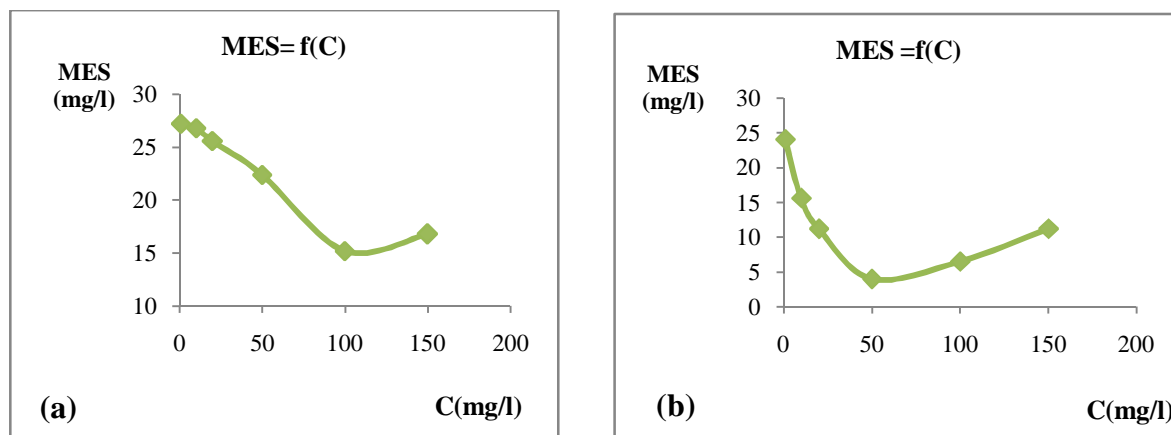


Figure 29 : les MES obtenus après traitement par le Al_2SO_4 (a) et le FeCl_3 (b).

IV.7. Comparaison entre les différents traitements effectués

Les résultats obtenus ont montré l'efficacité du traitement effectué avec les différents coagulants chimiques et naturels.

Comparant les paramètres de la pollution de l'échantillon avant et après le traitement on remarque que l'efficacité est meilleure avec l'utilisation de coagulants chimiques ; ce qui est prouvé par la diminution de la DCO de 688.75 à 90 mg d' O_2 /l et de la turbidité de 0.535 à 0.009 NTU tandis qu'avec l'utilisation du Chitosane la DCO a diminué jusqu'à 110 mg d' O_2 /l et la turbidité jusqu'à 0,020 NTU .

IV.8. Les analyses par le MEB des floccs issu après traitement :

Les figures suivantes représentent les Micrographies MEB des floccs obtenus après le traitement par les coagulants-floculants chimiques et naturels qui ont donné les meilleurs résultats :

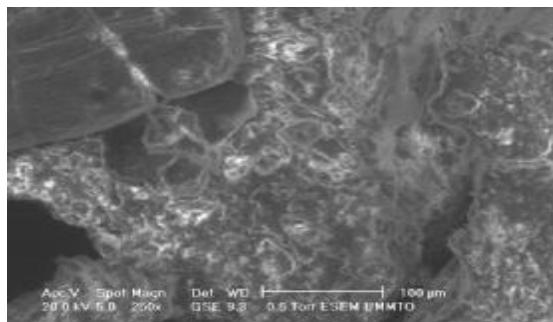


Figure 30 : Micrographie MEB des floccs issus après traitement par le chitA (C=1.5 mg/l)

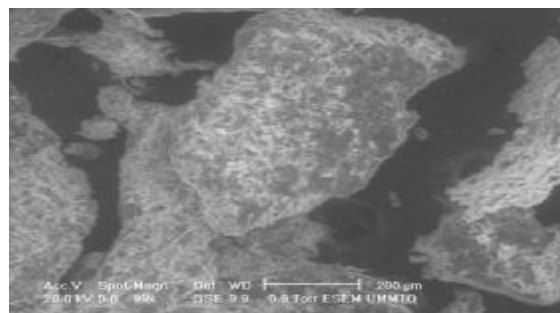


Figure 31: Micrographie MEB des floccs issus après traitement par Chit HT 1h (C=2.5 mg/l)

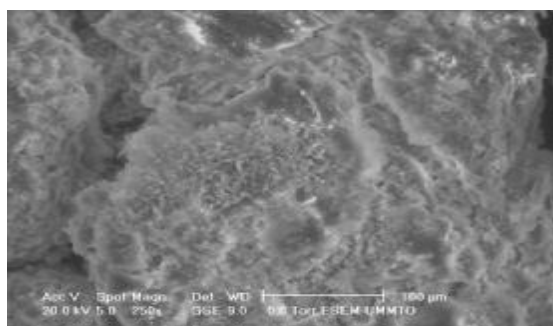


Figure32: Micrographies MEB des floccs issus après traitement par Chit HT 3h (C=1.5 mg/l)

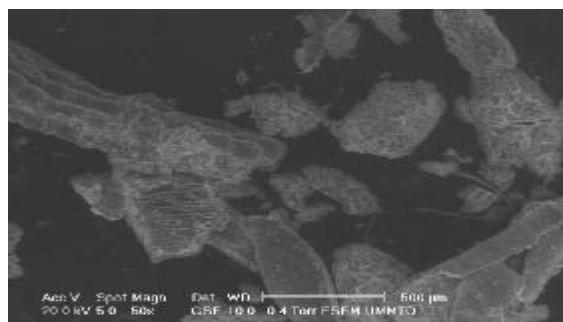


Figure33: Micrographies MEB des floccs issus après traitement par FeCl₃ (C=50 mg/l)

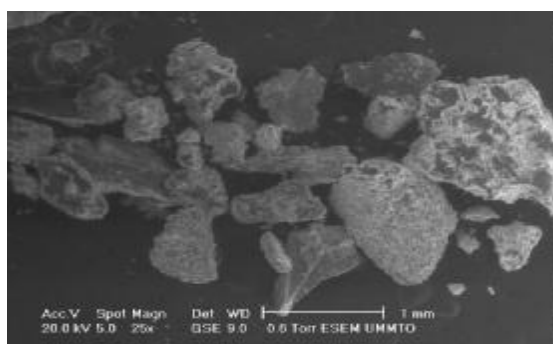


Figure34 : Micrographies MEB des floccs issus après traitement par Al₂SO₄ (C=100mg/l)

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées est un processus indispensable pour arrêter la pollution en aval de l'écoulement pour protéger nos sources hydriques. On effectue l'épuration des eaux usées non seulement pour protéger la santé de la population et éviter les maladies contagieuses, mais aussi pour protéger l'environnement. Aujourd'hui, ce dernier but devient de plus en plus important, les techniques de traitement et les stations d'épuration évoluent constamment. Les traitements usuels (primaires et secondaires) ont été complétés par des traitements qui visent à éliminer le plus possible les substances nocives pour les écosystèmes. Nous avons commencé à contrôler et à protéger aussi bien l'eau que l'on boit que l'eau que l'on rejette. Cependant, les lois en vigueur et les technologies d'épuration doivent encore évoluer pour répondre à l'évolution des styles de vie, car avec de nouveaux polluants arrivent de nouveaux dangers aussi bien pour les écosystèmes aquatiques que pour l'homme.

Dans notre travail on a étudié l'efficacité d'un bio polymère : le Chitosane, pour le traitement d'un échantillon des eaux usées urbaines prélevé de la station d'épuration l'ONA de Tizi-Ouzou par le procédé de coagulation-floculation afin d'éliminer les matières en suspension, et on a effectué un autre traitement par le même procédé mais avec le sulfate d'aluminium Al_2SO_4 et le chlorure ferreux $FeCl_3$. Ensuite, on a comparé les deux traitements pour savoir quel est le plus efficace et le plus respectueux vis-à-vis de l'environnement.

A la fin du travail, on a conclu que les résultats obtenus avec le coagulant naturel (la chitine désacétylée) donnent des résultats proches de ceux obtenus avec les coagulants chimiques car il a diminué la turbidité de 0.535 à 0.020 NTU et la DCO de 688.75 à 110 mg d' O_2/l ce qui encourage son utilisation grâce à sa biodégradabilité qui sera un avantage pour la préservation de notre écosystème.

Perspectives

Nous avons vu que le Chitosane est un bon candidat pour être utilisé dans le traitement des eaux usées urbaines. C'est en effet, une substance naturelle, écologiquement intéressante et relativement de bon marché. C'est un polyélectrolyte linéaire à structure chimique flexible et très réactif à fort potentiel de fixation dû à sa polycationicité et à sa forte densité de charges. Ce biopolymère a fait l'objet de nombreux dépôts de brevets et continue à donner lieu à de nombreuses recherches académiques. A cet effet, il est très intéressant d'étudier aussi bien la fixation des métaux lourds par le Chitosane pour bien évaluer son efficacité afin qu'il soit utilisé au niveau des stations de traitement des eaux usées car ces derniers temps, après analyses des eaux usées issues de ces stations, on retrouve des traces des métaux lourds.

Références bibliographiques

- [1] Sakae Yunot, Shigeo Kakimi, Akihino Ohsaki, Akira Shikaw. **2009**, demenstration of aluminum in amyloid fibers in the cores of senile plaques in the patients with alzheimer's disease, *jornal inorganic biochemistry*, 103, 1579-1584.
- [2] Tardat-Henry. **1984**, Gray et Becker **2002**
- [3] Marie-Noëlle PONS et al, **2008**. Analyse du cycle de vie - Épuration des Eaux usées urbaines, 22, p 2
- [4] Cyril Gomella et Henry Guerrée, **1978**, Traitement les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales T2, 284, p 2
- [5] Jacques SIBONY et Bruno BIGOT. **1993**, Traitement des eaux usées urbaines, p 2
- [6] Bernard CHOCAT et al, **2007**. Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie, 17, p 5.
- [7] Jean-Claude BOEGLIN. **1998**, Traitements biologiques des eaux Résiduaires p 5-17-18.
- [8] Claude CARDOT. **2010**, Génie de l'environnement (les traitements de l'eau pour l'ingénieur) procédé physico-chimique et biologique, 302, p 17- 225- 226.
- [9] Jean-Marc BERLAND. **2014**, Traitement des eaux résiduaires des agglomérations - Filières intensives, 44, p4
- [10] Abdelkader GAID. **1984**, Épuration des eaux usées urbaine T1, 261, 191-239-240.
- [11] Abdelkader GAID, **1984** épuration des eaux usées urbaine T2, 234, p31
- [12] Pierre GILLES. **1999**, Technique à l'Omnium de Traitement et de Valorisation (OTV). , 12, p9.
- [13] Raymond DESJARDINS. **1990**, le traitement des eaux, 304, p27-31-40-47-71.

- [14] D.Wang, W. Sun, Y. Xu, H. Tang and J. Gregory. **2004**, Speciation stability of inorganic polymer flocculant–PACl. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Asp*, 243 (1-3), p 1-10.
- [15] Yves MOTTO. **2000**, Coagulants et flocculants , p 5-8
- [16] Alain VIDONNE. **2009**, Traitement des eaux résiduaires dans les ateliers de traitements de surface, p 9-10
- [17] van de Ven, T. G. M. **1989**, Colloidal hydrodynamics. London: Academic Press
- [18]: Jean-Claude BOEGLIN. **1998**, Traitements biologiques des eaux Résiduaires p5-17-18
- [19] H. GALLARD, U.V. Gunten. **2002**, Chlorination of natural organic matter: kinetics of chlorination and of THM formation, *Water Res.* p 36 -65–74.
- [20] Lakhdari bouazza, **2011**, Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, p20-36.
- [21] Grégorio CRINI, Pierre-Marie BADOT, Nadia MORIN-CRINI, **2009**. Traitement des eaux par du chitosane : intérêts, méthodes et perspectives, p2
- [22] Jaouen, chitine, chitosane et dérivés, ptid thèse en pharmacie, **1994**.université d'Angers, Angers France.
- [23] Roussy *et al.* **2005**, Influence of chitosane characteristics on coagulation and the flocculation of Bentonit suspension *Water research* 39, p3247-3258
- [24] Nathalie JARROUX, **2008**. Les biopolymères : différentes familles, propriétés et applications, 16, p5
- [25] Onsoyen Enskaugrud ,O.j , **1990** *CHEM technol biotechno* p 149-395.
- [26] M.Jahitosan, modiflal-Mehr. **2005**, Advencesin Chitin and chitosan modification through graft copolymerisation,*Iranian polymer journal* 14 (3), p235-265
- [27] Jérôme MICHON, **2006**, Etude de l'oxydation biologique de l'arsenic As(III) par le consortium bactérien CAsO1, 206, p36.

ANNEXE

I. Dosage des nitrates : Méthode au réactif Sulfophénique

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans le visible.

I.1. Réactifs :

⊕ Acide sulfurique (36N).

⊕ Ammoniac.

⊕ Phénol.

I. 2. Préparation du réactif sulfophénique :

Dissoudre 12 grammes de phénol dans 140ml d'acide sulfurique dans un bain marie.

I. 3. Appareillage :

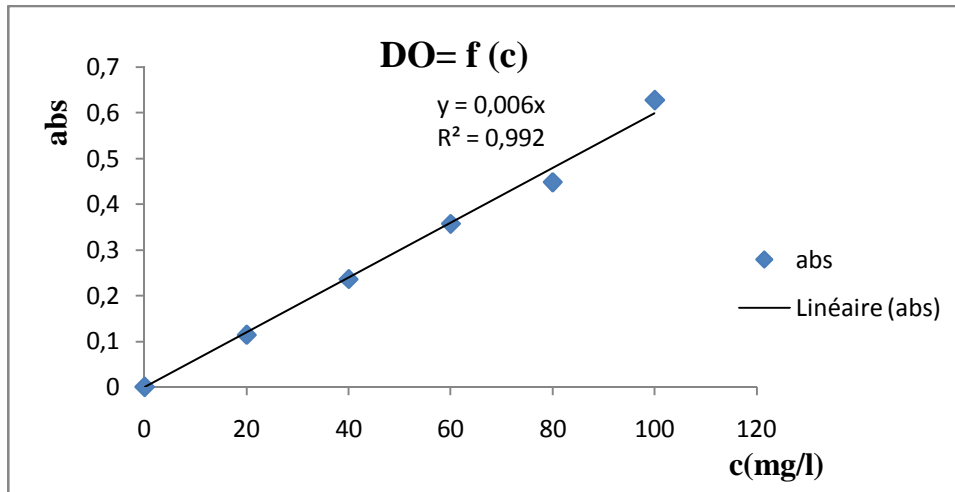
Un photomètre UV visible, pour travailler à 440nm

I. 4. Mode opératoire :

1. faire évaporer à sec 5ml de l'échantillon à analyser.
2. Laisser refroidir et ajouter 2ml du réactif sulfophénique.
3. Attendre 10minutes, puis ajouter 15ml d'eau distillée et 15ml d'ammoniac.
4. Compléter à 50ml avec de l'eau distillée.
5. Effectuer la lecture sur le spectrophotomètre à $\lambda = 440\text{nm}$.
6. La teneur en nitrates de l'échantillon est déduite à partir de la courbe d'étalonnage.

I.5. La courbe d'étalonnage des nitrates

C (mg/l)	0	20	40	60	80	100
abs	0	0.114	0.236	0.357	0.448	0.628



II. Dosage des nitrites : Méthode au réactif de Diazotation

II.1. Réactif de diazotation :

- ✚ Acide orthophosphorique (H_3PO_4).
- ✚ Sulfaniamide ($C_6H_8O_2N_2S$).
- ✚ Dichlorure de N-(1-naphty) éthylène diamine ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2, 2HCl$).

II.2. Préparation du réactif de diazotation :

Ajouter 100ml d'acide orthophosphorique concentré a 800 ml d'eau distillée, et 40g de Sulfaniamide.

Après dilution, ajouter 2g de dichlorure de N-(1-naphty) éthylène diamine
Compléter à 1000ml avec de l'eau distillée.

II.3. Appareillage :

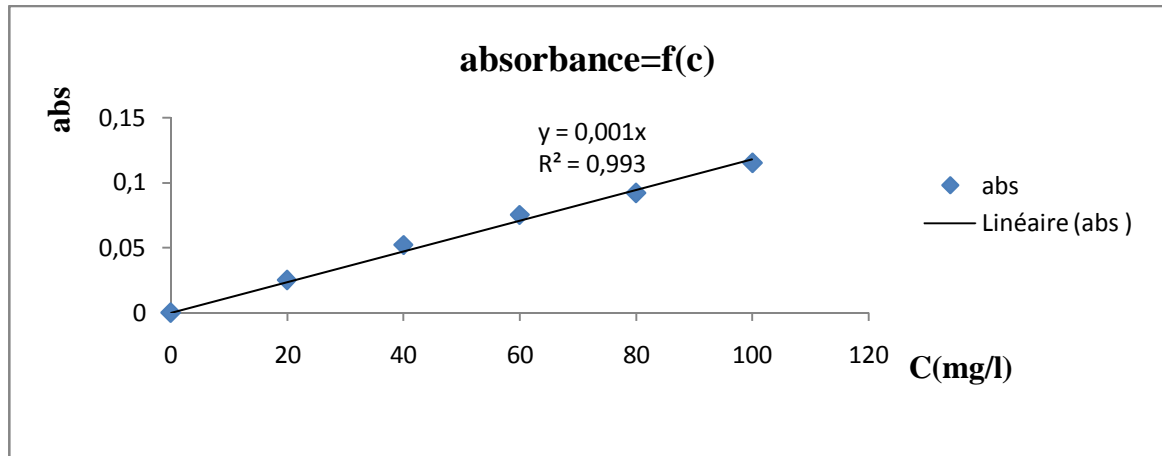
Un photomètre UV visible, pour travailler à 537nm.

II.4. Mode opératoire :

1. introduire 1ml du réactif de diazotation dans 50ml de l'échantillon à analyser.
3. laisser réagir 10 minutes pour le développement de la couleur rose.
4. Effectuer la lecture sur le spectrophotomètre à $\lambda = 537nm$
5. La teneur en nitrites de l'échantillon est déduite à partir de la courbe d'étalonnage.

II.5. La courbe d'étalonnage des nitrites

C (mg/l)	0	20	40	60	80	100
Abs	0	0,025	0,052	0,075	0,092	0,115



III. Dosage de la demande chimique en oxygène DCO :

III.1. Appareillage :

Un spectrophotomètre UV visible à 600 nm.

III.2. Réactif de digestion :

Dissoudre 10.216g de $K_2Cr_2O_7$, préalablement chauffé à $103^\circ C$ pendant 2h, dans 500 ml d'eau distillée.

Ajouter 167 ml de H_2SO_4 concentré + 33.3 $HgSO_4$, dissoudre à température ambiante Et diluer à 1000 ml avec de l'eau distillée.

III.3. Réactif d'acide sulfurique :

Ajouter Ag_2SO_4 à H_2SO_4 concentré avec un taux de 5.5g de Ag_2SO_4 /kg H_2SO_4 .

III.4. Mode opératoire :

1. introduire 1.5 ml de réactif de digestion et 3.5 ml de d'acide sulfurique dans des tubes Spécifiques qui seront bien fermés après le mélange afin d'éviter toute évaporation résultante d'un échauffement dû à une réaction exothermique.
2. laisser les tubes refroidir après homogénéisation.
3. Introduire dans chaque tube 2.5 ml de l'échantillon à analyser
4. Mettre les tubes dans le bloc chauffant préalablement réglé à $148^\circ C$ pendant 120 min.
5. après refroidissement des tubes, Effectuer la lecture sur le spectrophotomètre à 600nm.
6. La DCO de l'échantillon est déduite de la courbe d'étalonnage.

III.5. La courbe d'étalonnage de la DCO

C (mg/l)	0	100	150	200	250	300	350
abs	0	0.035	0.057	0.077	0.095	0.11	0.13

