

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI OUZOU



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

DIPLOME DE MASTER

Spécialité : Chimie

Option : Chimie de l'environnement

Présenté par :

BELKSIR Fadila

et

BELOUCIF Tounsia

THEME:

UTILISATION DES BIOPOLYMERES DANS LE TRAITEMENT
DES EAUX USÉES URBAINES
DE LA STEP EST DE LA VILLE DE TIZI-OUZOU

Soutenu le : 28 novembre 2013

Devant le Jury composé de :

ADOUR	Lydia	Professeur – UMMTO	Rapporteur
SAHMOUNE	Amar	Professeur – UMMTO	Président
MEZIANE	Smail	MCA – UMMTO	Examineur
HAMOUTANE	Salima	Chef de laboratoire STEP, Est de Tizi-Ouzou.	Examinatrice
BENARAB Lilia		Chargée du système management et environnement STEP, Est de Tizi-Ouzou.	Examinatrice



Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes parents qui m'ont soutenu avec leur
encouragement*

*A Ma promotrice pour ces encouragements durant la réalisation de
ce travail.*

A ma sœur Roza, et ces enfants pour son amour et son aide.

A mes chères sœurs et mes frères

A toute ma famille.

*A tous mes amis : Djidji, Ghanou, tassa, zazi, Hakima, sousou ;
Sofiane ; mouh, son oublier Lyla....*

Fadila

Remerciement

Nous tenons à remercier « Dieu » à tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce mémoire.

Ce travail a été mené à l'office national d'assainissement de l'Est de la wilaya de Tizi-Ouzou, à la direction de l'environnement de Tizi-Ouzou, et à l'algérienne des eaux (ADE) de Tizi-Ouzou.

Nous tiens à remercier Monsieur. BICHA. A, directeur de la STEP de l'Est de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté notre demande de la pratique de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre plus haute estime et un grand merci à notre promotrice Mme ADOUR Lydia enseignante à l'Université MOULOUD MAMMERRI de Tizi-Ouzou, qui nous à diriger pondant la long duré de ce mémoire pour son assistance, les encouragements et orientations, qu'elle nous a données.

Nous souhaite exprimer nous plus grande reconnaissance à toutes les personnes qui n'ont accompagné tout au long de ce projet, étape après étape, en silence et avec beaucoup de patience...

Pour leurs conseils et le soutien qu'ils n'ont apporté sans réserve, nous tiens à remercier :

- ✓ *M^{RE} TAHIR pour leur très bonne explication sur terrain.*

- ✓ *Aux membres du laboratoire de l'ONA
(mademoiselle HAMOUTANE, NASSIMA, l'ange de
labo ROZA).*
- ✓ *la stagiaire MADANI Halima.*
- ✓ *Un très grand remerciement particulier à la plus
volontaire, courageuse et la plus dynamique
HASSINA, pour son accompagnement compétent,
son conseil, son aide et surtout pour son sourire que
ne rendre toujours heureuse.*
- ✓ *Aux agents de l'ONA qui nous faire chaque fois les
prélèvements.*

*Ainsi que l'ensemble du personnel de cette station, qui ont
collaboré à ces travaux de ce mémoire.*

*Nous exprimons toute notre gratitude à l'ensemble
du jury, Mme DJABRI. L, Mr MEZIANE. A, Mr
SAHMOUNE. S, Melle HAMOUTAINNE .S et Mme
BENARABA. L, de nous ont fait l'honneur de participer
au jury en acceptant d'examiner ce travail.*

*Sans oublier l'ensemble du département de Chimie.
En particulier tous les étudiants de Chimie de
l'Environnement.*

*Enfin grand merci à toutes nos familles,
particulièrement nos parents pour tout ce qu'ils ont fait
pour nous, nous avons le plaisir de leurs dédier ce
mémoire.*

Merci

Liste des abréviations

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées

MES : Matières En Suspension, concentration exprimée en mg/l

pH : Potentiel d'hydrogène

DCO : Demande Chimique en Oxygène, concentration exprimée en mg d'O₂/l

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant cinq jours, concentration exprimée en mg d'O₂/l

Ω : Conductivité électrique (μS/cm)

IB : L'indice biotique

ONA : Office Nationale d'Assainissement

t pm : Tours par minute

DDA : Degré de Désacétylation

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

K : Le coefficient de biodégradabilité

μS : micro-simense

MO : Matière Organique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

NTU : Nephelometric turbidity units

T_{am} : temperature ambient

URIE : Unité de Recherche en Ingénierie et Environnement

ENP : Ecole Nationale Polytechnique

Liste des figures

- **Figure II.1** : Vue générale de la station d'épuration du pont de Bougie
- **Figure II.2** : Dégrillage (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.3** : Dessaleur (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.4** : Dégraissage (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.5** : Bassin d'aération (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.6** : Clarificateur (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.7** : Observation microscopique (Laure. G, 2005)
- **Figure II.8**: Epaisseur (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.9**: Lits de séchages (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.10**: Extraction des boues (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure II.11**: Les étapes de traitement des eaux usées urbaines de la STEP Est de Tizi-Ouzou (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure III.1** : Représentation générale du chitosane comme copolymère de glucosamine et N-acétylglucosamine
- **Figure III.2** : Fabrication de la chitine et de son dérivé, le chitosane
- **Figure V.1** : Prélèvement des effluents de l'ONA Tizi-Ouzou, pour les essais de coagulation- floculation (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure V.2** : Montage de la coagulation-floculation (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure V.3** : Récapitulation des différents paramètres mesurés (ONA, Tizi-Ouzou, 2013)
- **Figure V.4** : Cinétique de MES en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de flocculant).
- **Figure V.5**: Cinétiques de pH en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de flocculant)
- **Figure V.6**: Cinétiques de la conductivité en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de flocculant)
- **Figure V.7**: Cinétiques de la turbidité en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de flocculant)
- **Figure V.8**: Cinétiques de MES en fonction du temps pour ChitiChimDA11jT23°C à différentes doses et sans ajout de chitosane durant la décantation

-
- **Figure V.9 :** Cinétiques de MES en fonction du temps pour (ChitiChimDA15jT23°C, ChitiChimDA11jT30°C, ChitiBioDA11jT23°C, ChitiBioDA13jT23°C, ChitiBioDA10jT30°C), à différentes doses et sans ajout de chitosane durant la décantation
 - **Figure V.10:** Cinétiques de pH en fonction du temps pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation
 - **Figure V.11:** Cinétiques de la conductivité en fonction du temps, pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation
 - **Figure V.12:** Cinétiques de la turbidité en fonction du temps pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation

Liste des tableaux

- **Tableau IV.1 :** Temps de décantation des différentes particules d'après la loi de STOCKS
- **Tableau V.1 :** Récapitulation des différentes chitines désacétylées
- **Tableau V. 2 :** Les caractéristiques physico-chimiques des eaux avant coagulation-floculation
- **Tableau V.3 :** Normes fixées par l'OMS pour les eaux usées
- **Tableau V.4 :** Les résultats de MES obtenus pour tous les chitines.
- **Tableau V.5 :** Les résultats de pH obtenus pour tous les chitines.
- **Tableau V.6 :** Les résultats de la conductivité obtenus pour tous les chitines.
- **Tableau V.7 :** Les résultats de la turbidité obtenus pour tous les chitines.

Sommaire

Liste des figuresi

Liste des tableaux ii

Liste des abréviations.....iii

Introduction Générale.....1

CHAPITRE I : Pollution de l'eau

I.1. Définition de la pollution de l'eau3

I.1.1. Définition des eaux usées3

I.1.2. Origine des eaux usées urbaines3

I.1.2.1. Eaux usées domestiques4

I.1.3. paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines5

a. La température5

b. Le potentiel d'Hydrogène5

c. La turbidité5

d. Les matières en suspensions5

e. La conductivité électrique6

f. La demande biochimique en oxygène6

g. La demande chimique en oxygène7

h. La biodégradabilité7

i. L'azote8

j. Le phosphore9

k. Les indices biotiques «IB»9

I.1.4. Les paramètres biologiques9

a. Les Virus10

b. Les Bactéries10

c. Protozoaires	11
d. Helminthes	11
e. Les parasites	11
I.1.5. L'impact sur l'environnement et la santé humaine	11

CHAPITRE II : Description de la station d'épuration

II.1 Introduction	12
II.2. Présentation de l'organisme d'accueil	12
II.2.1. Généralités	12
II.2.2. Rôle de l'ONA	12
II.2.3. Situation géographique	13
II.2.4. Topographie du site	13
II.2.5. Fonctionnement de la station d'épuration	14
II.2.5.1. Le pré traitement	14
II.2.5.1.1. Le dégrillage	14
- Le dégrillage grossier	14
- Le dégrillage fin	14
II.2.5.1.2. Le dessablage	15
II.2.5. 3. Le Déshuilage et le dégraissage	16
II.2.5.2. Le traitement biologique	16
II.2.5.3. Le traitement tertiaire	17
II.2.5.4. Le clarificateur	17
II.2.5.5. Traitement des boues	17

CHAPITRE III : Chitine et Chitosane

III.1. Sources de provenance du chitosane	22
---	----

III.2. Structure et propriétés du chitosane	23
III.2.1. Principales propriétés chimiques du chitosane	23
III.2.2. Principales propriétés biologiques du chitosane	23
III.3. Production de la chitine et du chitosane	24
III.4. Applications du chitosane	24

CHAPITRE IV : Coagulation-floculation-décantation

IV.1 Coagulation-Floculation	27
IV.2 .Structure des colloïdes : Théorie du double couche	30
IV.3. Paramètres liés à la coagulation-floculation	31
IV.3.1. Influence du pH	32
IV.3.2. Influence de la dose de coagulant	32
IV.3.3. Influence de la température	32
IV.3.4. Influence de la turbidité	32

CHAPITRE V : Partie expérimentale

V.1. Appareillages, matériels et produits	34
V.1.1. Appareillages et matériels	34
V.1.2. Produits	34
V.2. Méthodes expérimentales et analytiques	35
V.2.1. Origine des effluents étudiés	35
V.2.2. Méthode de prélèvement	36
V.3. Préparation du chitosane en solution	36
V.4. Les conditions de coagulation-floculation-décantation	36
V.5. Analyses physico-chimiques des eaux étudiées	38
V.5.1. Mesure des MES (Matières en suspensions)	38
V.5.2. Mesure de la conductivité	38
V.5.3. Mesure du pH	39

V.5.4. Mesure de la turbidité	39
V.6. Résultats et discussion	40
V.6.1. Analyses physico-chimiques des effluents avant ajout de chitosane	41
V.6.2. Suivi de la décantation naturelle des eaux usées traitées biologiquement (sans ajout de chitosanes)	42
V.6.3. Suivi de la décantation des eaux usées traitées biologiquement après ajout de chitosanes	55
V.6.3.1. Cinétiques de MES en fonction du temps	55
V.6.3.2. Cinétiques du pH en fonction du temps	60
V.6.3.3. Cinétiques de la conductivité en fonction du temps	65
V.6.3.4. Cinétiques de la turbidité en fonction du temps	70
CONCLUSION GENERALE	75
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Introduction générale

Introduction

Dans tout l'univers, l'eau est une molécule que l'homme recherche avidement, car sa découverte à la surface ou dans l'atmosphère d'une planète lointaine libérerait aussitôt les rêves les plus fous de l'humanité. Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation; elle l'est également pour ses activités agricoles, économiques et la quantité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée défendue et traitée comme tel.

Les eaux usées qu'elles soient domestiques ou industrielles sont collectés par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans un milieu naturel. En station, les traitements varient en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur.

Parmi toutes les solutions de traitement des eaux envisageables, il en existe une qui fait intervenir les avantages naturels que nous offrent la nature, par l'intermédiaire des microorganismes constituant le système écologique. Il s'agit du procédé permettant le développement et le contrôle de ces microorganismes, dont le principal travail est l'élimination de la matière organique.

L'épuration des eaux usées urbaines s'inscrit dans une démarche de protection de notre environnement et de préservation de nos ressources en eau. Elle est concrètement mise en œuvre par les collectivités locales, selon une réglementation abondante et en fonction de critères tenant compte du milieu naturel local.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée et les boues. Mais cette dernière prend un temps suffisamment large.

L'objectif de ce travail consiste à améliorer les conditions de décantation des eaux usées urbaines après traitement biologique. L'utilisation du chitosane est une des solutions envisagées dans cette étude. Différents chitosanes, d'origine biologique provenant des carapaces de crevettes, ont été testés. Ces polysaccharides ont été préparés au laboratoire de

l'URIE (Unité de Recherche en Ingénierie et Environnement), ENP (Ecole Nationale Polytechnique) à partir des chitines purifiées par voie chimique et par voie biologique puis désacétylées à différentes températures choisies proches de l'ambient et à différents temps de désacétylation dans un milieu basique. Les deux modes de purification ont fait l'objet des travaux de **KADOUCHE. S, (2013)** et **ARBIA. W, (2013)**, respectivement.

Le procédé adopté est la coagulation-floculation car il traite les matières en suspension difficilement décantables. Pour les eaux usées de la station Est de Tizi-Ouzou, fortement chargées en MES et légèrement basiques, plusieurs doses de chaque biofloculant ont été utilisées pour étudier l'influence de ce facteur dans l'efficacité du processus de coagulation-floculation. Deux critères ont été posés pour le choix de petites doses : sans production d'une acidification des eaux et réduction de la quantité de boues formées durant la décantation. Pour cela, 04 paramètres ont été mesurés : MES ; pH, conductivité et turbidité à différents temps.

La comparaison des résultats obtenus avec les chitosanes a aussi été réalisée avec ceux obtenus sans ajout de chitosane (c'est la décantation naturelle).

Ce mémoire est structuré en deux parties. La première comporte une recherche bibliographique assez générale sur :

- 1- les eaux et leur pollution (**Chapitre I**).
- 2- la description assez brève de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou avec les différents stades de traitement des eaux usées (**Chapitre II**).
- 3- le chitosane utilisé comme biofloculant pour le traitement des eaux polluées (**Chapitre III**).
- 4- le principe de la coagulation-floculation (**Chapitre IV**).

Les méthodes expérimentales et analytiques ainsi que les résultats obtenus et leur discussion sont regroupés dans la deuxième partie (**Chapitre V**).

Le mémoire se termine par une conclusion et quelques perspectives dans le futur.

Chapitre I: Pollution de l'eau

La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs est due essentiellement au rejet des eaux usées sans traitement ou avec un niveau de traitement insuffisant, aux activités humaines (agriculture) ainsi qu'aux phénomènes naturels (dissolution des roches et des pierres). Elle a des effets multiples qui touchent, aussi bien, la santé publique que les organismes aquatiques ainsi que la flore et la faune terrestre. En général, la pollution provoque une dégradation de l'écosystème.

I.1. Définition de la pollution de l'eau :

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques les rendant impropre à l'utilisation normale et à la consommation (**DUGNIOLLE, 1980 ; GLANIC et BENNETTON, 1989**).

I.1.1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent, également, les eaux de pluies et leur charge polluante. Elles engendrent, au milieu récepteur, toutes sortes de pollution et de nuisance (**DUGNIOLLE, 1980 ; GLANIC et BENNETTON, 1989**).

I.1.2 Origine des eaux usées urbaines :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects. En fonction du milieu dégradé, la pollution sera qualifiée d'atmosphérique, d'aquatique ou de souterraine. Selon les substances introduites dans les milieux récepteurs, on distinguera deux origines de pollution majeures : l'industrielle ou l'agricole (**ANTOINE. G, 2007**).

Il existe cinq sources principales de pollution contre lesquels des moyens de lutte doivent être mis en œuvre :

- la pollution traditionnelle ; des eaux usées domestiques et des eaux pluviales.
- la pollution des industries implantées dans les localités.
- les matières de vidange
- la pollution agricole (**ANTOINE. G, 2007**).

I.1.2.1 Eaux usées domestiques : Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales) dans le système dit « Tout -à- l'égout » (**BAUMONT *et al*, 2004**).

Ces eaux domestiques contiennent des matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates,...etc), et des matières organiques constituées de composés ternaires tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres éléments tels que soufre, phosphore, fer,... etc) (**VAILLANT, 1974**).

I.1.2.2 Les eaux usées pluviales : Normalement les eaux pluviales ne sont pas forcément polluées. Elles ne sont pas considérées comme des eaux usées que si elles sont mélangées avec des effluents urbains au niveau des égouts de types unitaires. Elles sont de même nature que les rejets domestiques et peuvent contenir des éléments toxiques (**HAMDANI, 2002**).

I.1.2.3 Eaux usées industrielles : L'industrie a toujours eu une part prépondérante dans la pollution des rivières, des plans d'eau et de la mer, malgré les efforts entrepris pour réduire les volumes de pollution rejetés provenant des usines. Ces eaux sont caractérisées par une grande diversité de composition, suivant son utilisation, elles contiennent des matières organiques et des graisses (en industrie agro-alimentaire), des hydrocarbures (en raffinerie), des métaux (en métallurgie), des acides, des bases et des produits chimiques divers (en industries chimiques, en tannerie), des eaux chaudes (dans le circuit de refroidissement des centrales thermiques) (**GAUJOUS, 1995**).

I.1.2.4 Les matières de vidange : Dans toutes les communes, il existe des habitations non raccordées ou non raccordables à l'égout public. Ces matières de vidange sont un concentré de pollution, leurs rejets inconsidéré (irréfléchi) dans le milieu naturel rendent inutiles tous les efforts consentis en amont pour éviter la pollution par les effluents domestiques, et accroître les risques sanitaires de pollution des eaux et les nuisances.

I.1.2.5 Pollution agricole : 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 ou en quantité, tels qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le

sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphorées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (METAHRI, 2012).

I.1.3 Les paramètres physico-chimiques :

a. La température : La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques induisant ainsi une forte perturbation du milieu. La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) (GAUJOUS, 1995).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc (RODIER et al, 1996).

b. Le potentiel d'hydrogène (pH) : Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (GOMELLA et GUEREE, 1978). Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique. La mesure électrique, quoique délicate, peut seule donner une valeur exacte, car elle est indépendante du potentiel d'oxydoréduction, de la couleur du milieu, ou de la turbidité et des matières colloïdales (RODIER et al, 1996).

c. La turbidité : Elle représente la diminution de la transparence de l'eau. La présence de MES et de colorant diminue la transparence des eaux. L'énergie lumineuse disponible pour la photosynthèse peut se trouver ainsi considérablement réduite avec pour conséquences des modifications qualitatives et quantitatives importantes des peuplements végétaux (LEYNAUD et PESSON, 1980).

d. Les matières en suspension (MES) : Elles représentent la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau (GOMELLA et GUERREE, 1978). Les MES sont responsables d'ensablement et de baisse de pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton. Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La

plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent, également, à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (**FABY. J.A, BRISSAUD. F, 1997**).

e. La conductivité électrique (CE) : Elle donne l'état de minéralisation (ou de salinité) d'une eau sans donner d'indication sur la nature des éléments présents (**BEN ABDERRAHMANE et BELIAHMER, 1989**). La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau. L'unité de mesure de la conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, la conductivité est une caractéristique électrique de l'eau (mesurée par une sonde) qui traduit l'aptitude à laisser passer un courant (**RODIER, 1978**).

f. L'odeur : L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (**Ronald V**). Les effluents peuvent dégager des odeurs désagréables qui empestent l'air ambiant et donc polluent l'atmosphère. Les eaux usées domestiques fraîches produisent une odeur de moisi assez désagréable. La présence d'autres odeurs dénote un apport d'origine industrielle. L'odeur peut être, aussi, un signe de pollution organique provenant des produits toxiques chimiques d'organismes aquatiques.

g. La demande biochimique en oxygène (DBO_5) :

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux (**BONTOUX, 1993**). Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5 .

BERNE et CORDONNIER (1991) définissent la DBO_5 comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée.

La DBO₅ est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux : dans les eaux pures elle est inférieure à 1 mg d'(O₂)/l, et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre (**GOMELLA et GUERREE, 1978**).

h. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (**GROSCLAUDE, 1999**). Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

i. Les matières oxydables (MO) :

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau, il se définit à partir de la DBO₅ et de la DCO selon la formule suivante (**BADIA-GONDARD, 2003**) :

$$MO = (2 \times DBO_5 + DCO) / 3$$

j. La biodégradabilité : La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité exprimée par un coefficient K, tel que :

$$K = DCO / DBO_5$$

- ✓ Si $K < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- ✓ Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- ✓ Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables ;

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures,...etc.

k. L'azote : Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄. La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant (**GROSCLAUDE, 1999**).

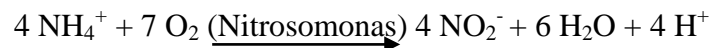
Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (**GAUJOUS, 1995**).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**). En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène (**GAUJOUS, 1995**).

✓ Nitrites (NO₂⁻) :

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitritation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

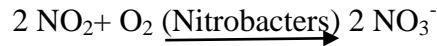


Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie (**SEVRIN-REYSSAC et al, 1995**).

✓ Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Cette réaction appelée nitratisation s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène (SEVRIN-REYSSAC et al, 1995).



Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates.

l. Le phosphore : Les eaux usées contiennent en effet du phosphore sous forme de phosphates (forme minérale). Le phosphore est conservatif, c'est-à-dire qu'il passe successivement de l'état minéral à l'état organique et vice versa sans perte gazeuse, selon le pH du milieu, la quantité d'oxygène disponible et l'activité des êtres vivants. Cela signifie qu'il reste dans le milieu (sol, eau) accumulé par les plantes (SANDRINE. C, 2008).

✓ **Le phénomène d'eutrophisation :**

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les polyphosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux (BONTOUX, 1993).

m. L'indice biotique «IB» : L'analyse biologique d'une eau consiste dans l'appréciation de sa composition et de sa pureté chimique en se basant sur l'étude de flore et de faune. Cette méthode est basée sur le fait que les associations floristiques et faunistiques demeurent en étroite relation avec les caractères physiques et chimiques du milieu aquatique et permettent d'apprécier à tout moment son degré de pureté et de contamination (TUFFERY et VERNEAUX, 1967).

I.1.4 Les paramètres biologiques :

Les eaux résiduaires urbaines contiennent de nombreux germes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel (OLIVIER et CHRISTELLE, 2004).

- a. **Les virus** : Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante, se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau (**BELOKDA, 2009**).
- b. **Les bactéries** : Les bactéries sont des organismes unicellulaires dont les dimensions sont de l'ordre du micromètre ; on doit donc utiliser un microscope pour les observer. Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale (**TARMOULE, DRCICHE et SADI, 2007**).
- **Escherichia Coli** : C'est une bactérie peut ou pas pathogène, hôte normale des animaux à sang chaud et même froid (thérotolérants), c'est des indicateurs de contamination fécale, leur présence est considérée comme l'indication d'une grande probabilité de trouver des germes très pathogènes, donc dangereux pour l'homme.
 - **Les salmonelles** : Ce sont des micro-organismes pathogènes, issus de matière fécale d'individus déjà contaminés (être humain ou animal). La pathogénicité peut s'exprimer sous forme de fièvre typhoïde, soit de toxique infection (contagion) alimentaire.
- c. **1. Les coliformes totaux et fécaux** : c'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la classe des Entérobactériaceae. Ce sont des bacilles à gram négatif, asporogènes, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier et de fermenter le lactose et produisent de gaz, d'acide et d'aldéhyde (**GUEDIRA, 2001**). On les considère comme bons indicateurs de contamination fécale, ils se cultivent à 44°C.
- d. **2. Les streptocoques fécaux** : Ces bactéries appartiennent à la famille des streptococcaceae, sont des cocci généralement disposées en diplocoques ou en courte chaîne, à gram négatif, asporulantes, immobiles, aérobies facultatifs et possédant un métabolisme fermentatif. Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes (**PAPADAKIS, 1982**).

c. Protozoaires : ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne (BOUHOUM et al, 1997).

d. Helminthes : les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée (LAMGHARI et ASSOBBHEI, 2005).

e. Les parasites : Les parasites tels que les formes enkystées des amibes, des œufs de ténia sont très rarement recherchés.

I.1.5 L'impact sur l'environnement et la santé humain :

Le rejet d'eaux usées non traitées dans le milieu naturel peut provoquer différents phénomènes qui perturbent l'équilibre du milieu :

La présence de micro-organismes pathogènes dans le milieu aquatique peut avoir un impact sur la santé publique par un contact direct avec les eaux polluées. La pollution microbienne de l'environnement aquatique peut affecter les voies gastro-intestinales ou toute autre partie du corps. En ce qui concerne la première catégorie, toutes les maladies sont induites par voie fécale ou orale et dont les agents étiologiques sont répandus dans les déchets d'individus malades ou de porteurs qui peuvent être contaminés en nageant dans des eaux polluées.

Les microorganismes véhiculés par les eaux usées sont susceptibles de porter atteinte à la salubrité de certains usages ou activités sensibles à la contamination microbiologique installés dans le milieu récepteur en aval du rejet. Il s'agit essentiellement de :

- la conchyliculture en milieu estuarien ou marin ;
- la baignade en mer ou en eau douce ;
- les prises d'eau destinées à l'alimentation ;
- les pompages pour irrigation ;
- les piscicultures (2-4 juin 2009 pam/pnue, (2009)).

Chapitre II:

Description de la station

II.1 Introduction :

L'épuration des eaux usées urbaines s'inscrit dans une démarche de protection de notre environnement et de préservation de nos ressources en eau. Elle est concrètement mise en œuvre par les collectivités locales, selon une réglementation abondante et en fonction de critères tenant compte du milieu naturel local.

II.2 Présentation de l'organisme d'accueil :

II.2.1 Généralités :

Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau, l'Office National de l'Assainissement « ONA » est un établissement public national, à caractère industriel et commercial, créé par décret exécutif n°01-102 du 21 avril 2001.

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en marche en Août 2001. L'ONA s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004, où elle est certifiée pour la première fois en 2007 et à chaque fin de l'année et ce pendant 03ans, il y aura un suivi par cette société.

Cette démarche volontaire a été couronnée par une certification du siège de la zone d'Alger, du laboratoire central, du système d'assainissement Est de la ville de TIZI OUZOU et du système d'assainissement de CHENOUA wilaya de TIPAZA.

Cette distinction demeure la première à l'échelle nationale et africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement.

L'étude du projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou, en collaboration avec la société française DEGREMONT.

II.2.2 Le rôle de l'ONA :

Elle est chargée de l'exploitation et de la maintenance des ouvrages et infrastructures d'assainissement. L'ONA assure :

- ✓ La protection et la sauvegarde des ressources et de l'environnement hydrique.
- ✓ La lutte contre les sources de pollution hydrique.
- ✓ La préservation de la santé publique.

L'ONA assure, également, pour le compte de l'état, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation, de réhabilitation, de diagnostics de station d'épuration, de réseaux d'assainissement ainsi que des stations de relevage.

Elle a pour but l'épuration des effluents de la partie EST de la ville de Tizi-Ouzou, pour laquelle la pollution soit limitée à un degré plus bas, selon le procédé « boues activées », pour un volume journalier théorique de 18000 m³/jour, et une capacité de 120000 habitants.

Les effluents arrivent à la station par un réseau unitaire et voie gravitaire. Les eaux usées à traiter sont, exclusivement, domestiques.

II.2.3 La situation géographique :

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est implantée sur la berge de l'oued Sebaou à l'endroit du pont de bougie situé à 3 Km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou.

II.2.4 La topographie du site :

Elle est située sur la rive gauche d'Oued Sebaou à 200 m en amont du Pont de Bougie sur le chemin de Wilaya n° 124 reliant Tizi-Ouzou à Bejaia. La STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain. D'une superficie de 35591 m² dont 14714 m² bâtis (**Figure II.1**). (**ISO 14001 Manuel environnemental 2001**)



Figure II.1 : Vue générale de la station d'épuration du pont de Bougie

II.2.5 Fonctionnement d'une station d'épuration :

Une station d'épuration rassemble une succession de procédés qui permettent, d'épurer l'eau.

II.2.5.1 Le prétraitement : il comprend le dégrillage (élimination des déchets volumineux), le dessablage (extraction du sable), le déshuilage (débarrasse l'eau de ses corps gras).

II.2.5.1.1 Le dégrillage : Les eaux usées domestiques sont acheminées jusqu'à la station d'épuration par des réseaux d'assainissement. Elles passent, alors, à travers des grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Il existe deux types de dégrillage :

- **Le dégrillage grossier :** Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille *Figure II.2* dont les barreaux, plus ou moins espacés (50 à 100 mm), éliminent les plus gros déchets.

- **Le dégrillage fin :** il consiste à éliminer les déchets de petites tailles (Les ordures ménagers, des plastiques,...) au travers d'une grille de plus faible espacement (25 mm). Il existe deux dégrilleurs : l'un est automatique qui travaille 24h/24h et l'autre manuel qui est utilisé en cas de panne.

Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures.



Figure II.2 : Dégrilleur (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

II.2.5.1.2 Le dessablage :

Réalisé par décantation, le dessablage vise à éliminer les sables et les graviers. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leurs dépôts au fond de l'ouvrage. Ces particules sont, ensuite, aspirées par une pompe.

Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être évacués en décharge. Ils vont être éliminés à l'extérieur à l'aide d'une pompe qui s'appelle : vis à sable *Figure II.3*.



Figure II.3 : Dessaleur (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

II.2.5.1.3 le dégraissage :

Cette opération (*Figure II.4*) consiste à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces dernières étant des produits de densités légèrement inférieures à l'eau.

C'est généralement le principe qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Il est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface. Leur éliminations se fait ensuite par recalage de la surface. Leur élimination est essentielle également pour limiter les difficultés de décantation ou les perturbations des échanges gazeux.



Figure II.4 : Dégraissage (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

II.2.5.2. Le traitement biologique

Ce traitement fait, le plus souvent, de manière « biologique », mais une voie « physico-chimique » peut le 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. Dans la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, le traitement secondaire est effectué uniquement d'une manière biologique (*Figure II.5*). Il comprend l'oxygénation et la décantation secondaire (qui permet d'extraire la boue produite).

Les eaux, ayant subies le prétraitement, se dirigent vers un bassin qui s'appelle « bassin d'aération » où se réalisent une aération et un brassage. On injecte, grâce aux pompes placées au centre du bassin, de l'air dans le but de répondre aux besoins des bactéries et des micro-organismes épurateurs en oxygène et aussi homogénéiser le mélange constitué de floccs bactériens et d'eau usée (dit liqueur mixte) afin d'éviter les dépôts.

Le traitement biologique est la partie essentielle lorsqu'il s'agit d'éliminer la matière organique présente dans les eaux domestiques.

La quantité d'oxygène qu'il faut fournir dépendra de la concentration des boues, c'est-à-dire, plus la concentration des boues est élevée plus il faudra fournir une grande quantité d'oxygène et vis-versa. L'opération se fait par réglage des pompes.



Figure II.5 : Bassin d'aération (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

II.2.5.3 Le traitement tertiaire (opération complémentaire) :

Parmi ces traitements supplémentaires, la désinfection permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes. La déphosphatation, quant à elle, permet de précipiter les phosphates en excès dans l'eau. Finalement, une filtration sur un lit de sable et de charbon de bois activé qui permettent d'éliminer divers contaminants chimiques.

La STEP Est de Tizi-Ouzou ne dispose pas de ce traitement.

II.2.5.4 Le clarificateur :

La clarification des eaux se réalise dans des bassins spéciaux, appelés « clarificateurs ». Leur principe est d'accumuler les fonctions de séparation floccs/eau traitée (épurée) (**Figure II.6**). Ces floccs sont des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation de la matière organique. Ces derniers se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées. L'eau épurée subit, alors, des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel.



Figure II.6 : Clarificateur (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

II.2.5.5 Traitement des boues :

❖ **Composition de la boue activée :** La boue activée est constituée par le floc, lui-même étant constitué de bactéries agglomérées. Viennent ensuite se développer sur et à proximité de ces floccs une faune des bactéries à raison de 6,6 milliards/ml de boue activée. Elles

représentent la biomasse la plus abondante par le nombre. On y trouve des germes de l'environnement et pour l'essentiel des bacilles Gram-, aérobies et mobiles.

Les principaux genres sont :

« *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Flavobacter*, *Achromobacter* et *Alcaligenes* ».

- protozoaires à raison de 50 000/ml de boue activée. Ils se partagent en différentes classes comme les zooflagellés (*Bodo...*), les holotriches (*Litonotus...*), les hypotriches (*Aspidisca...*) et les péritriches (vorticelles...).

- métazoaires comme les rotifères et les nématodes (LAURE. G, 2005).

-Les boues activées sont constituées de micro-organismes (essentiellement des bactéries mais également des métazoaires, des champignons et des algues), de particules inorganiques (silicates, phosphates de calcium, oxydes de fer), de cations multivalents ainsi que de polymères exocellulaires de masse moléculaire élevée (ANTHONY. M, 2004).

Une observation microscopique est effectuée pour notre échantillon au niveau de la STEP, les bactéries observées sont : *Spirostomum* qui est un indicateur d'une eau de bonne qualité, et *Aspidixa costata* qui pouvant être faune dominant, lié à une forte charge. L'existence de ces bactéries montre que cette boue activée est une boue adulte.

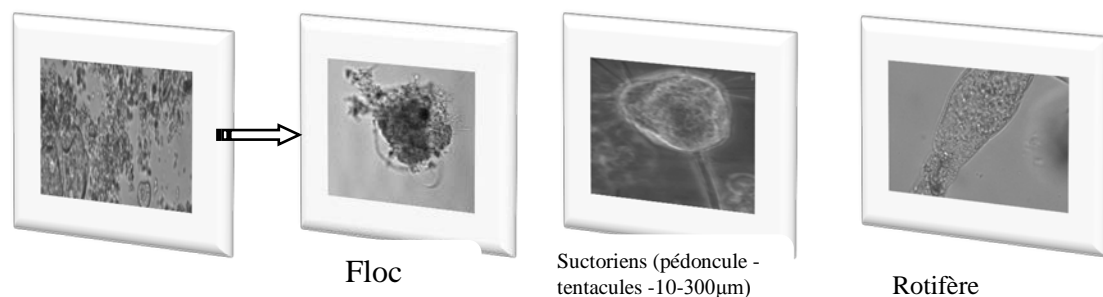


Figure II.7 : Observation microscopique des eaux usées de bassin biologique de la STEP Est de Tizi-Ouzou (LAURE. G, 2005)

Les boues récupérées, doivent être traitées suivant les différentes étapes :

1. L'épaississement : (épaisseur)

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 des matières en matières sèche (résultat : 3 à 8% de siccité selon les techniques utilisées). L'épaississement facilite en

particulier les traitements ultérieurs. Cette étape permet aussi l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est recerclée en tête de la station. **(Figure II. 8)**



Figure II. 8 : Epaississeur (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

2. La stabilisation : (Qui se déroule au niveau des bassins de stabilisation)

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 d'hygiénisation partielle, c'est-à-dire d'élimination des agents pathogènes présents dans les boues. Elle permet, puisqu'elle évite la fermentation des boues de limiter les nuisances olfactives. La stabilisation peut être obtenue par des moyens biologiques, chimiques ou thermiques. Si elle intervient après l'épaississement, 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.

3. La déshydratation :

Il peut intervenir après ou avant la stabilisation. Elle permet de pousser plus loin la réduction du volume des boues. Elle est effectuée sur des boues épaissies, stabilisées ou non, et vise à éliminer d'une façon plus ou moins poussée leur humidité. La déshydratation recourt

à trois grandes familles de techniques : la filtration, la centrifugation et le lit de séchage (technique de moins en moins utilisée sous sa forme rustique). Ces lits de séchage sont de nombre de 20 lits. (**Figure II. 9**)

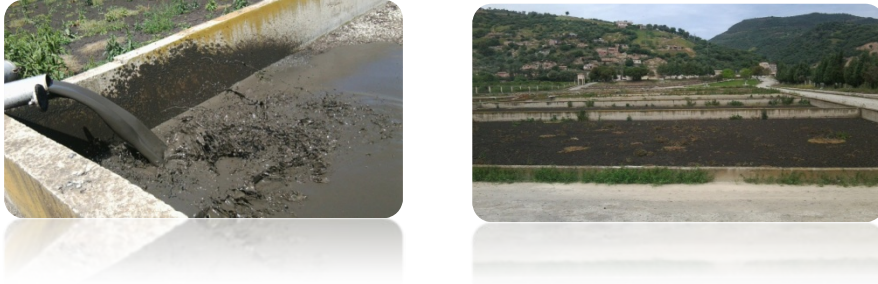


Figure II. 9 : Lits de séchages (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

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. Et la durée de séchage dépend des conditions climatiques.

L'extraction des boues se fait manuellement qui sont destinées aux agricultures d'analyse des métaux lourds (**Figure II10**).



Figure II.10 : Extraction des boues (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

❖ Schéma générale de traitement des eaux usées aux neveux de la STEP Est de Tizi-Ouzou :

Les eaux usées domestiques de Centre-ville de Tizi-Ouzou

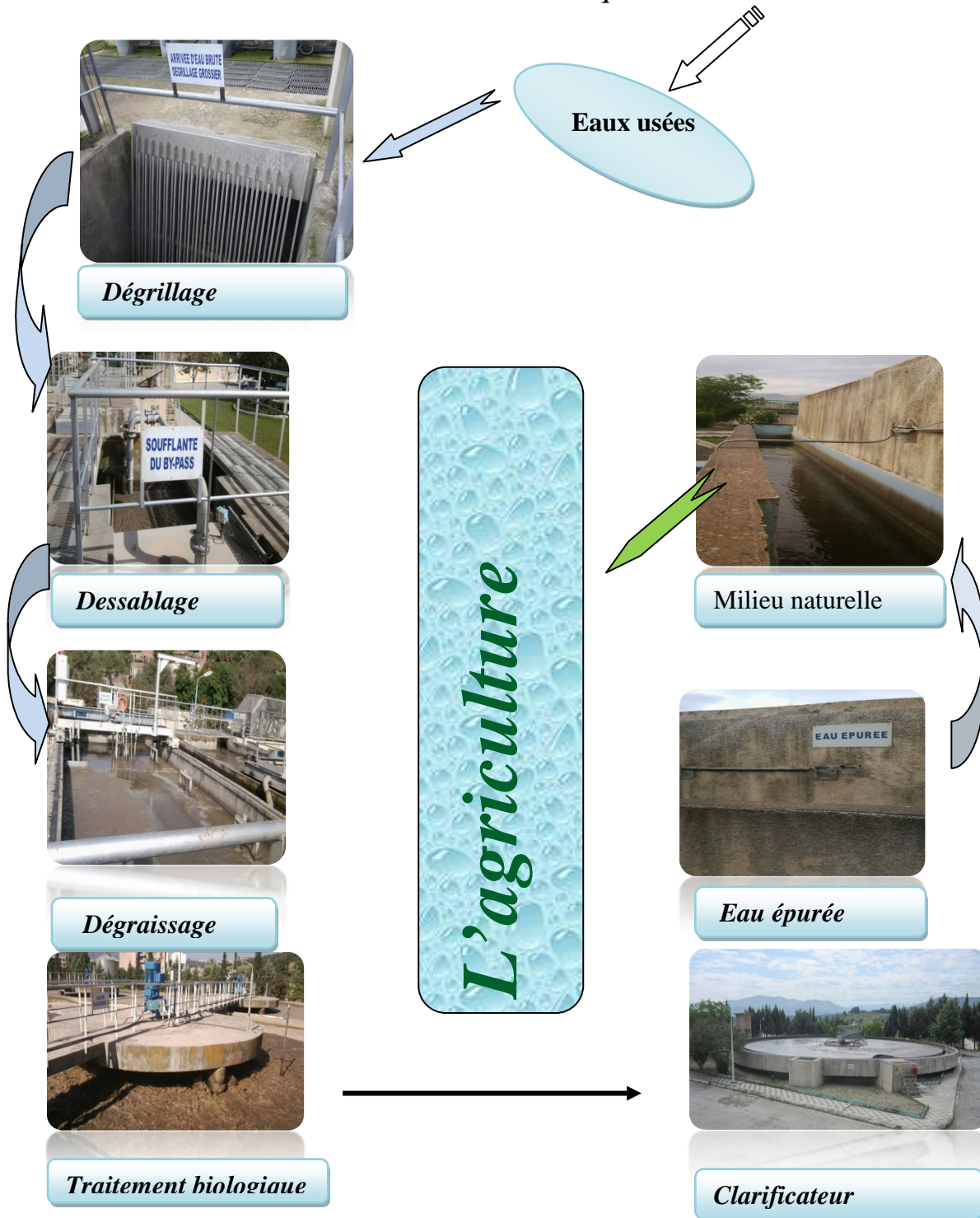


Figure II.11 : Les étapes de traitement des eaux usées urbaines de la STEP Est de Tizi-Ouzou (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

Chapitre III:

Chitine et Chitosane

III.1. Sources de provenance du chitosane :

Le chitosane est un polysaccharide formé des copolymères de glucosamine et N-acétylglucosamine. Il est préparé, généralement, à partir de la chitine qui se trouve dans de nombreuses sources naturelles. La chitine est présente dans la plupart des familles des espèces vivantes, elle est la composante principale d'exosquelette des arthropodes (crustacés) ou de l'endosquelette des céphalopodes (calamards, ...), et des cuticules des insectes. On peut, également, trouver la chitine dans la matrice extracellulaire (paroi) de la plupart des champignons et dans certaines algues chlorophycées, levures et **bactéries** (TOLAIMATE. A, DESBRIERES. J, RHAZI. M, ALAGUI. A, 2003). Le chitosane est moins présent dans la biomasse et il est, seulement, observé dans quelques micro-organismes. Cependant, la chitine est fabriquée presque exclusivement à partir des carapaces de crustacés (crevette, langouste et écrevisse). Le chitosane, sous sa forme commerciale, provient essentiellement de la désacétylation de la chitine.

La chitine a été découverte en 1811 par **H. BRACONNOT** durant ses études sur les champignons. Cette découverte a eu lieu 30 ans avant celle de la cellulose. Le terme *chitine* a été proposé pour la première fois, en 1823, par **C. ODIER**, qui n'était pas au courant des travaux de Braconnot et qui a trouvé la chitine dans le scarabée. En 1859, **C. ROUGET** a découvert le chitosane après avoir traité la chitine par une solution concentrée et chaude de KOH. Il a logiquement proposé de nommer ce nouveau produit *chitine modifiée*. En 1894, **HOPPE-SEYLER. F**, qui ignorait les travaux de Rouget a proposé de donner à ce dérivé le nom du *chitosane*. Ce nom, qui est largement utilisé dans le langage scientifique, est à l'origine d'un problème de nomenclature, puisqu'il existe une seule structure chimique avec deux noms qui dépendent, en fait, du degré de désacétylation (DDA) (HEJAZI ET. A, 2002).

III.2. Structure et propriétés du chitosane :

Le chitosane est un polysaccharide linéaire formé d'unités D-glucosamines liées entre elles par des liens glycosidiques et de N-acétyl-D-glucosamine (**figure III.1**). Le chitosane est dérivé de la chitine.

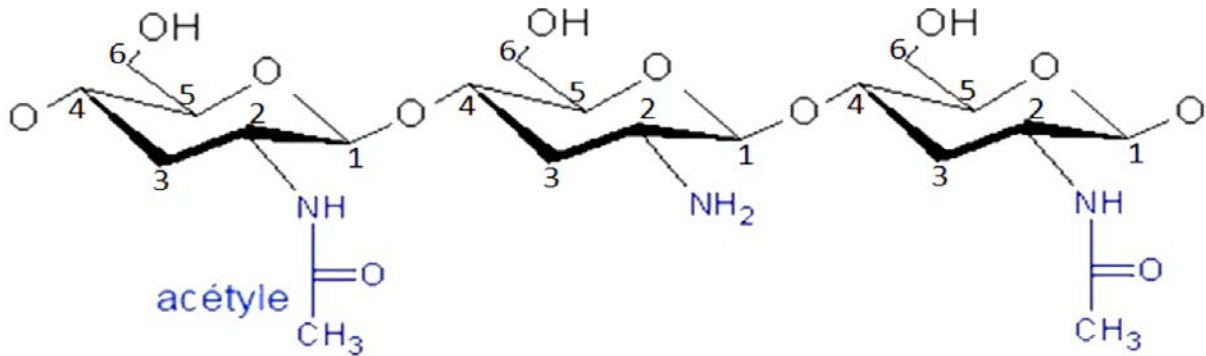


Figure III.1 : Représentation générale du chitosane comme copolymère de glucosamine et N-acétylglucosamine

Les principales propriétés chimiques et biologiques du chitosanes ont résumées par les points suivants (**HOWARD, 2002**):

III.2.1. Principales propriétés chimiques du chitosane:

- ✓ Polyamine cationique;
- ✓ Densité de charge élevée à pH < 6,5;
- ✓ Adhère à des surfaces chargées négativement ;
- ✓ Forme des gels avec les poly anions;
- ✓ Large intervalle de masse moléculaire;
- ✓ Forme des solutions de différentes viscosités;
- ✓ Contient des groupements réactifs d'amine et d'hydroxyde.

III.2.2 Principales propriétés biologiques du chitosane :

Le chitosane est biocompatible c.-à-d. que sa présence dans un organisme entraine des réactions inflammatoires et des réactions de rejet très limitées

Il est bio-résorbable avec des cinétiques faibles et controlées.il ne présente aucun comportement antigénique mais possède un caractère anti-thrombogénique et hémostatique.

De plus, il a des Propriétés anti-tumorales (**MUZZARELLI. R, 1977**).

III.3 Production de la chitine et du chitosane :

Le chitosane est le produit de la désacétylation chimique en milieu alcalin ou enzymatique de la chitine (enlèvement de groupements acétyle). Cette dernière subie, au préalable, une déminéralisation à l'acide chlorhydrique, une déprotéinisation par la soude ou la potasse, et enfin un blanchiment par la présence d'un agent oxydant (**Figure III.2**). En jouant sur la durée du traitement alcalin et sur la température, il est possible d'obtenir différents chitosane à partir d'une même chitine.

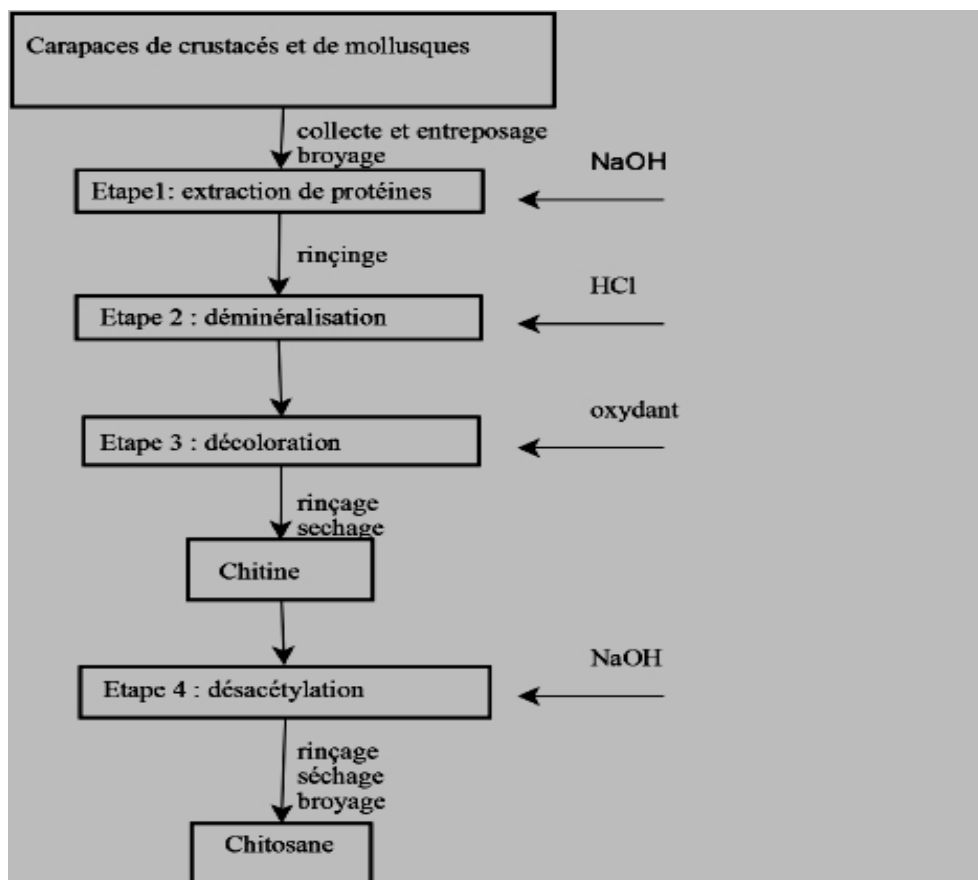


Figure III.2 : Fabrication de la chitine et de son dérivé, le chitosane (ONSOYEN ET SKAUGRUD, 1990).

III.4. Application du chitosane :

Plusieurs études démontrent que le chitosane est un agent coagulant et flocculant efficace dans le traitement des eaux usées industrielles (production de volailles, d'œufs, de fromage, de viande, de gâteaux aux fruits, de fruits de mer, etc.) (**PHILIPPE. O, 2001**). Le chitosane peut être utilisé seul ou en combinaison avec d'autres coagulants, tels les sels métalliques d'aluminium ou de fer. Le procédé de coagulation-floculation par ajout de

chitosane est actuellement utilisé dans la moitié des cas de traitement d'eaux usées au Japon, et selon une proportion variable dans certains autres pays asiatiques (**WIBOWO. S, G.VELAZQUEZ, V. SAVANT, 2005**). Cependant, en Amérique du Nord, son utilisation est quasi inexistante. Le grand intérêt à utiliser ce composé d'origine biologique comme agent flocculant provient également du fait qu'il est biodégradable et pratiquement non-toxique (**KNORR, 1983**). Cette non toxicité a permis d'étendre ces usages à l'industrie chimique, biomédicale, pharmaceutique et agroalimentaire (**MARINARD. B, 2005**).

En tant que bio stimulateur, il favorise la germination et la croissance des plantes, en plus d'augmenter leur rendement. Des travaux de recherche montrent plusieurs autres domaines d'application en agroalimentaire, notamment dans l'enrobage des semences, comme agent fertilisant, comme pellicule protectrice pour les fruits et légumes, comme pellicule antigel et enfin comme stimulateur de la floraison et de la fructification (**KRAJEWSKA. B, 2005**).

D'un point de vue environnemental, l'utilisation de ce bio polymère est fort acceptable puisqu'il contribuerait à réduire l'utilisation de pesticides et de fertilisants chimiques, deux types de substances responsables d'importantes répercussions sur les milieux naturels et sur la santé humaine.

Le chitosane possède également des propriétés lui permettant de se lier à certains métaux: $Pd > Au > Pt > Cu > Ni > Zn > Mn > Pb > Co > Cr > Cd > Ag$, avec une affinité plus ou moins grande et variable selon le pH, la force ionique et la présence d'autres métaux qui entrent en compétition. Plusieurs technologies exploitent ainsi ces propriétés afin de décontaminer les eaux usées, notamment les membranes en gel, l'ultrafiltration avec complexe métal-chitosane, l'osmose inverse, la nano filtration et la pervaporation (**RAVI. K, 2000**).

- **Avantages :**

1. Biodégradable et pratiquement non-toxique pour l'humain et les écosystèmes,
2. Réduction importante des MES et de la DCO (cette réduction peut varier selon le type d'effluent à traiter),
3. Il permet de réduire de manière importante les quantités de sels d'aluminium (réduction de 2/3) lorsqu'il est utilisé comme flocculant dans le traitement des eaux usées municipales,
4. En aquaculture, il permet une réduction substantielle du phosphore lorsqu'il est utilisé avec le chlorure ferrique. Près de 80 % de réduction du phosphore dissous lorsque le

chitosane est utilisé à raison de 0.1 ppm avec diverses concentrations de Chlorure Ferrique (**RAVI. K, 2000**).

- **Inconvénients :**

1. L'utilisation du chitosane est plus coûteuse comparativement aux sels métalliques,
2. Le chitosane serait toxique pour la truite arc-en-ciel selon l'étude de Bullock et al (**BENOSMAN ET BENGRINE. A, 2011**).
3. La mort survient après 24 h, 6 et 14 jours d'exposition pour des concentrations respectivement de 0.75 ppm, 0.075 ppm et 0.019 ppm de chitosane acidifié.

Conclusion :

Le chitosane est obtenu après désacétylation de la chitine et ne diffère de celle-ci que par les groupes amines sur la chaîne moléculaire. Cette différence a un effet important sur les propriétés de ce matériaux; le chitosane est soluble dans les acides dilués alors que la chitine se dissout difficilement dans les solvants. La « richesse » du chitosane, notamment son degré de désacétylation à l'origine de son potentiel, additionnée aux propriétés biologiques auparavant mentionnées, en font un polymère particulièrement intéressant pour une multitude d'applications.

Chapitre IV:

Coagulation-floculation-décantation

IV.1 Coagulation-Floculation :

La coagulation-floculation facilite l'élimination de MES (Matières En Suspension) et des colloïdes en les rassemblant sous forme de floccs dont la séparation s'effectue par décantation, flottation et/ou filtration. C'est donc un traitement physique qui permet d'éliminer tous ou une partie des polluants des effluents notamment les fractions particulaires inertes ou vivantes, les fractions floculables des matières organiques et de certains métaux lourds, les micropolluants associés aux MES et les macromolécules colloïdales (ADAMCZYK. Z, 2003)

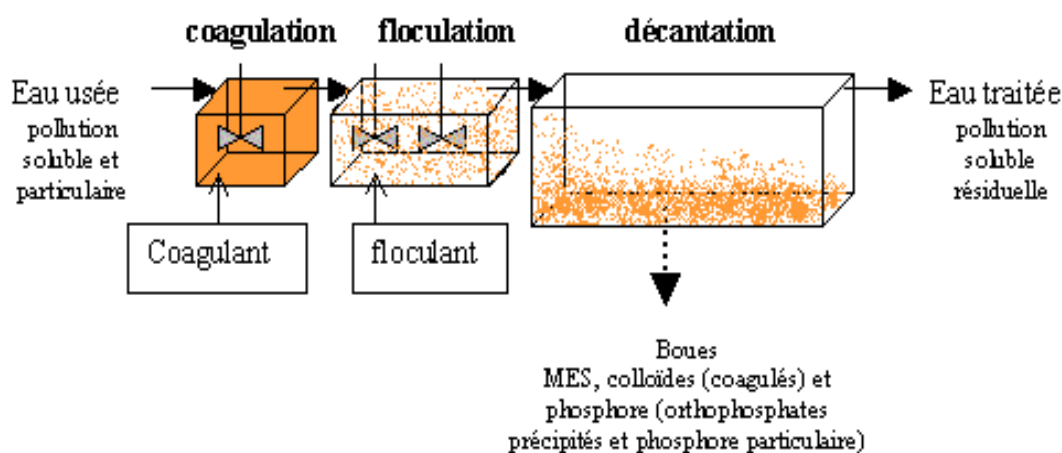


Figure IV.1 : Schéma de principe de la coagulation-floculation (VEDRY. B, 2006)

Le temps de décantation des particules coagulées dépend du type de particules, du diamètre des particules et de leur surface spécifique. Ce temps va d'une seconde pour du gravier coagulé ayant un diamètre de 10 mm et une surface spécifique de $6.10^2 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ à 20 ans pour du colloïde de $10^{-2} \mu\text{m}$ ayant une surface spécifique de $6.10^8 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ (DEGREMONT, 2005)

Il est donc impossible que certaines particules notamment les colloïdes et les particules à surface spécifique très élevée décantent naturellement. Pour obtenir la décantation de ces particules, il faudrait assembler un très grand nombre de colloïdes en agrégats d'au moins 10 à 100 μm . Malheureusement, ces particules exercent entre elles des forces de répulsion de nature électrostatique empêchant leur assemblage (BESRA. L, 2002)

Le temps de décantation des particules coagulées dépend du type de particules, du diamètre des particules et de leur surface spécifique (tableau IV.1) (BUFFLEE. N, 1992).

Diamètre de particule		Type de particule	Temps de décantation pour 1m d'eau	Surface spécifique ($m^2.m^{-3}$)	
mm	μm				
10	10^4	Gravier	1 seconde	6.10^2	Les MES Décantables
1	10^3	Sable	10 secondes	6.10^3	
10^{-1}	10^2	Sable fin	2 minutes	6.10^4	
10^{-2}	10	Limon	2 heures	6.10^5	
10^{-2}	10	Kyste de protozoaire	20 heures	6.10^3	Les MES non Décantables
10^{-3}	1	Argile	2 jours	6.10^6	
10^{-3}	1	Bactérie	8 jours	6.10^6	
10^{-4}	10^{-1}	Colloïde	2 ans	6.10^7	
10^{-5}	10^{-2}	Colloïde	20ans	6.10^8	

Tableau IV.1 : Temps de décantation des différentes particules d'après la loi de STOCKS (BUFFLEE. N, 1992).

Ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau. Quand cette réaction se produit, les particules se lient ensemble ou se coagulent (ce processus peut, également, s'appeler floculation). Les particules plus grosses ou plus lourdes se retrouvent rapidement au fond de l'approvisionnement en eau. Ce processus s'appelle la sédimentation. Le diagramme suivant illustre les réactions et les processus de bases qui se produisent durant la coagulation (COLIN. L et JULIEN. F, 2008).

IV. 1. 1 Décantation des particules floculantes :



AB = phase de coalescence :
séparation particules /eau plus ou
moins nette

BC = augmentation constante de la
vitesse de chute de la particule en
fonction du temps

CD = ralentissement progressif de
la vitesse de chute de la particule :
les particules se gênent

DE = décantation fortement
freinée : décantation en flux piston

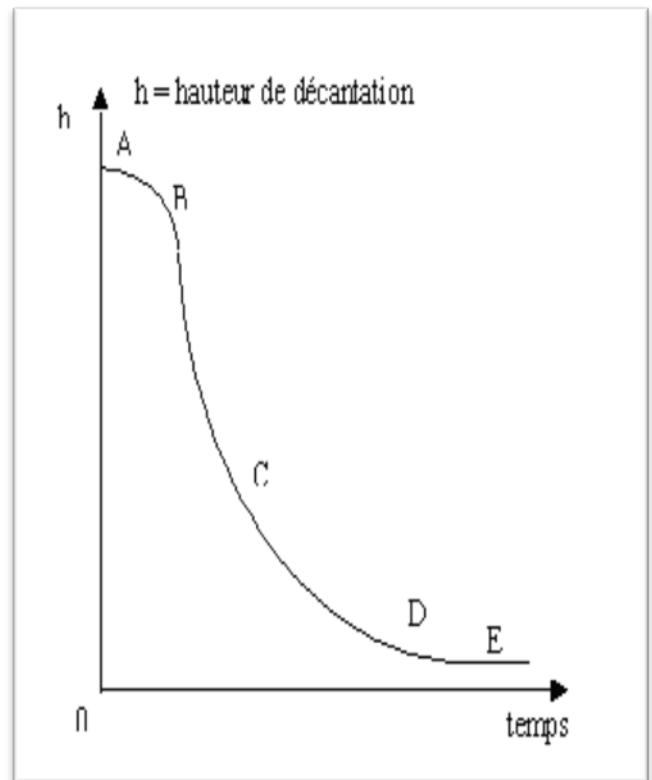


Figure IV.2 : Courbe de décantation des particules en suspension (VEDRY, B, 2006)

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées (**Figure IV.3**). Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (**JARDINS, 1990**).

La compréhension de ce phénomène nécessite une connaissance approfondie de l'état colloïdal, de la structure chimique des coagulants utilisés ainsi que leur mode d'action.

Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent, donc, en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution.

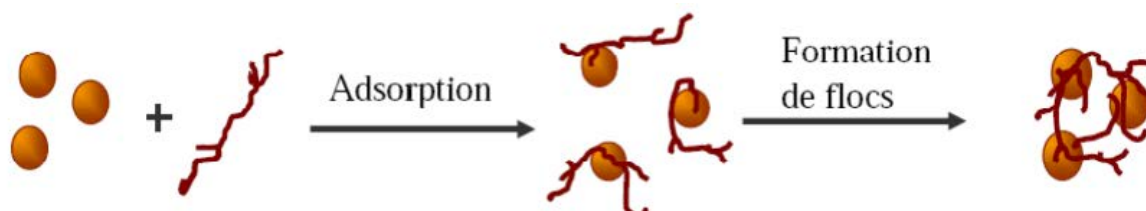


Figure IV.3 : Adsorption et pontage à l'aide d'un polymère (YANG. C, 2007)

IV.2 Structure des colloïdes : Théorie de la double couche :

Pour expliquer la grande stabilité des colloïdes, on fera appel à la théorie de la double couche électrique émise en 1879 par HOLMOLTZ et développée ensuite par plusieurs chercheurs dont HUCKEL, STERN et GOUY (*BEAUDRY. J-P, 1984*).

Dans une eau de surface, les colloïdes portent des charges négatives situées à leur surface. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN (couche fixe), qui attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité des cations : c'est la couche diffuse ou de GOUY (couche mobile). Il y a donc formation d'une double couche ionique, l'un accompagnant la particule lors de ces déplacements, l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard (*VIGOURET. J, 1985*).

La (Figure IV. 4) montre les différentes couches et le potentiel électrique des particules colloïdales.

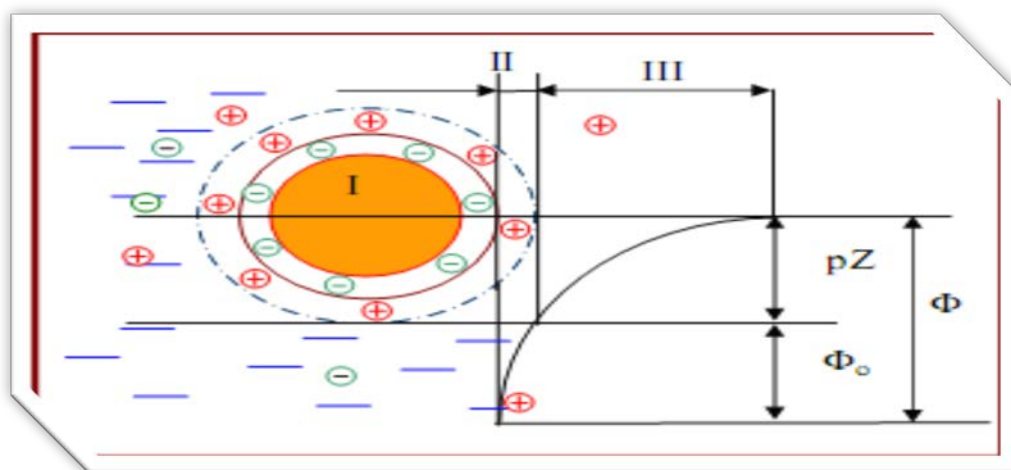


Figure IV. 4 : Potentiel électrique de particules colloïdales (*BUFFLE. J et al, 1998*).

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 zêta

Un colloïde se caractérise par deux potentiels (VAN de VEN. T.G.M, 1989).

- Potentiel thermodynamique ou potentiel de Nernst;
- Potentiel zêta ou potentiel électro cinétique.

Le potentiel thermodynamique est présente à la surface même du colloïde mais, est malheureusement non mesurable par des méthodes simples (VAN de VEN. T.G.M, 1989).

Le potentiel zêta reste négatif comme la charge générale des colloïdes.

Il donne le niveau de l'interaction mutuelle des colloïdes et se mesure par électrophorèse (VERWEY. E, and OVERBEEK. J, 1948).

IV. 3. Paramètres liés à la coagulation-floculation :

Pour optimiser le procédé de coagulation-floculation, il faut tenir compte de plusieurs variables en relation, comme le pH, la dose de coagulant, les conditions de mélange et la température.

IV. 3. 1. Influence du pH :

Le pH a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. La plage du pH optimal est la plage à l'intérieur de laquelle la coagulation a lieu suffisamment rapidement. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. En général, le temps de coagulation est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques (LIND. C, 1994).

IV.3.2 Influence de la dose de coagulant :

La dose de réactif est un paramètre à prendre en compte. Le coagulant qui est, habituellement, fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau. Pour se placer au pH

optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base. Une dose de coagulant excessive entraîne une restabilisation des particules et augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante. La quantité de réactifs ne peut se déterminer facilement (*LIND. C, 1994*).

IV.3.3 Influence de la température :

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons (*CIDF, 2000*).

IV.3.4 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.

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 (*LIND. C, 1994*).

Conclusion

La coagulation-floculation est une étape de clarification très importante qui permet d'éliminer les matières colloïdales présentes sous forme minérale ou organique, et qui sont caractérisées par leur grande stabilité et leur faible taille.

Ce paramètre influe, en effet, largement sur la forme chimique du coagulant utilisé et on peut obtenir, en plus des ions métalliques simples, des produits d'hydrolyse hautement chargés et de masse moléculaire très élevée.

Cependant, il s'avère nécessaire de s'intéresser, également aux étapes de traitement en amont et en aval de la coagulation-floculation car celles-ci peuvent conditionner l'efficacité de la clarification et donc l'optimisation du traitement d'une eau polluée.

Chapitre V

Partie expérimentale

L'objectif des essais expérimentaux réalisés, dans ce mémoire, consiste à améliorer les conditions de décantation après le traitement biologique des eaux usées urbaines de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou.

L'utilisation du chitosane est une des solutions envisagées dans cette étude. Différents chitosanes, préparés au laboratoire de l'URIE (Unité de Recherche en Ingénierie et Environnement), ENP (Ecole Nationale Polytechnique) ont été testés : chitine purifiée par voie chimique dé acétylée et chitine purifiée par voie biologique dé acétylée sous des conditions de températures avoisinantes la température ambiante (23°C et 30°C) et une durée allant de 10 à 15 jours. Les deux modes de purification ont fait l'objet des travaux de **KADOUCHE S. (2013)** et **ARBIA W. (2013)**.

V.1. Appareillages, matériels et produits:

V.1.1 Appareillages et matériels :

Tous les essais de coagulation-floculation ainsi que les analyses physico-chimiques des eaux usées, avant et après traitement, ont été réalisés au niveau du laboratoire de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou.

Les appareillages utilisés sont :

- Spectrophotomètre HACH; **Type** : DR/2000.
- pH mètre HANNA Instruments; **Type** : pH211.
- Conductimètre HANNA Instruments; **Type** : HI 8820N.
- Balance METTER; **Type** : AJ 100.
- Étuve JOUAN; **Type** : EU18.
- (02) Moteurs d'agitation HEIDOLPH; **Type** : RZR 2051 control.
- Réfrigérateur ENIEM ; **Type** : KS 160TG.

Les matériels utilisés sont :

- Bêchers de 1 litre; pipettes de 25ml ; pissette ; tubes à essais ; papier filtre.
- Thermomètre.

V.1.2 Produits :

1- (06) type de chitosanes. Le **tableau V.1** rassemble les conditions de leur préparation ainsi que les notations adoptées dans cette étude.

chitines désacétylées	T (°C)	t (jours)	Notation
Chitine biologique (ARBIA. W, 2013)	23	11	ChitiBioDA11jT23
		13	ChitiBioDA13jT23
	30	10	ChitiBioDA10jT30
Chitine chimique (KADOUCHE. S, 2013)	23	11	ChitiChimDA11jT23
		15	ChitiChimDA15jT23
	30	11	ChitiChimDA11jT30

Tableau V.1 : Récapitulation des différentes chitines désacétylées sous une température T et une durée t

2-Acide Acétique à 98%

V.2. Méthodes expérimentales et analytiques :

V.2.1 Origine des effluents étudiés :

Les échantillons d'effluent ont été prélevés du bassin d'aération de la station de l'ONA, de Tizi-Ouzou en 2013. Plusieurs prélèvements ont été effectués après plus de 15mn d'aération, à chaque fois au même endroit du bassin où il se produit plus de turbulence permettant, ainsi, d'assurer une homogénéité dans le volume de l'effluent. L'échantillon est un mélange constitué d'eau et de boue se trouvant à la sortie du réacteur biologique et avant l'arrivée au clarificateur **figure V.1**.

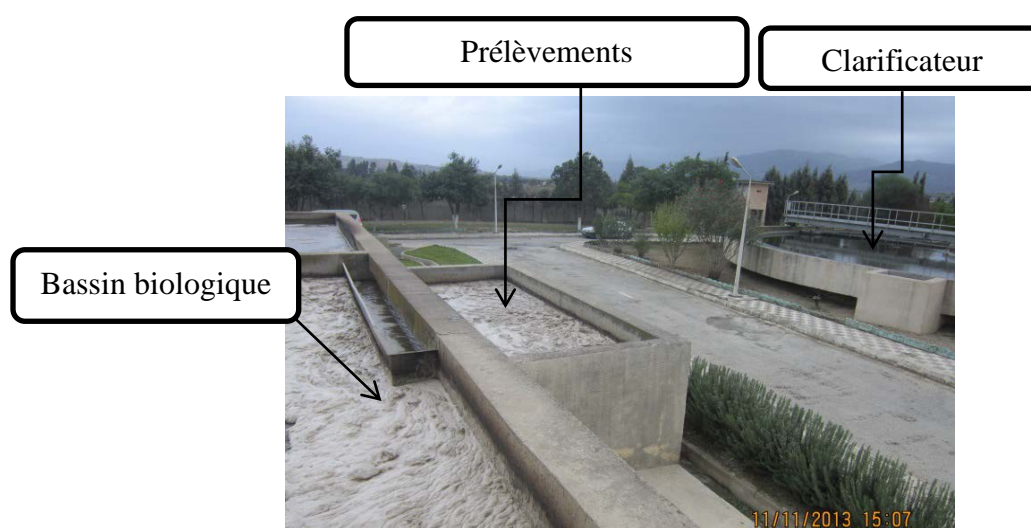


Figure V.1 : Prélèvement des effluents l'ONA de Tizi-Ouzou, pour les essais de coagulation-floculation (ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

V.2.2 Méthode de prélèvement:

Grâce à un préleveur (un sceau), une quantité de 15 litres a été prise puis conservée dans des géricants au réfrigérateur à 4°C pour réaliser une série d'essais comparatifs. En effet, les phénomènes biologiques susceptibles de modifier certaines caractéristiques sont très ralentis au-dessous de 5°C. Après homogénéisation manuelle, un prélèvement de 1l a été effectué pour suivre les cinétiques de décantation, sans et avec ajout de chitosane.

V.3. Préparation du chitosane en solution :

Les divers chitosanes étudiés dans cette étude, ont été utilisés sous formes dispersées afin de permettre la coagulation des substances colloïdales. Pour cela, 50mg de chaque chitosane ont été solubilisés dans 50 ml d'acide acétique à 1% (ZEMMOURI, 2008).

Pour chaque solution de chitosanes **tableau V.1**, préparées différentes doses (1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 et 3 mg/l) ont été versées dans un bécher contenant 1l d'eau usée, après homogénéisation pendant 15 mn à 250 tpm.

V.4 Les conditions de coagulation-floculation-décantation :

Le dispositif utilisé pour le suivi de la décantation de la solution de boues est présenté dans la **figure V.2**. Nous avons adopté au préalable trois essais d'agitation ont été réalisés :

-dans le premier sans apport de d'agitation, dans le second avec une agitation de 250tpm pendant 15mn et dans le dernier avec une agitation rapide de 250tpm pendant 3mn et une agitation lente de 50tpm pendant 20mn.

-2^{ème} cas une agitation rapide de 250tpm pendant 3mn pour la phase de coagulation et une agitation lente de 50tpm pendant 20mn pour la phase de floculation (ZEMMOURI, 2008).

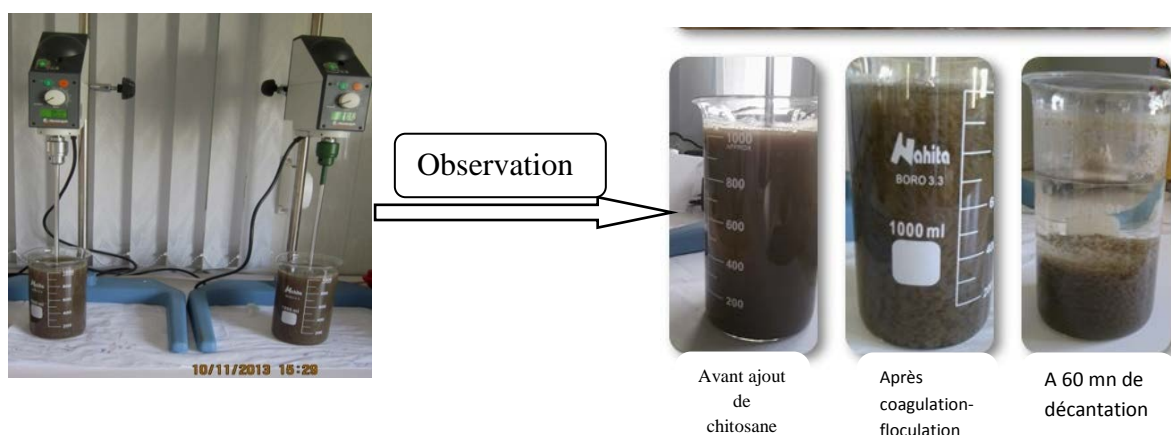
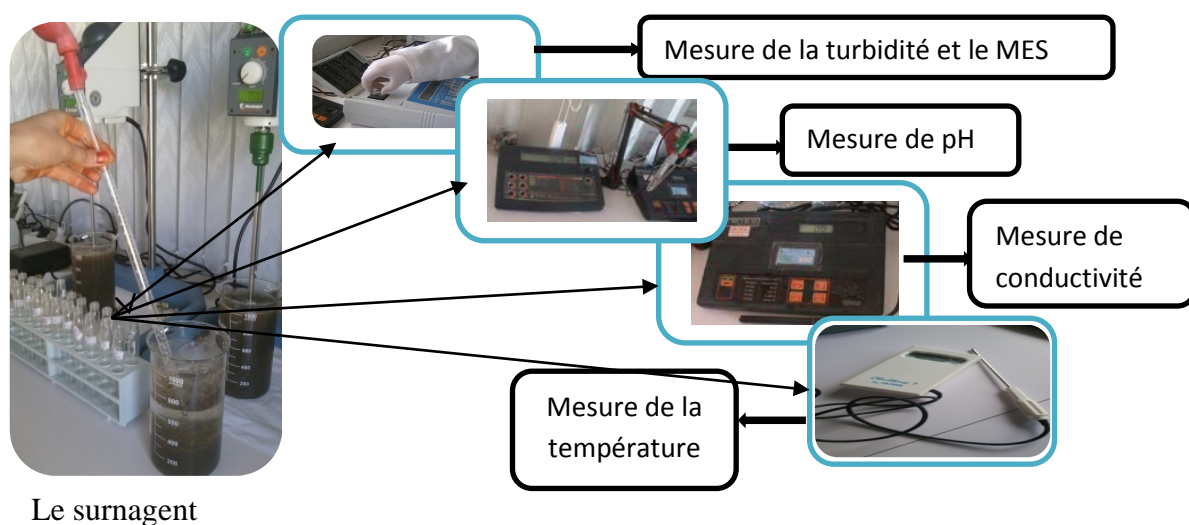


Figure V.2 : Montage de la coagulation-floculation et observation avant et après décantation
(ONA. Tizi-Ouzou, 2013)

Pour chaque cas, dès l'arrêt de l'agitation, nous avons suivi durant la décantation, la cinétique de 04 paramètres physico-chimiques : de MES, du pH, de la conductivité et de la turbidité, chaque minute pendant 5mn puis à 10mn, 15mn, 20mn, 30mn, 45mn et 60mn en prélevant grâce à une pipette des quantités suffisantes de surnageant (soit 25ml). Grâce au spectrophotomètre HACH, le conductimètre et le pH mètre, les valeurs de MES et de turbidité, de la conductivité et du pH ont été mesurées, respectivement sur des eaux avant ajout de chitosane (eaux prélevées du bassin biologique **tableau V.2**). Tous les essais de décantation ont été réalisés à la température du laboratoire (comprise entre 20°C et 25°C) et après ajout de chitosane à différents temps de décantation.

Les paramètres mesurés sont rassemblés dans la (**figure V.3**)



Le surnageant

Figure V.3 : Récapitulation des différents paramètres mesurés

V.5. Analyses physico-chimiques des eaux étudiées :**V.5.1. Mesure des MES :****▪ Principe:**

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau (**GOMELLA et GUERRES, 1978**). On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau (turbidité).

Elle se mesure au laboratoire par deux méthodes, soit par la méthode de filtration et séchage ou à l'aide d'un spectrophotomètre.

▪ Mode opératoire:

1) La méthode de filtration : prendre une quantité de 100ml de l'échantillon qui est l'eau usée domestique prélevée à la sortie du bassin d'aération avant d'arriver au clarificateur, la filtrer sur un papier filtre puis la mettre dans l'étuve à une température de 150°C pendant 24h jusqu'à séchage complète. Après la pesée, effectuer le calcul de MES par la formule suivante :

$$MES = \frac{P_1 - P_0}{V} * 1000 \quad (\text{mg/l})$$

P_0 : le poids du papier filtre vide.

P_1 : le poids du papier filtre (mg) et de la pollution de boues (mg).

V : le volume de la boue prélevée (100ml).

2) La méthode par spectrophotomètre : modifier la méthode de l'appareil (pour les MES 630), ensuite régler la longueur d'onde à 810nm. Remplir un flacon de mesure propre et bien essuyé avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser après homogénéisation puis effectuer, rapidement, la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en mg/l.

V.5.2 Mesure de la conductivité:**▪ Principe:**

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.

La conductivité est, également, fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent, donc, être présentés en termes de conductivité équivalente à 20°C ou 25°C.

▪ **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.

V.5.3 Mesure du pH:

▪ **Principe:**

Le pH (potentiel d'hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau, il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

L'étude de ce paramètre s'avère importante du fait qu'il conditionne d'une part la dissociation des groupements fonctionnels existant dans les MES et d'autre part la nature du coagulant (formes solubles ou insolubles, chargées ou neutres). Le pH est l'un des paramètres qui affecte beaucoup plus sur la coagulation-floculation. Son contrôle est donc conseillé. Selon les caractéristiques d'une eau, il existe un pH optimal permettant la meilleure coagulation (**JULIEN, 1983**). 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.

▪ **Mode opératoire:**

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

V.5.4 Mesure de la turbidité :

▪ **Principe:**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organique, argile, organismes microscopique...). Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. Elle se mesure à l'aide d'un spectrophotomètre.

▪ **Mode opératoire:**

Modifier la méthode de l'appareil (pour la turbidité 750) ensuite régler la longueur d'onde à 450nm. Remplir un flacon de mesure propre et bien essuyé 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 units).

V.6 Résultats et discussion :

V.6.1 Analyses physico-chimiques d'effluent avant ajout de chitosane :

Ce travail s'est étalé sur une longue période du second semestre de l'année 2013. Différents prélèvements, du mois de juin, d'octobre et de novembre, ont été effectués pour réaliser les essais de coagulation-floculation. Les résultats rassemblés dans le **tableau V.2** montrent que :

- les eaux usées après traitement biologique renferment une teneur essentiellement très élevées en matières en suspension situées entre 4823mg/l et 5580mg/l constituées de micro-organismes tels que les cellules bactériennes. Ces eaux usées sont des mélanges complexes de boues.
- ces eaux présentent un pH légèrement basique compris entre 7,60 et 8,22. Cet intervalle est optimal pour les activités maximales des bactéries.

Date des prélèvements	MES mg/l (B,a)	Ω^* $\mu\text{S/cm}$ (B)	pH* (B)	NTU* (B,c)
20/06/2013 $T_{\text{am}} = 24,5^\circ\text{C}$	4862	934	7.78	non dosée
27/06/2013 $T_{\text{am}} = 23,4^\circ\text{C}$	5480	946	7.65	non dosée
27/10/2013 $T_{\text{am}} = 20,4^\circ\text{C}$	5100	775	7.60	non dosée
03/11/2013 $T_{\text{am}} = 20,6^\circ\text{C}$	4823	827	8.22	non dosée
10/11/2013 $T_{\text{am}} = 22,6^\circ\text{C}$	5042	820	8.10	non dosée

Tableau V. 2 : Les caractéristiques physico-chimiques initiale des eaux prélevées de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou

- ces eaux manifestent une minéralisation moyenne située entre $946\mu\text{S}/\text{cm}$ et $820\mu\text{S}/\text{cm}$. Ceci traduit la présence dans les eaux usées de sels dissous.

Le calcul de MES montre que les eaux prélevées du bassin biologique sont polluées en substances particulières (les boues) et que leur élimination par clarification est nécessaire pour atteindre la norme de l'OMS pour les eaux usées **tableau V.3**.

(a) Mesuré après filtration, séchage puis pesée.

(b) Le spectrophotomètre n'affiche pas les valeurs élevées de la turbidité ($> 461\text{NTU}$).

(B) Dans le bassin biologique

* : mesurés à $T^\circ = 20^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$.

Paramètres	Normes	Unités
température	30	$^\circ\text{C}$
pH	6.5-8.5	-----
DBO ₅	30	mg d'O ₂ /l
DCO	90	mg d'O ₂ /l
MES	30	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Azote total	50	mg/l
Hydrocarbure	10	mg/l
Huile et graisse	20	mg/l
Détergent	1	mg/l
Zinc	2	mg/l
Chrome	0.1	mg/l

Tableau V.3 : Normes fixées par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) pour les eaux usées

V.6.2 Suivi de la décantation naturelle des eaux usées traitées biologiquement (sans ajout de chitosane) :

Les cinq raisons principales de l'intérêt de suivre la décantation naturelle sont :

1- La décantation naturelle sert de référence pour comparer l'effet du chitosane sur l'élimination des particules en suspension non décantables (les colloïdes) par coagulation floculation.

2- La station de l'ONA n'utilise pas de flocculant pour clarifier les eaux sortantes du bassin biologique. C'est la décantation naturelle qui est préconisée.

3- Voir si les matières présentes dans le bassin biologique sont décantables.

4- Suivre la cinétique de décantation de ces eaux, à l'échelle laboratoire puis comparer la valeur finale de MES avec celle obtenue à la sortie du clarificateur de la station (située entre 10mg/l - 15mg/l) (**tableau V.2**).

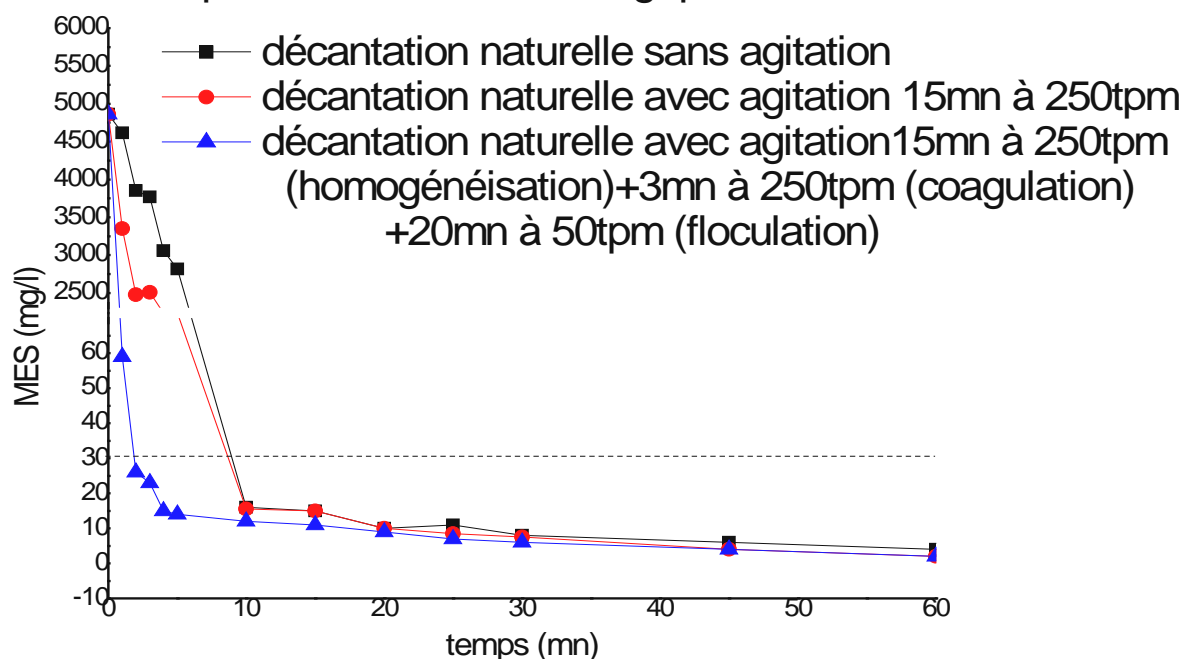
A partir des 5 prélèvements réalisés au cours de notre étude, nous avons suivi pour chaque effluent prélevé (**tableau V.2**) la décantation naturelle. Les résultats de MES présentés dans la **figure V.1** montrent que :

- 1- sans homogénéisation et avec homogénéisation pendant 15mn à 250tpm, les valeurs de MES passent de 5480mg/l à 20mg/l au bout de 10mn, puis elles continuent à diminuer légèrement pour atteindre la valeur de 4mg/l au bout de 60mn.
- 2- sans homogénéisation et avec homogénéisation pendant 15mn à 250tpm, les valeurs de MES résiduelles sont identiques à partir de 10mn. Ce résultat montre que l'homogénéisation (à 250tpm) n'est pas importante et que les premières minutes de décantation ne sont pas suffisantes. Une durée de 10mn est donc nécessaire pour atteindre une décantation maximale sans ajout de flocculant. Cet essai montre que la décantation naturelle des effluents étudiés est lente. Dans la réalité, au niveau de la station Est de Tizi-Ouzou, un temps de décantation au minimum de 6 heures est exigé pour obtenir une eau clarifiée obéissant à la norme OMS des eaux usées **tableau V.3**.
- 3- avec homogénéisation pendant 15mn à 250tpm suivie de 3mn à 250tpm (dite phase de coagulation) et de 20mn à 50tpm (dite phase de floculation), les valeurs de MES passent de 5480mg/l à 12mg/l, au bout de 5mn, puis elles diminuent légèrement à des valeurs de MES passe de 15.5mg/l à 10mg/l, à une durée de 10mn, pour atteindre des valeurs situées entre 5mg/l et 2mg/l au bout de 60mn. Comparativement aux essais précédents, il se produit une amélioration de la diminution des MES résiduelle et du temps de décantation. En effet, dans les conditions expérimentales adoptées dans cet essai (condition de floculation), les

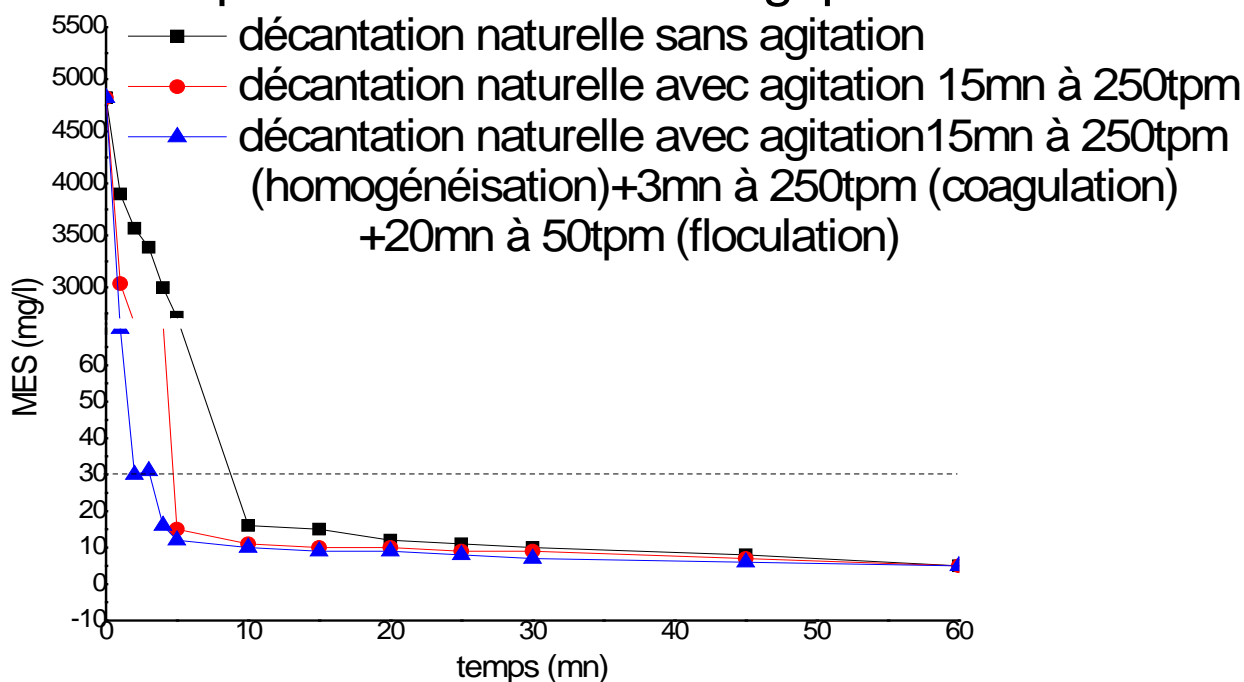
exo-polymères secrétées par les bactéries s'agglomèrent en floccs, favorisant ainsi la décantation.

- 4- la décantation naturelle des eaux usées après traitement biologique produit des eaux clarifiées avec une teneur en MES suffisamment inférieure à la norme fixée par l'OMS pour les eaux usées (MES < 30mg/l) **tableau V.3.**

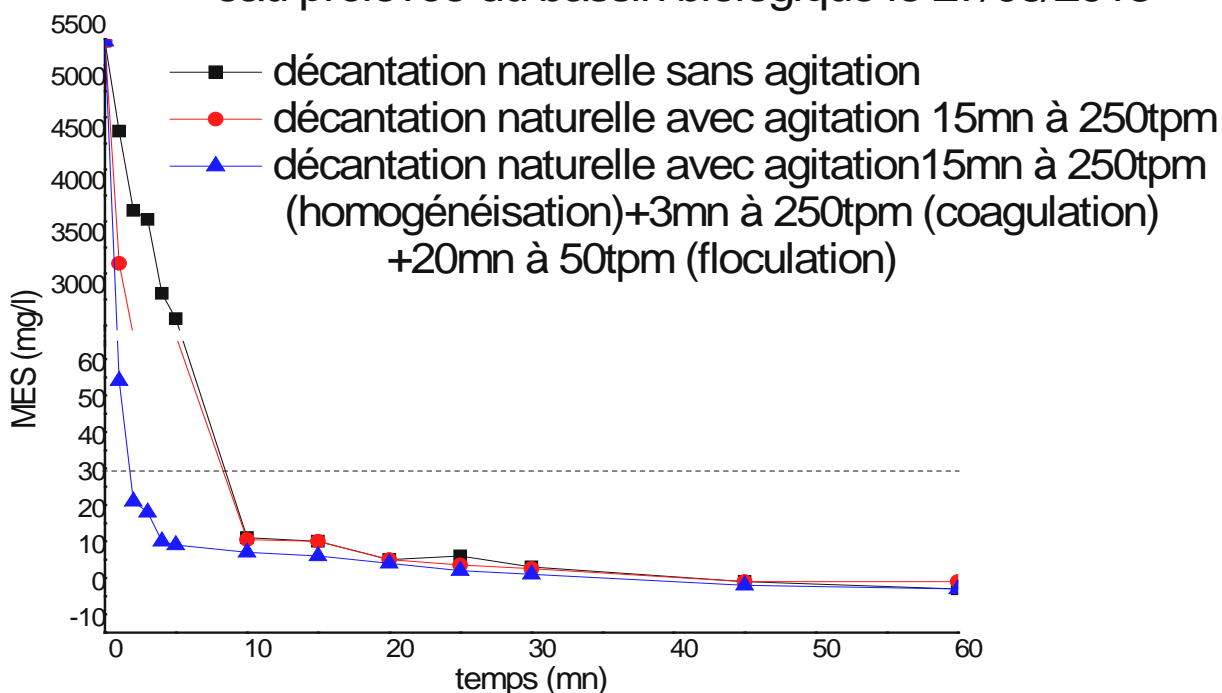
eau prélevée du bassin biologique le 20/06/2013



eau prélevée du bassin biologique le 03/11/2013



eau prélevée du bassin biologique le 27/06/2013



eau prélevée du bassin biologique le 10/11/2013

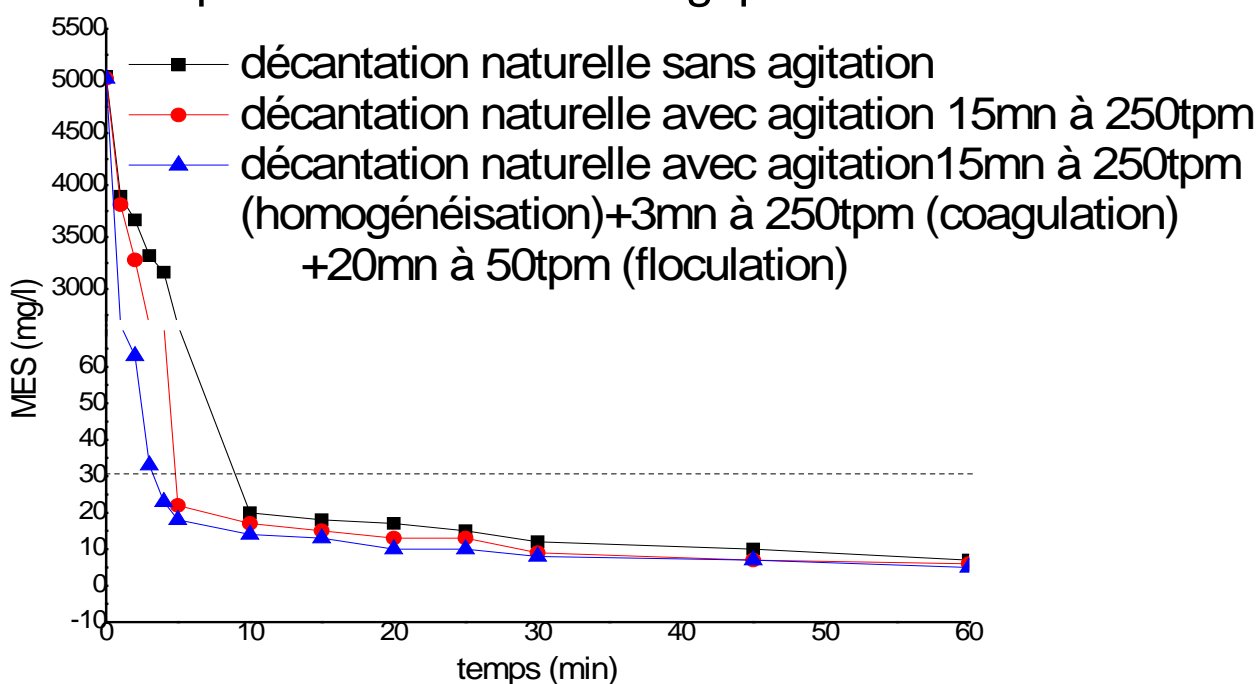
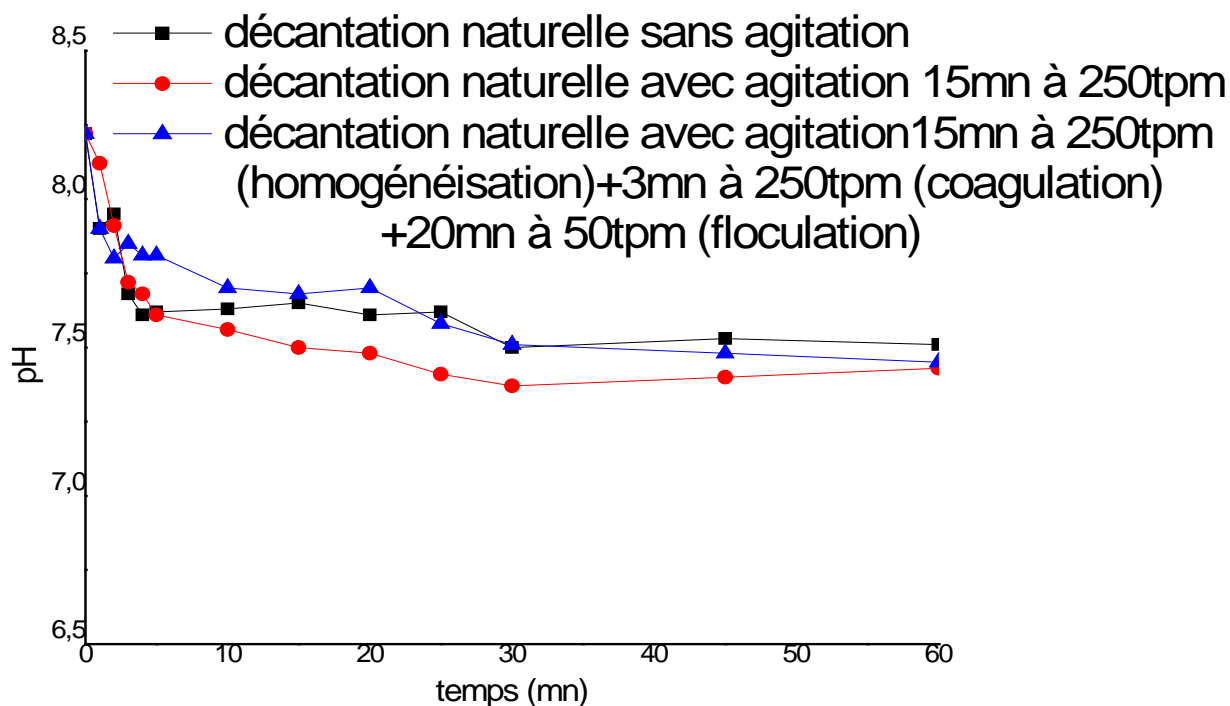


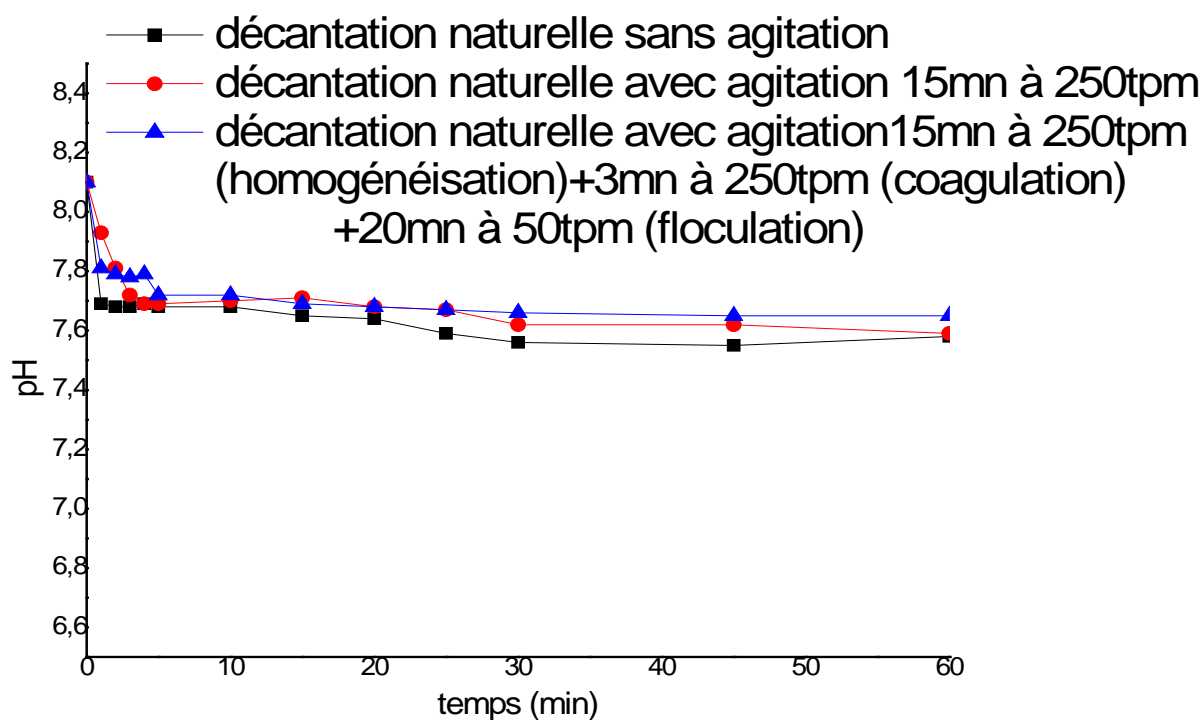
Figure V.1 : Cinétique de MES en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de flocculant).

Pour les 5 prélèvements d'effluents, les résultats du pH présentés dans la **figure V.2** montrent que, le pH varie entre 7,5 et 8,1 et que ces valeurs vérifient largement la norme fixée par l'OMS pour les eaux usées ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) (**tableau V.3**).

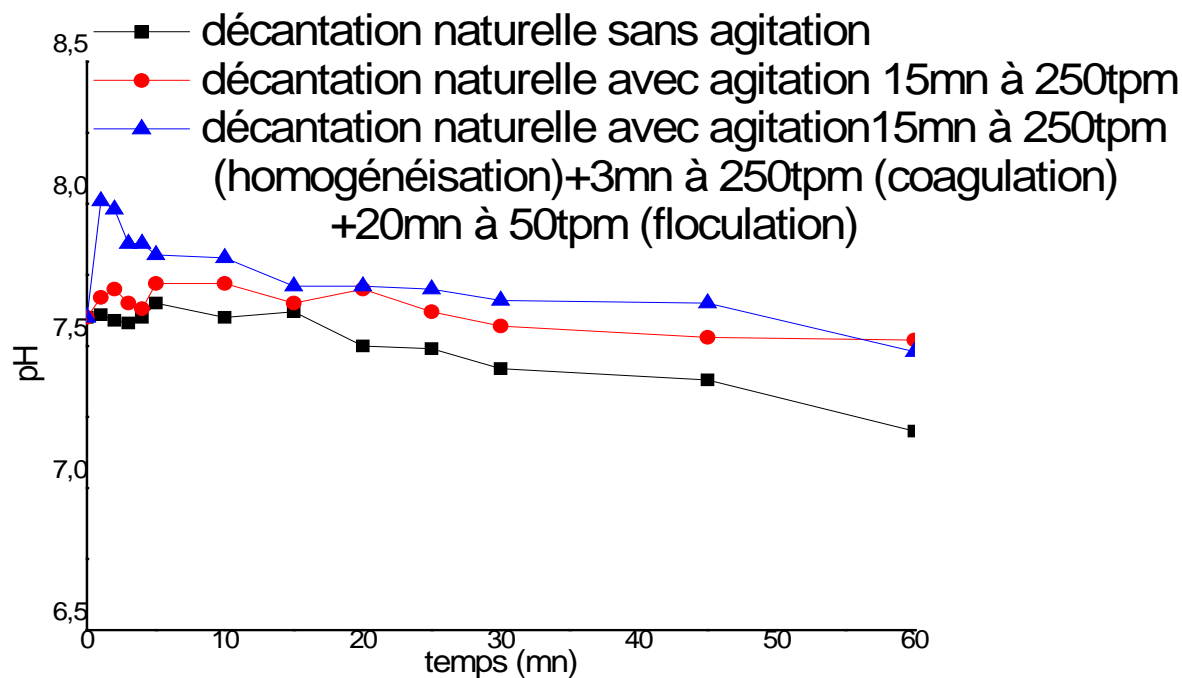
eau prélevée du bassin biologique le 20/06/2013



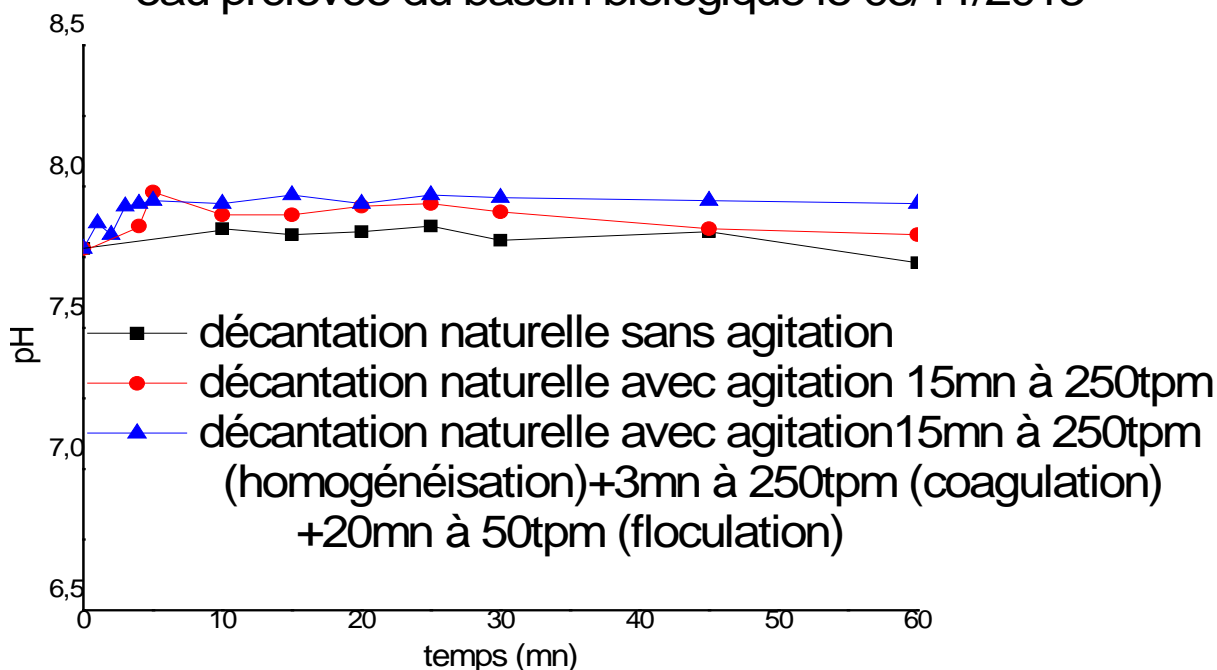
eau prélevée du bassin biologique le 27/06/2013



eau prélevée du bassin biologique le 27/10/2013



eau prélevée du bassin biologique le 03/11/2013



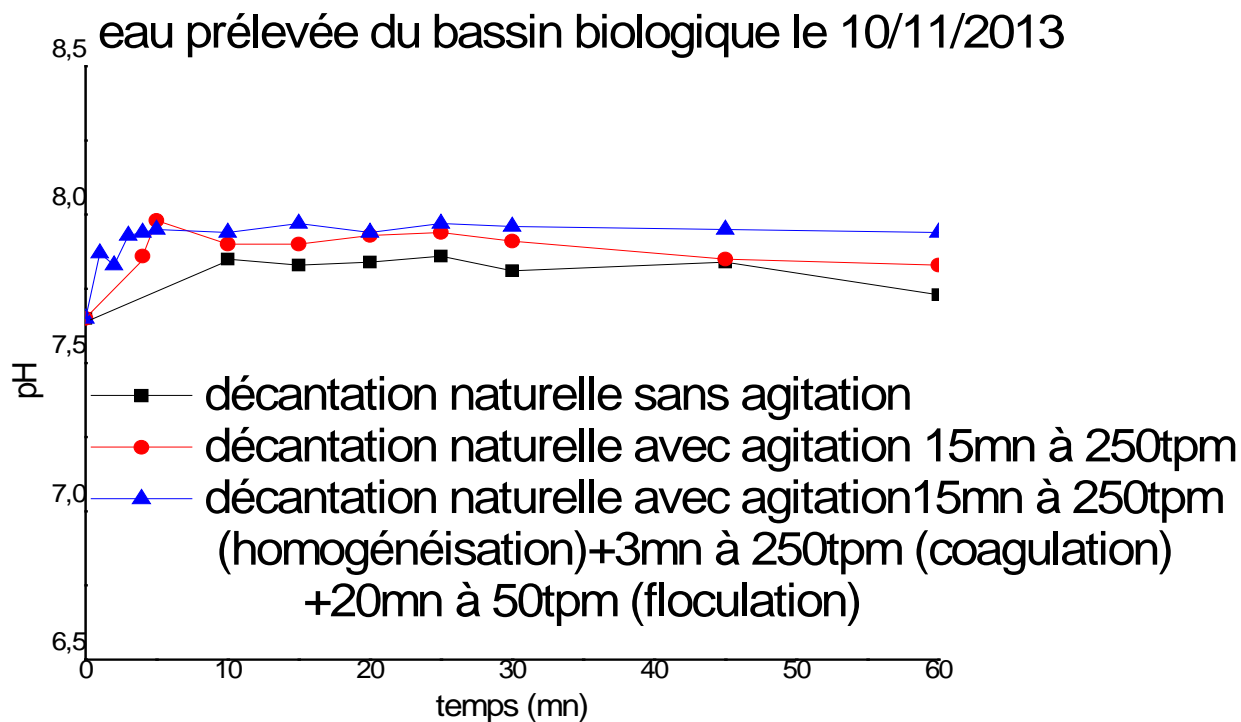
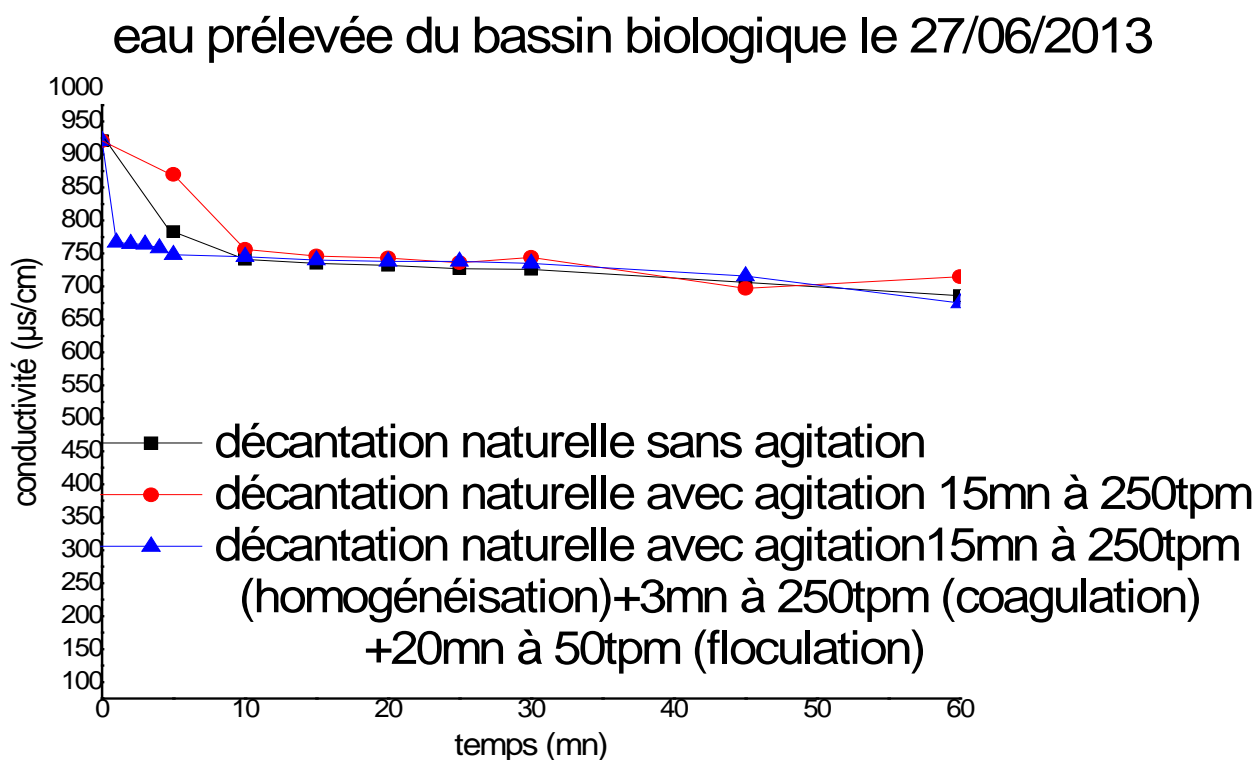
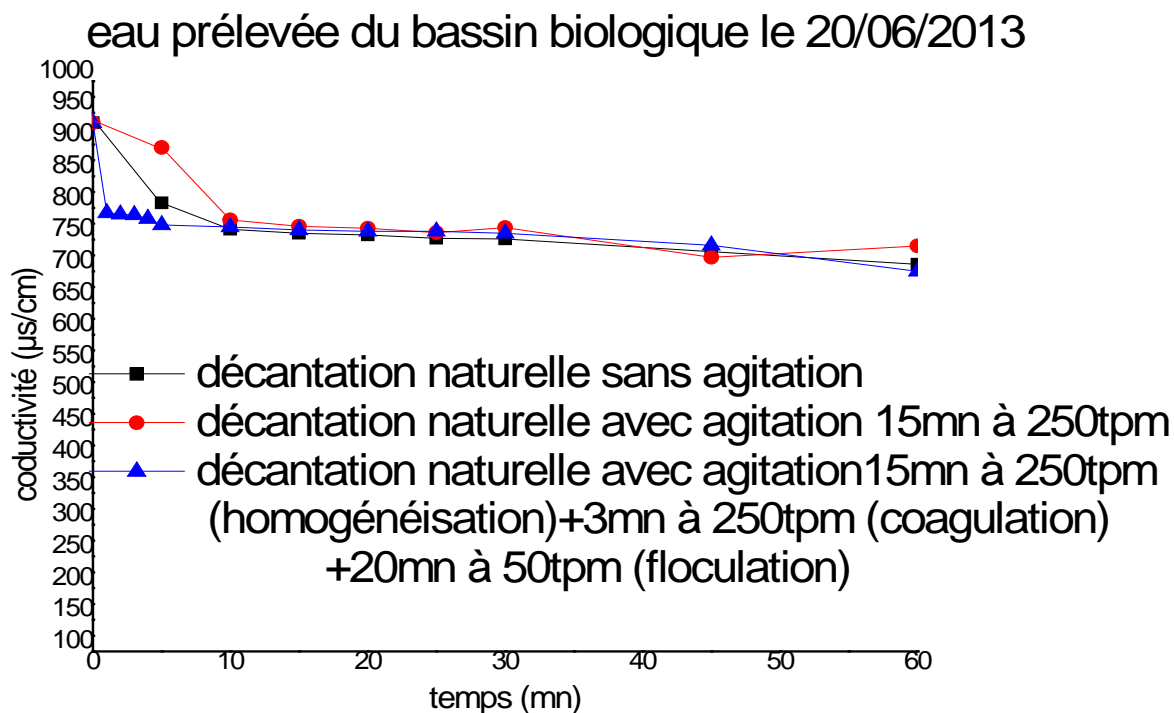
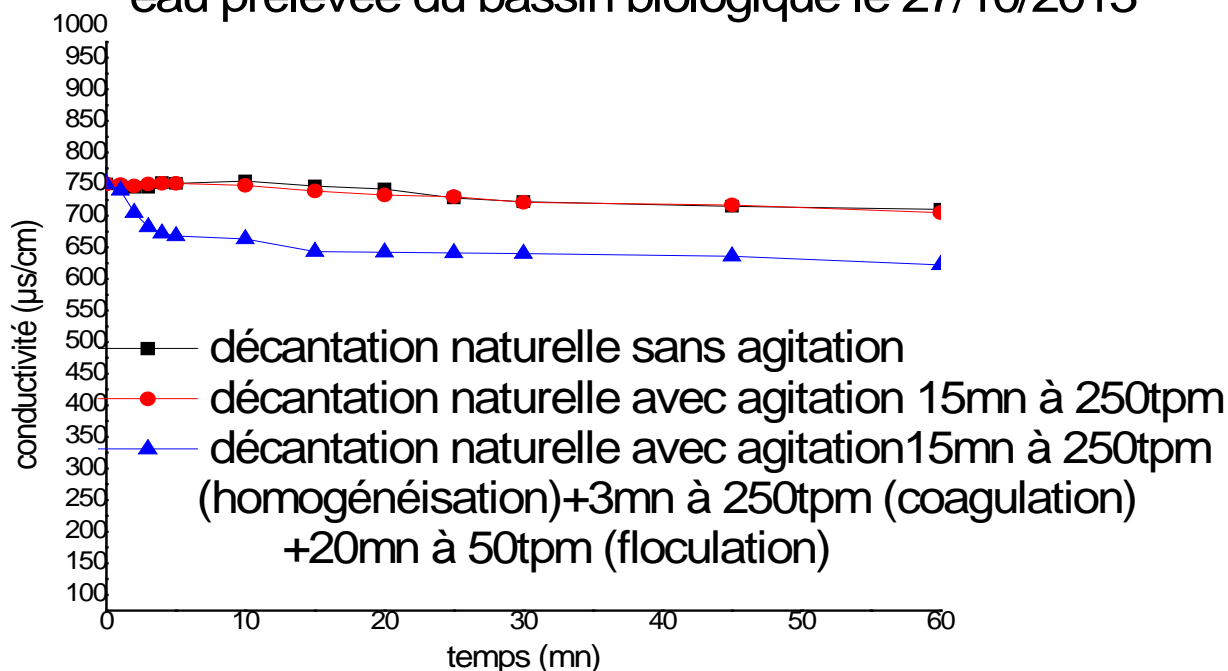


Figure V.2 : Cinétiques de pH en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de floculant)

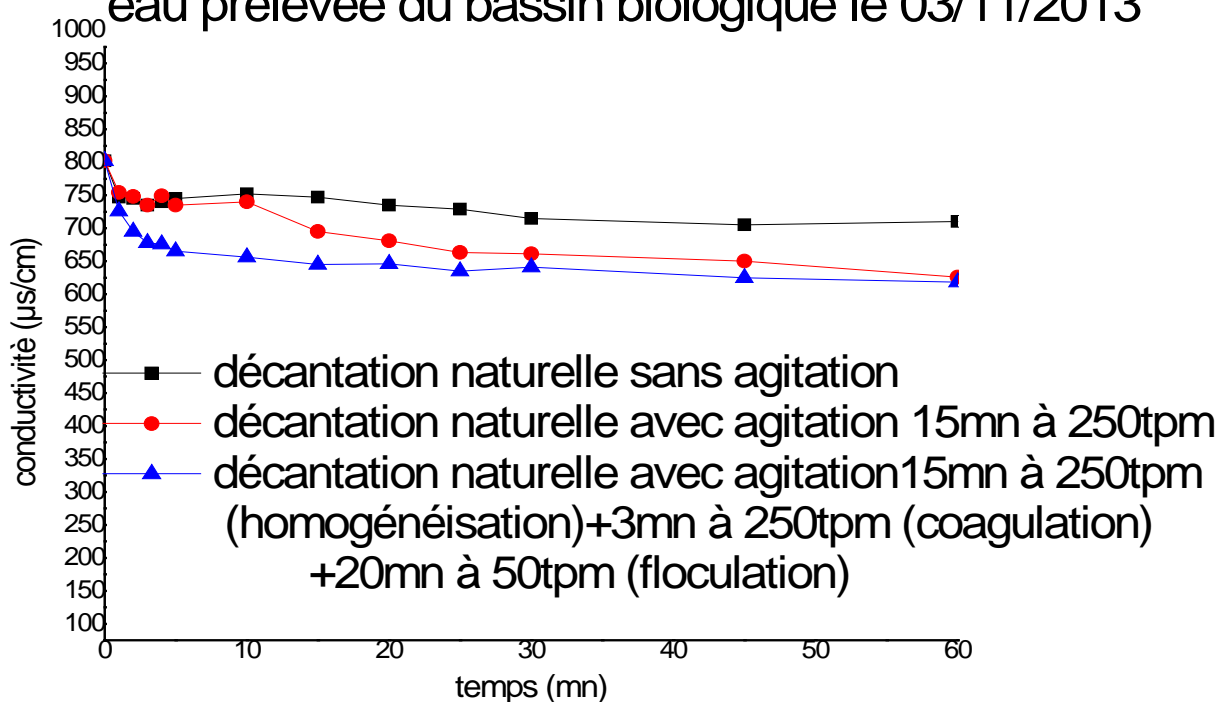
Pour les 5 prélèvements d'effluents, les résultats de la conductivité sont présentés dans la **figure V.3**.



eau prélevée du bassin biologique le 27/10/2013



eau prélevée du bassin biologique le 03/11/2013



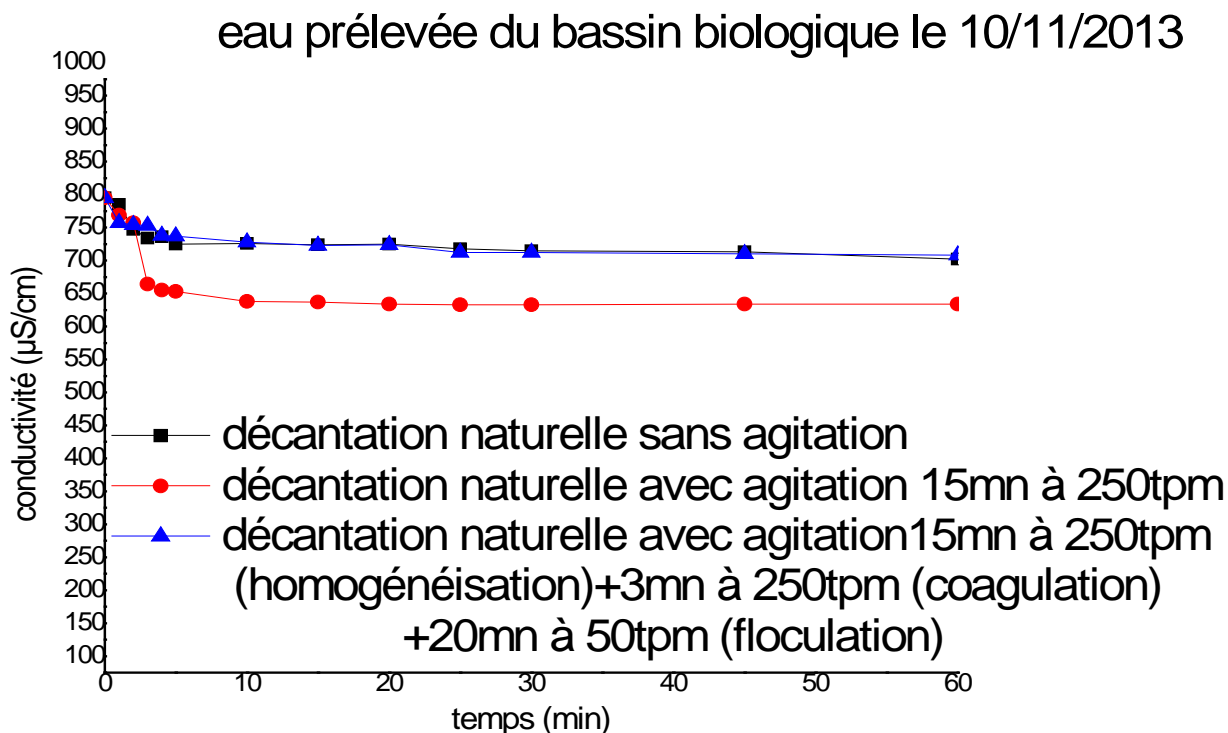
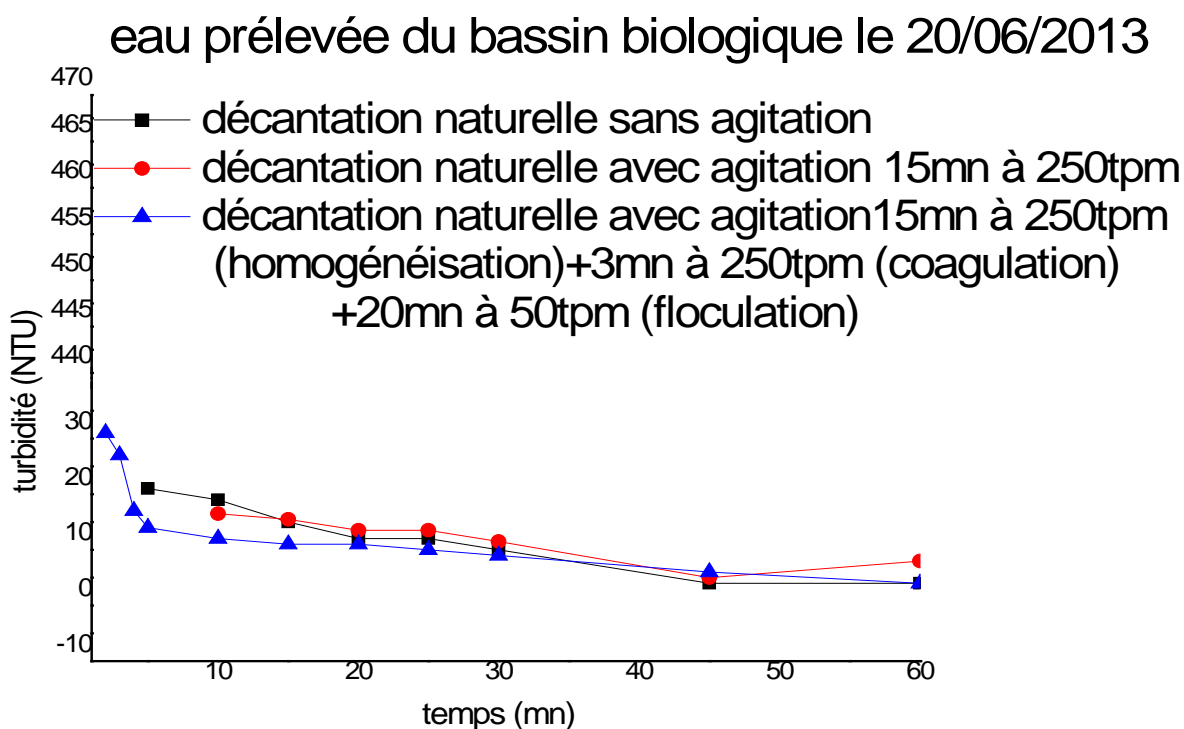
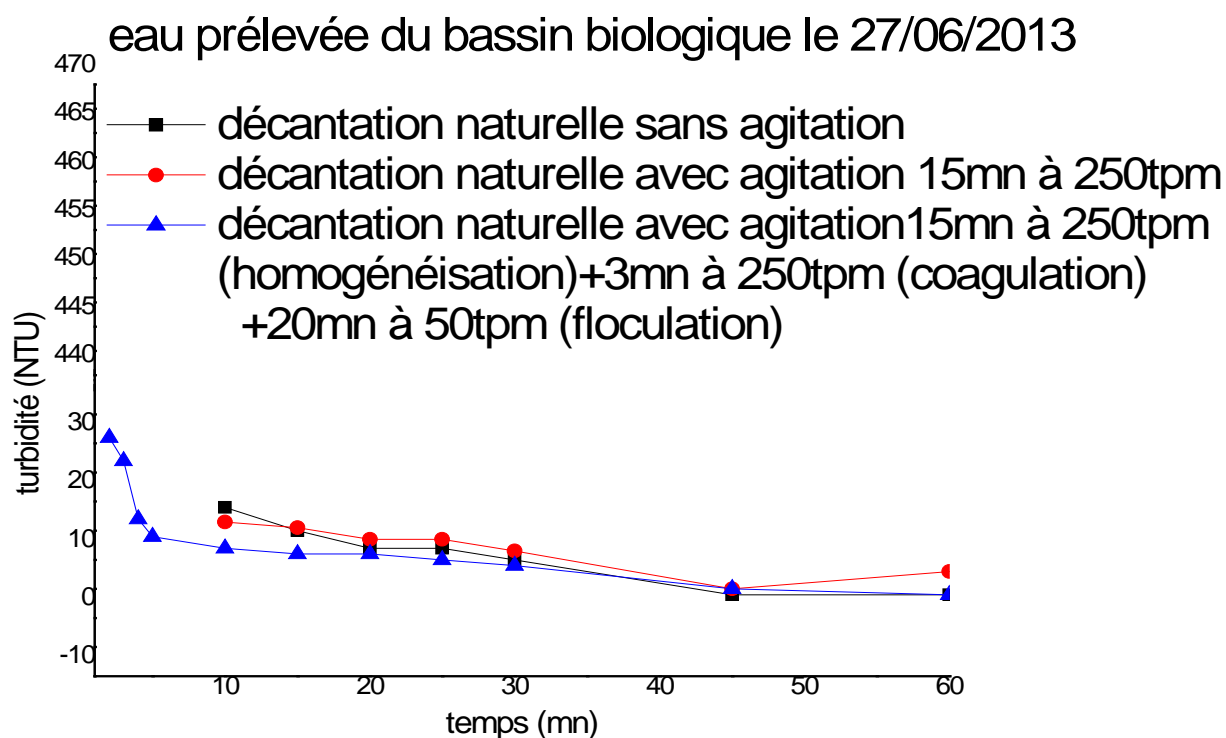


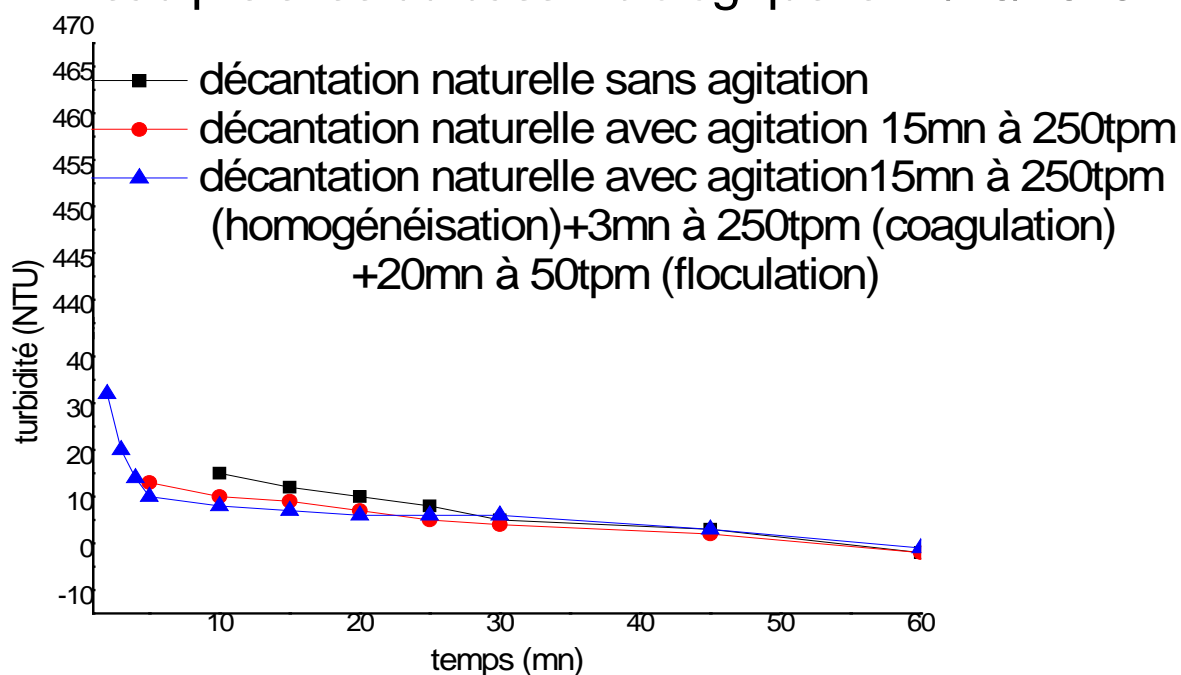
Figure V.3 : Cinétiques de la conductivité en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de floculant)

Pour les 5 prélèvements d'effluents, les résultats de la conductivité montrent que les valeurs (initialement de $950\mu\text{S}/\text{cm}$) diminuent légèrement les premières minutes puis se stabilisent de $800\mu\text{S}/\text{cm}$ vers $750\mu\text{S}/\text{cm}$ jusqu'à la fin de la décantation. Les eaux usées traitées biologiquement présentent une minéralisation moyenne due probablement à la présence des ions tels que : les phosphates, les nitrates, les hydroxydes, les carbonates,....

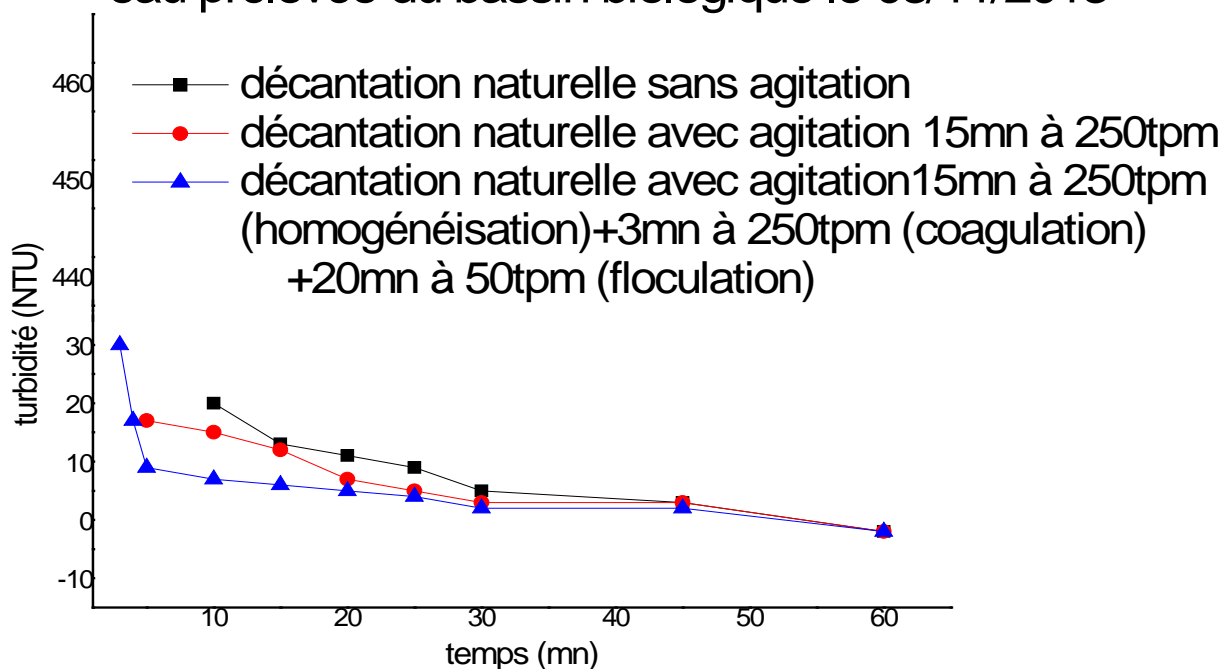
Pour les 5 prélèvements d'effluents, l'allure des courbes de variation de la turbidité rassemblées dans la **figure V.4** sont semblables à celles de MES. En effet, une relation de proportionnalité existe entre ces deux paramètres.



eau prélevée du bassin biologique le 27/10/2013



eau prélevée du bassin biologique le 03/11/2013



eau prélevée du bassin biologique le 10/11/2013

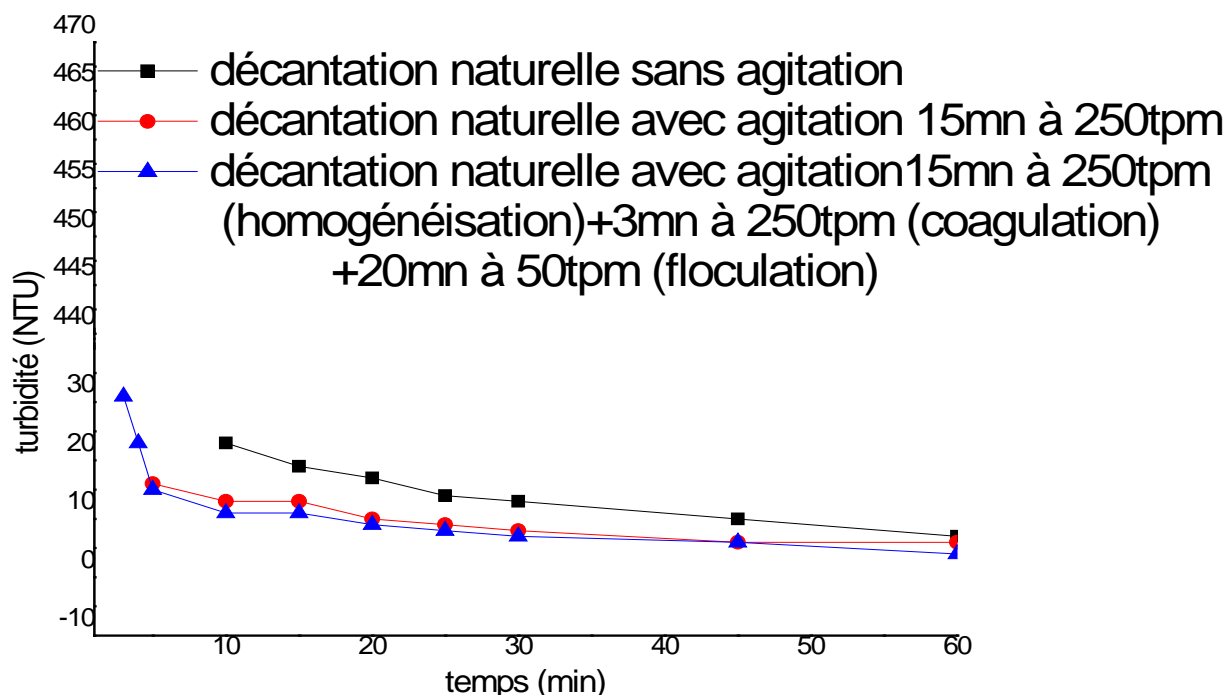


Figure V.4 : Cinétiques de la turbidité en fonction du temps pour la décantation naturelle (avant ajout de floculant)

Les résultats obtenus montrent que :

- 1- sans homogénéisation et avec homogénéisation pendant 15mn à 250tpm, les valeurs de la turbidité passent de 25NTU (mesurée à 1mn) à 19NTU au bout de 10mn puis elles diminuent légèrement pour atteindre la valeur de 4NTU vers la fin de traitement (60mn).
- 2- avec homogénéisation pendant 15mn à 250tpm suivie de 3mn à 250tpm (dite phase de coagulation) et de 20mn à 50tpm (dite phase de floculation), les valeurs de la turbidité passent de 21NTU (mesurée à 1mn) à 16NTU au bout de 5mn puis elles diminuent légèrement pour atteindre la valeur de 3 NTU vers la fin de traitement (60mn). Ces résultats viennent confirmer que dans les conditions opératoires adoptées, il y a eu floculation des substances présentes dans les effluents conduisant ainsi à la diminution de la turbidité résiduelle dans les eaux ainsi que du temps de décantation.

V.6.3 Suivi de la décantation des eaux usées traitées biologiquement après ajout de chitosanes :

Les premiers essais expérimentaux ont bien montré que les matières en suspension présentes dans les eaux usées traitées biologiquement sont lentement décantables. En vue de faciliter la séparation des boues des eaux épurées, il a été proposé dans ce travail d'intégrer avant l'opération finale de décantation, une étape intermédiaire et qui est la coagulation-floculation. Pour cela, du chitosane a été additionné aux eaux traitées biologiquement. Plusieurs chitosanes ont été testés et plusieurs doses ont été utilisées (1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 et 3mg/l d'effluent) en vue de rechercher la quantité optimale, adéquate et suffisante.

Dans ce qui suit, chaque chitosane sera présenté et une comparaison sera effectuée avec l'essai sans ajout de flocculant sous les mêmes conditions : agitation de 18mn à 250tpm puis de 20mn à 50tpm.

V.6.3.1 Cinétiques de MES en fonction du temps :

V.6.3.1.1 Avec ajout de ChitiChimDA11jT23°C :

Les résultats de MES sont rassemblés dans la **figure V.5**.

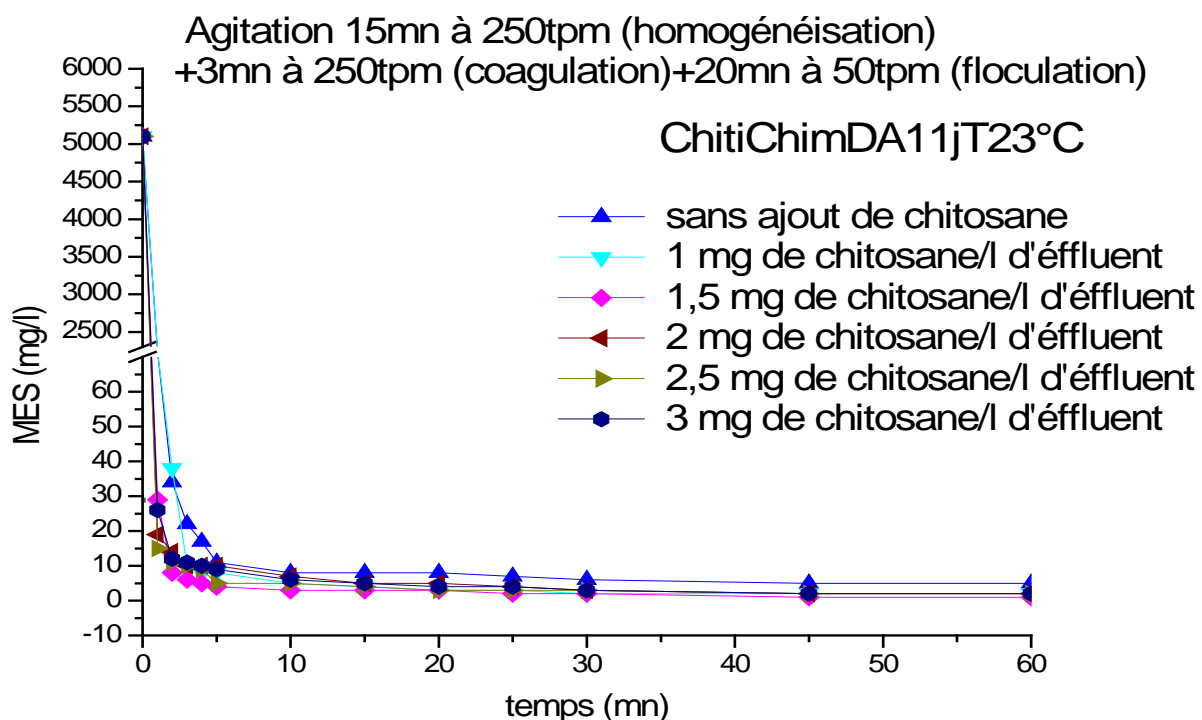


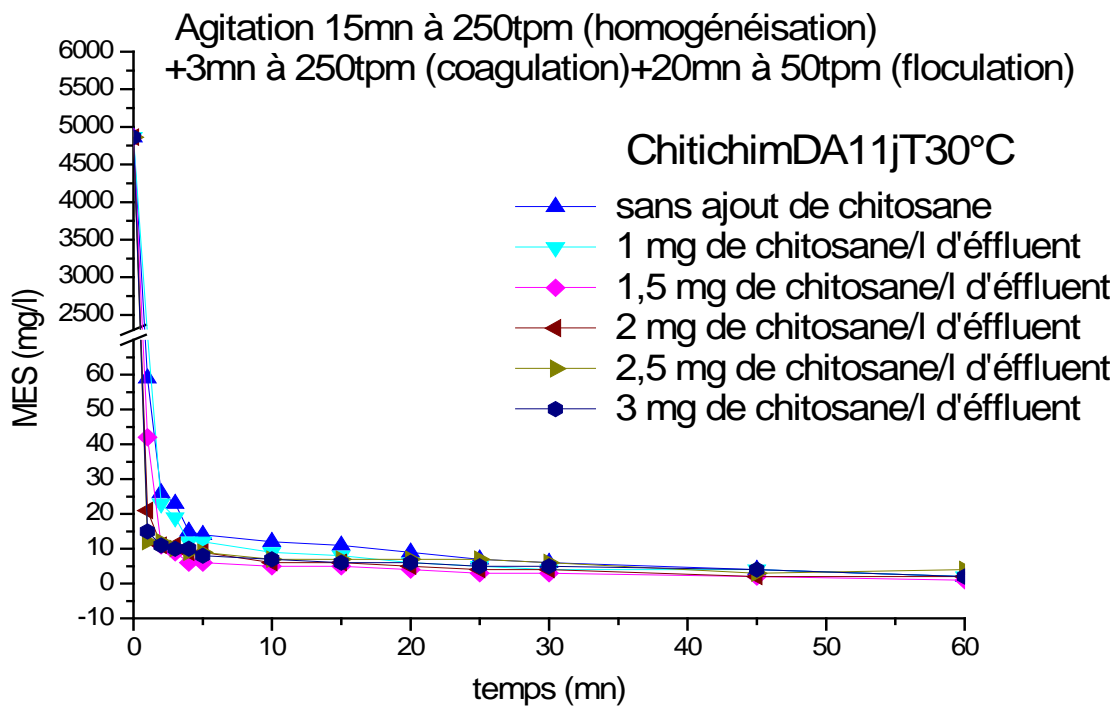
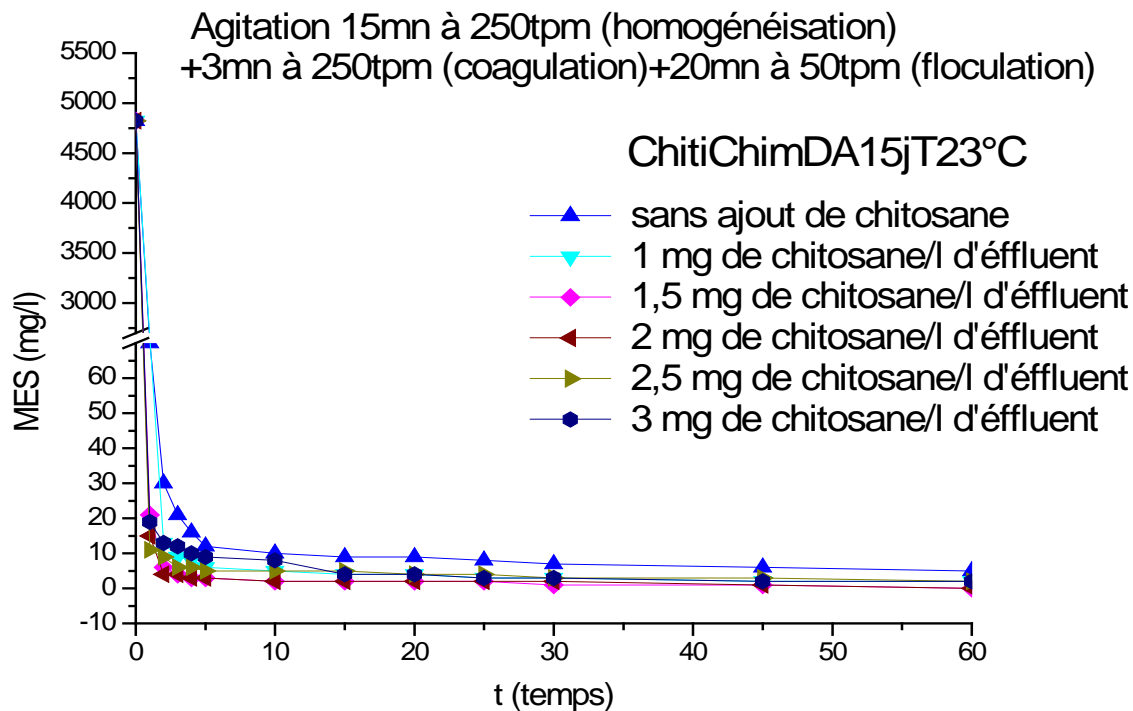
Figure V.5 : Cinétiques de MES en fonction du temps pour *ChitiChimDA11jT23°C* à différentes doses et sans ajout de chitosane durant la décantation

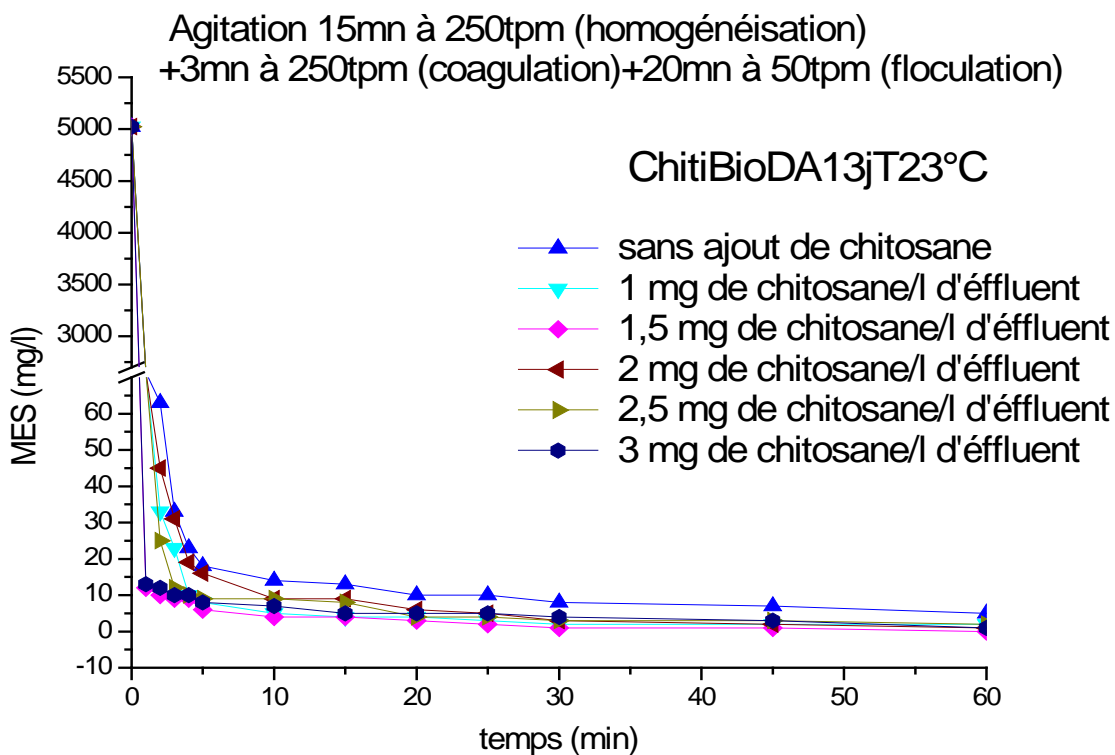
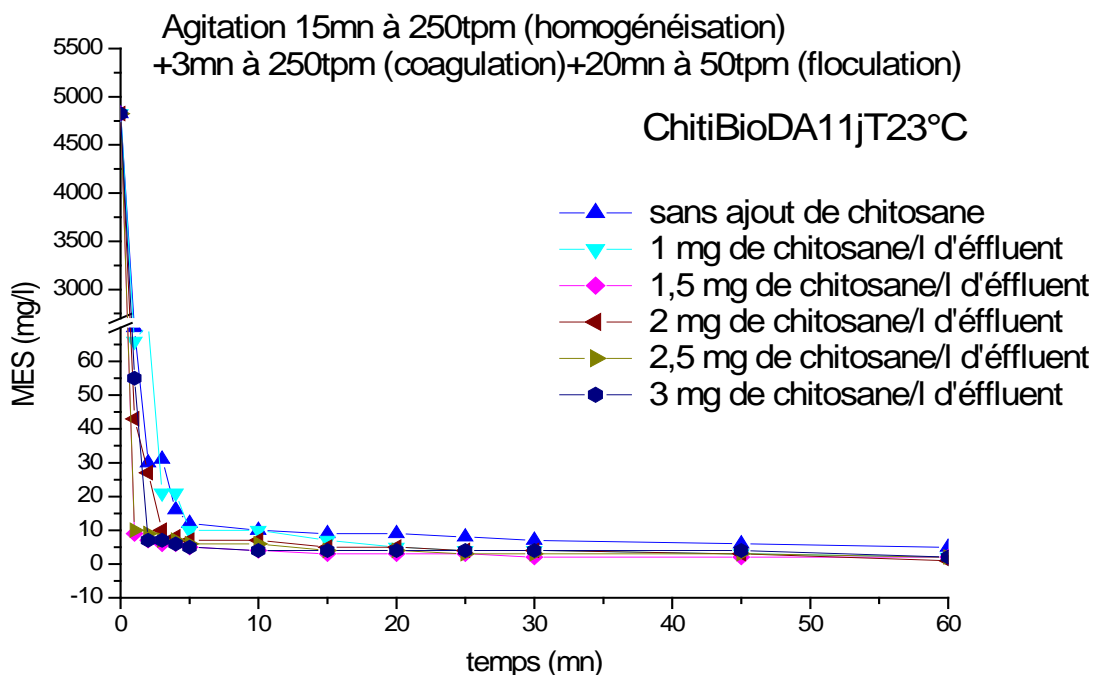
Durant la décantation des effluents après ajout de chitosane **ChitiChimDA11jT23°C**, à différentes doses, les particules s'agglomèrent plus rapidement dès la première minute que dans le cas de l'absence du chitosane. Il est aussi remarqué que la concentration résiduelle en MES est plus faible. En effet, à la première minute (1 mn), la concentration en MES du surnageant diminue brutalement de 5100mg/l à 80mg/l avec 0mg/l de chitosane, de 5100mg/l à 77mg/l avec 1mg/l de chitosane, de 5100mg/l à 29mg/l avec 1,5mg/l de chitosane et de 5100mg/l à 26mg/l avec 3mg/l de chitosanes.

A la 3^{ème} minute, les valeurs de MES varient entre 6mg/l et 22mg/l pour les différents doses de *ChitiChimDA11jT23°C*. Au bout de 5mn, on atteint des valeurs encore plus faibles situées entre 5mg/l et 11mg/l. Au-delà de 5mn et jusqu'à la fin du traitement (60mn), un palier est atteint dans l'intervalle 1mg/l -5mg/l sans qu'il y ait retour de la stabilisation de la suspension. La valeur minimale de MES est de 1mg/l obtenue avec la dose de 1,5mg/l de *ChitiChimDA11jT23°C*.

Les résultats de MES obtenus des autres chitines (ChitiChimDA15jT23°C, ChitiChimDA11jT30°C, ChitiBioDA11jT23°C, ChitiBioDA13jT23°C, ChitiBioDA10jT30°C) sont rassemblé dans le **tableau V.4**

Paramètre		MES « mg/l »																	
Le temps (mn)		0			1			3			5			60					
Les différentes doses		0			1			1.5			2			2.5			3		
Les différentes Chitines		ChitBio DA 10jT30°C		ChitBio DA 13jT23°C		ChitBio DA 11jT23°C		ChitChim DA 11jT30°C		ChitChim DA 15jT23°C		ChitChim DA 11jT23°C							
5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480	5480
16	9	20	35	14	59	9	9	17	17	13	23	8	7	10	10	14	7	10	10
92	85	12	87	74	70	66	21	9	31	55	31	12	7	10	14	12	7	10	10
71	21	15	70	11	19	21	4	4	21	19	4	6	6	6	6	3	12	11	11
80	77	29	19	15	26	22	10	6	6	23	19	3	3	3	3	9	5	5	5
8	7	10	13	23	8	7	10	10	10	14	12	8	6	6	6	12	10	10	10
18	8	6	16	9	6	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
9	8	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	2	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	14	2	0	4	1	1	1	1											





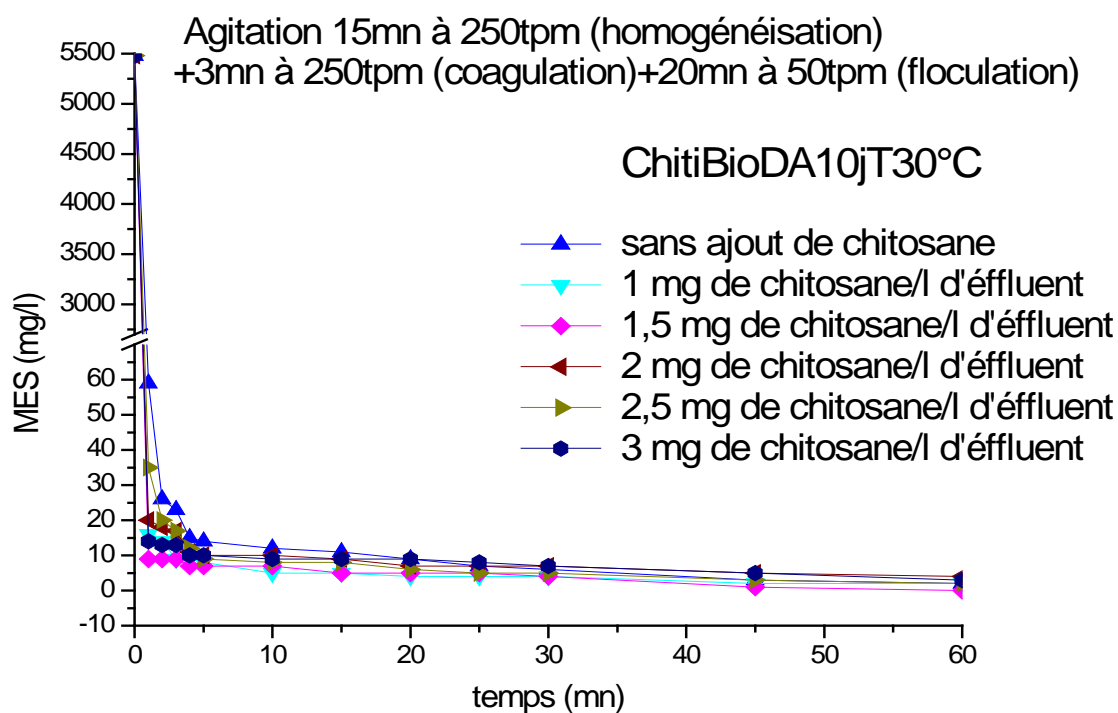


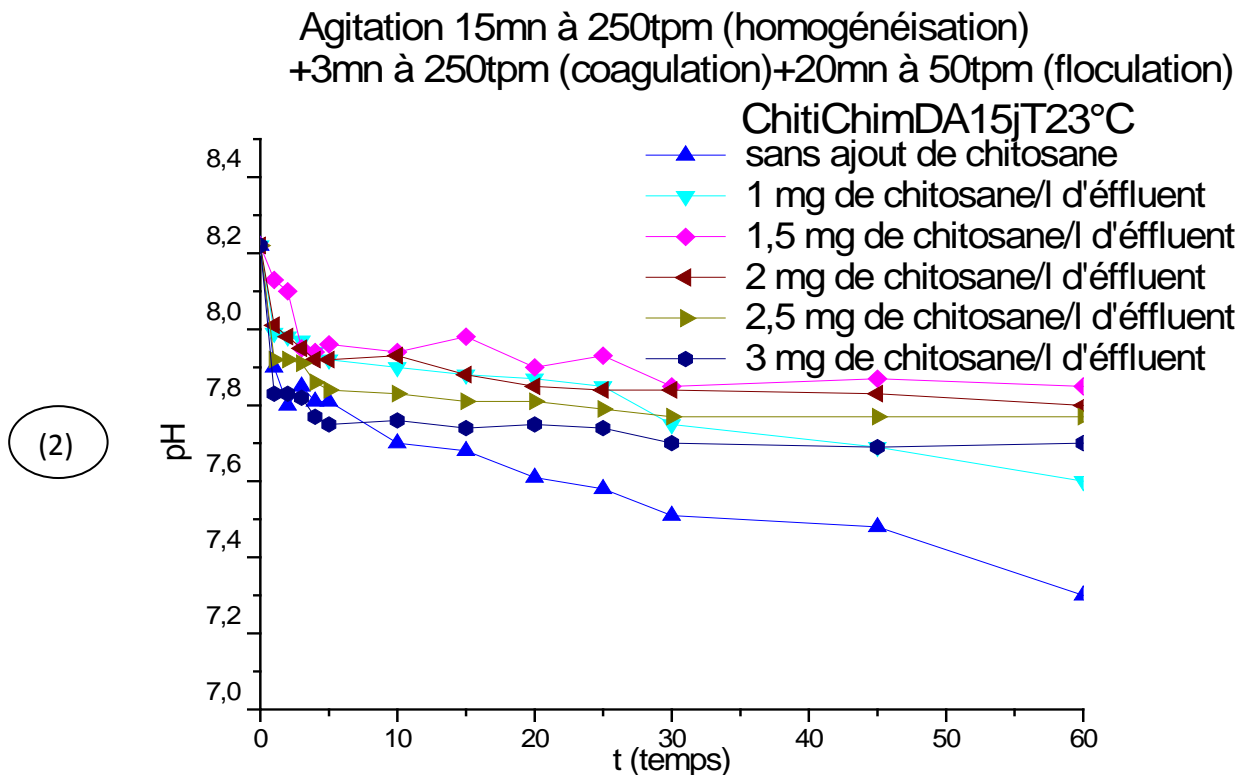
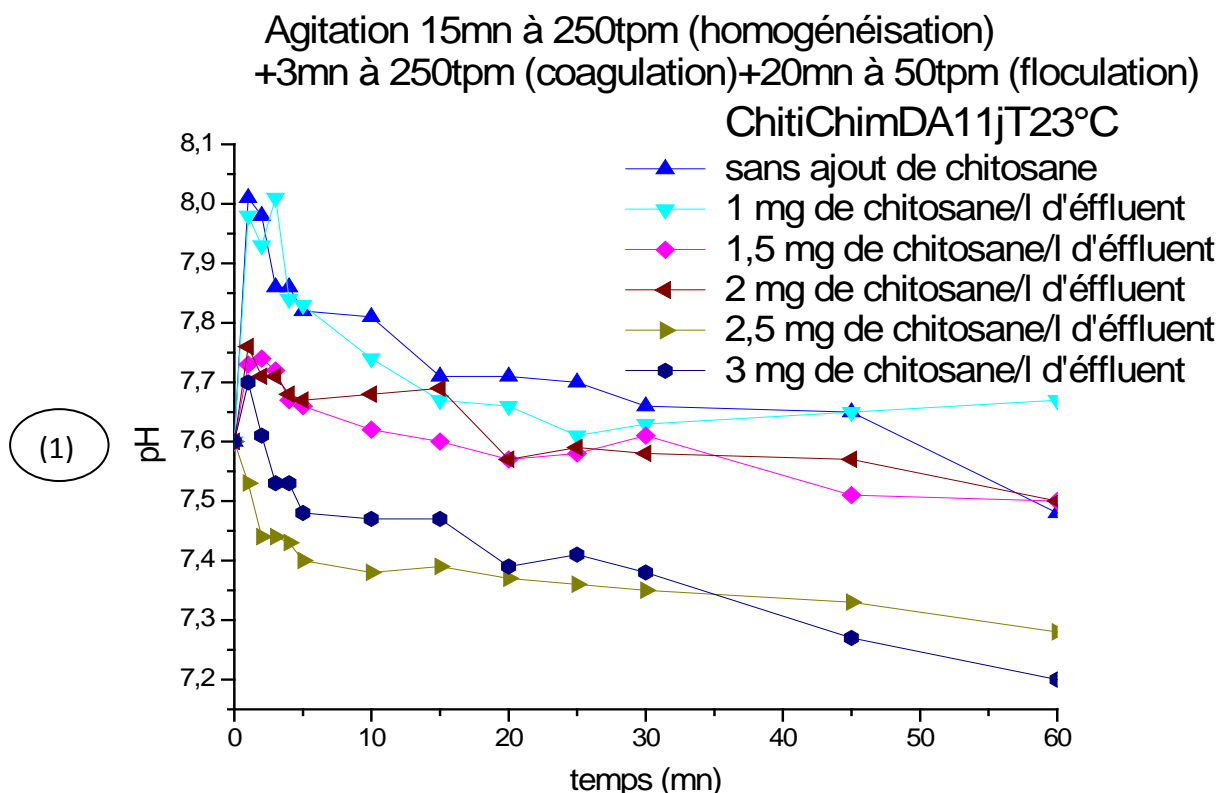
Figure V.6 : Cinétiques de MES en fonction du temps pour (ChitiChimDA15jT23°C, ChitiChimDA11jT30°C, ChitiBioDA11jT23°C, ChitiBioDA13jT23°C, ChitiBioDA10jT30°C), à différentes doses et sans ajout de chitosane durant la décantation

V.6.3.2. Cinétiques du pH en fonction du temps avec ajout des différents chitosanes :

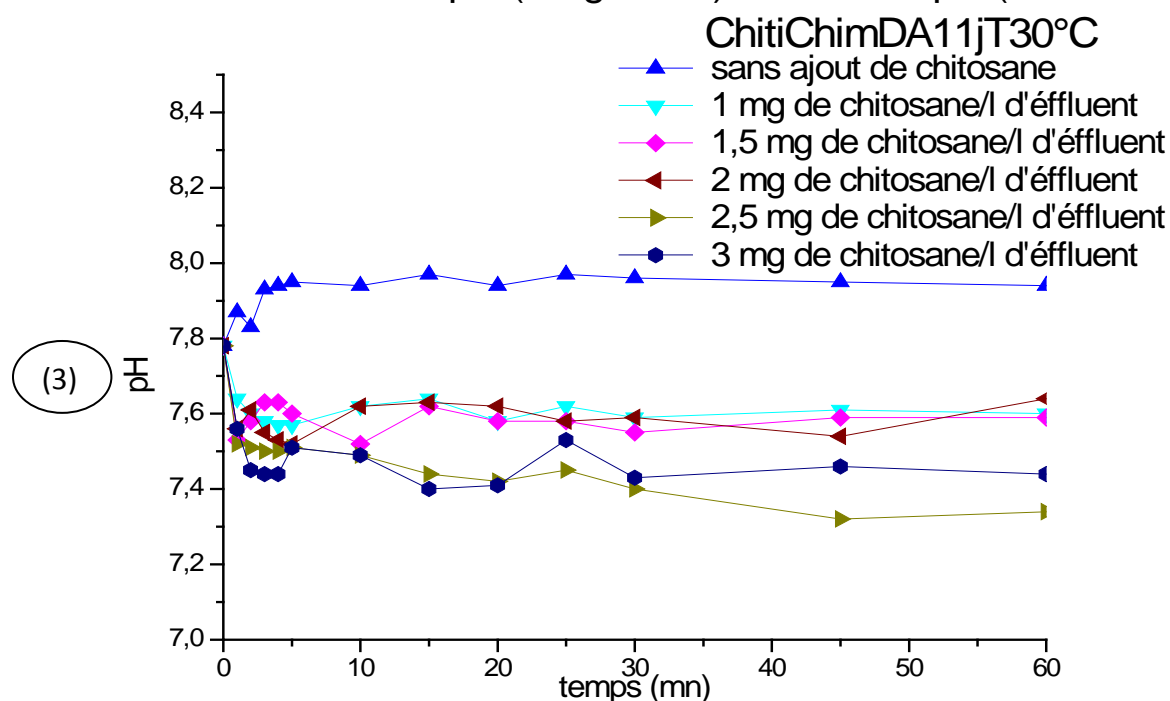
Les résultats du pH mesurés à la température ambiante (entre 20°C et 25°C) sont rassemblés dans le **tableau V.5**.

Les différentes Chitines							Paramètre
							pH
							Le temps (mn)
							Les différentes doses
ChitBio DA10jT30°C	ChitBio DA13jT23°C	ChitBio DA11jT23°C	ChitChim DA11jT30°C	ChitChim DA15jT23°C	ChitChim DA11jT23°C		
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	0	
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	1	
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	1.5	
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	2	
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	2.5	
7.65	8.10	8.22	7.78	8.22	7.60	3	
7.89	7.81	7.90	7.87	7.99	8.01	0	
7.28	7.96	7.85	7.64	8.13	7.98	1	
7.75	7.91	7.65	7.53	8.01	7.73	1.5	
7.10	8.02	7.59	7.56	7.9	7.76	2	
7.10	7.90	7.67	7.52	7.92	7.53	2.5	
7.87	7.81	7.79	7.56	7.83	7.70	3	
7.58	7.78	7.85	7.93	7.97	7.86	0	
7.22	7.87	7.83	7.58	7.95	8.01	1	
7.63	7.88	7.40	7.63	7.95	7.72	1.5	
7.08	7.91	7.42	7.55	7.85	7.71	2	
7.08	7.86	7.69	7.50	7.91	7.44	2.5	
7.93	7.73	7.64	7.44	7.82	7.53	3	
7.60	7.72	7.81	7.95	7.92	7.82	0	
7.17	7.85	7.82	7.57	7.96	7.83	1	
7.60	7.86	7.41	7.60	7.92	7.66	1.5	
7.05	7.84	7.32	7.52	7.81	7.67	2	
7.05	7.78	7.68	7.51	7.84	7.4	2.5	
7.95	7.73	7.66	7.51	7.75	7.48	3	
7.36	7.65	7.45	7.94	7.60	7.48	0	
7.10	7.62	7.71	7.60	7.85	7.67	1	
7.45	7.70	7.29	7.59	7.80	7.50	1.5	
7.04	7.59	7.28	7.64	7.30	7.50	2	
7.04	7.57	7.60	7.34	7.77	7.28	2.5	
7.04	7.69	7.58	7.44	7.70	7.20	3	

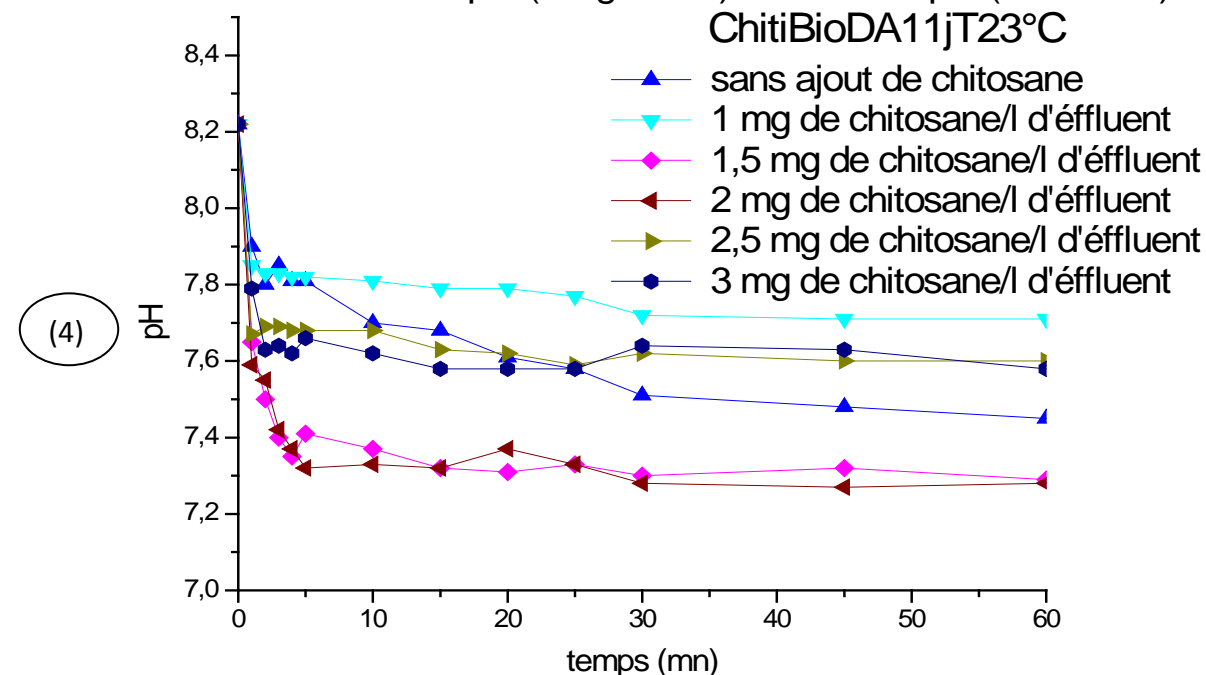
Les graphes du pH sont rassemblés dans la **figure V.11**.



Agitation 15mn à 250tpm (homogénéisation)
 +3mn à 250tpm (coagulation)+20mn à 50tpm (floculation)



Agitation 15mn à 250tpm (homogénéisation)
 +3mn à 250tpm (coagulation)+20mn à 50tpm (floculation)



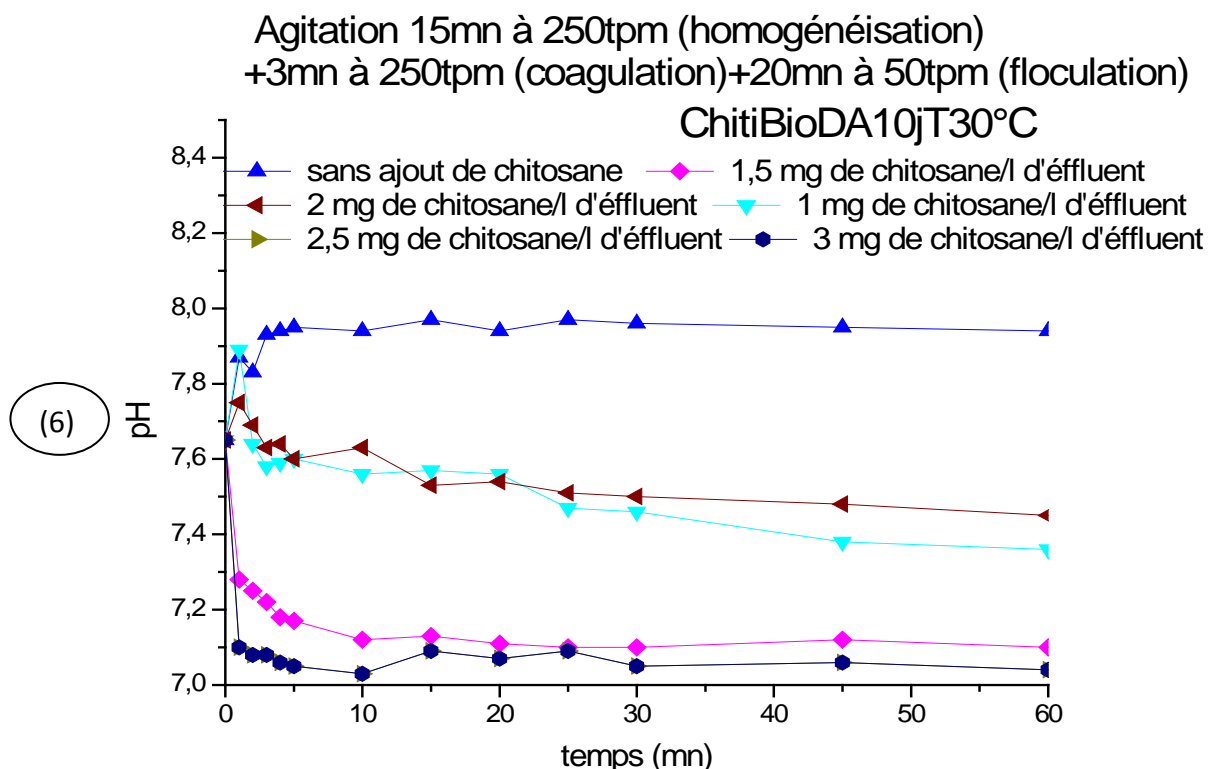
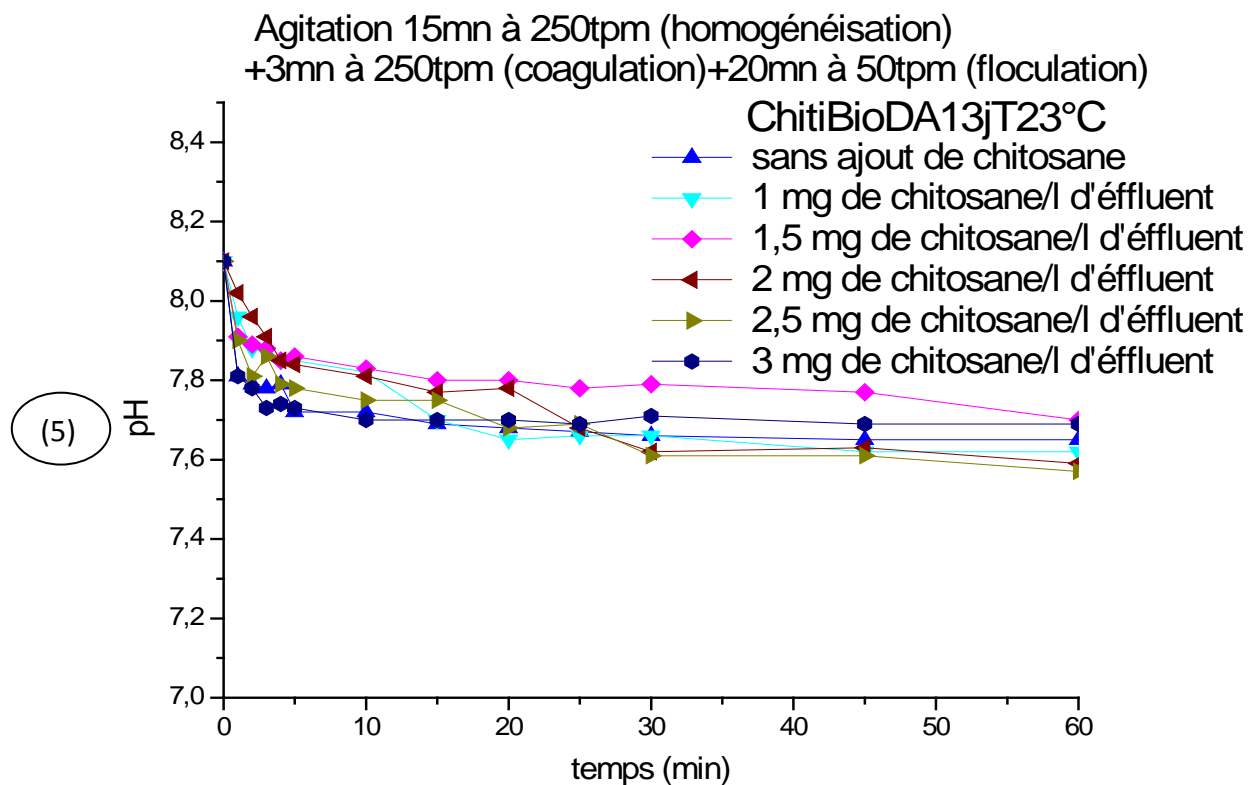


Figure V.11 : Cinétiques de pH en fonction du temps pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation

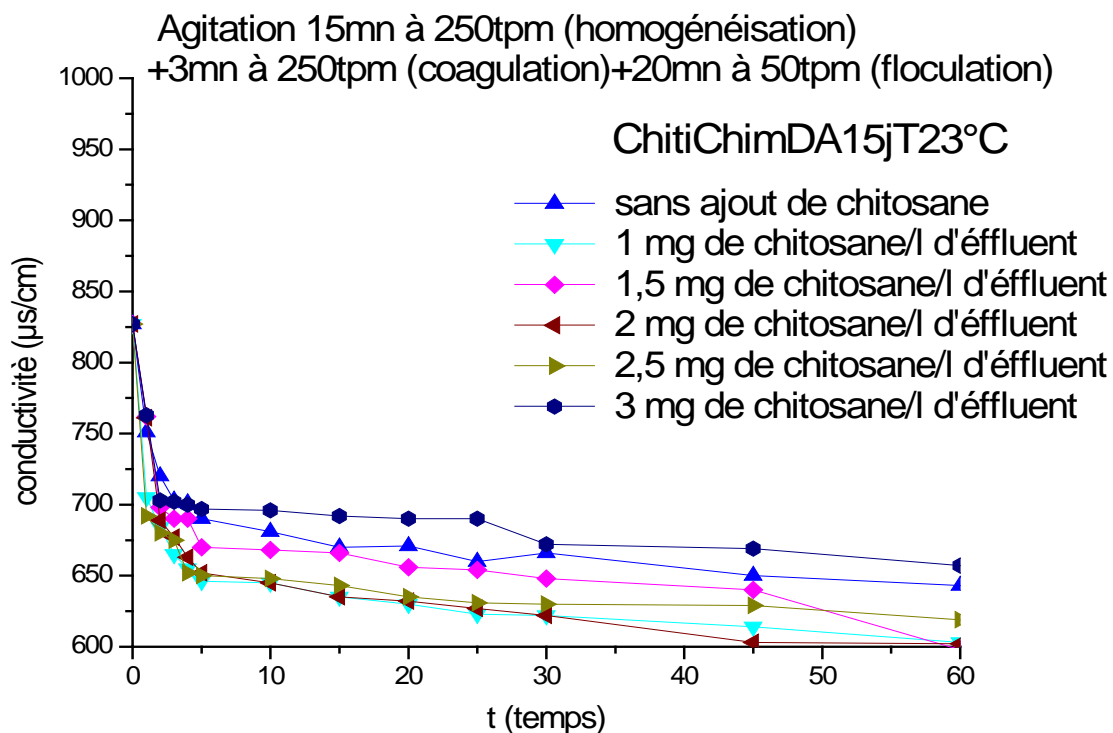
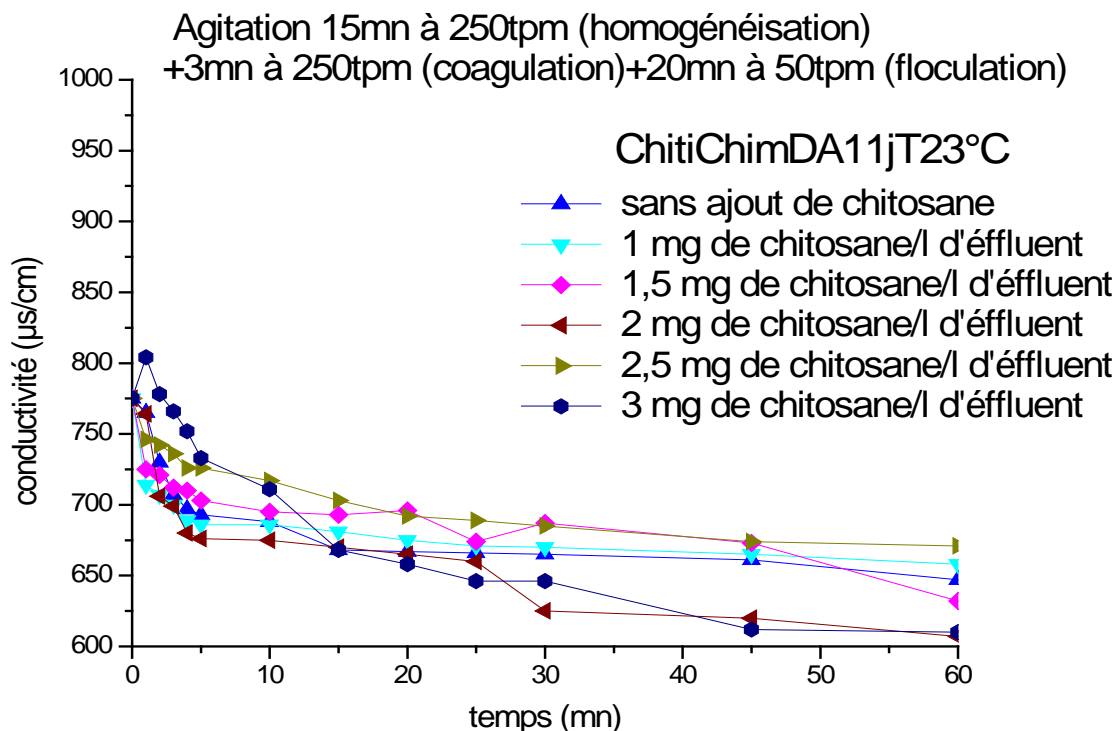
Il est tiré de la **figure V.11**, les interprétations suivantes :

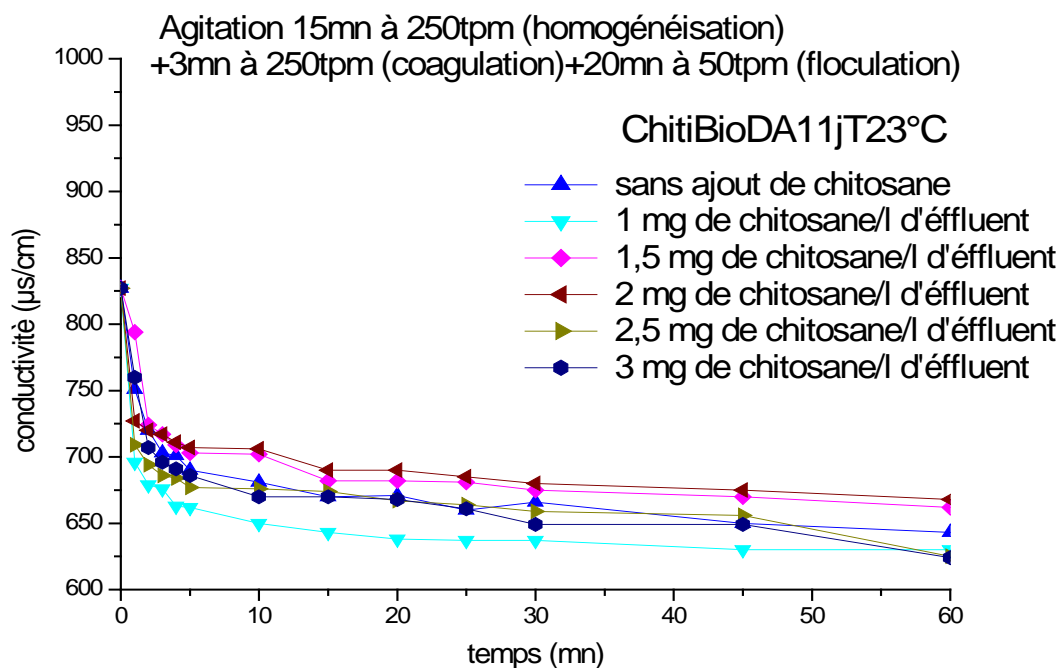
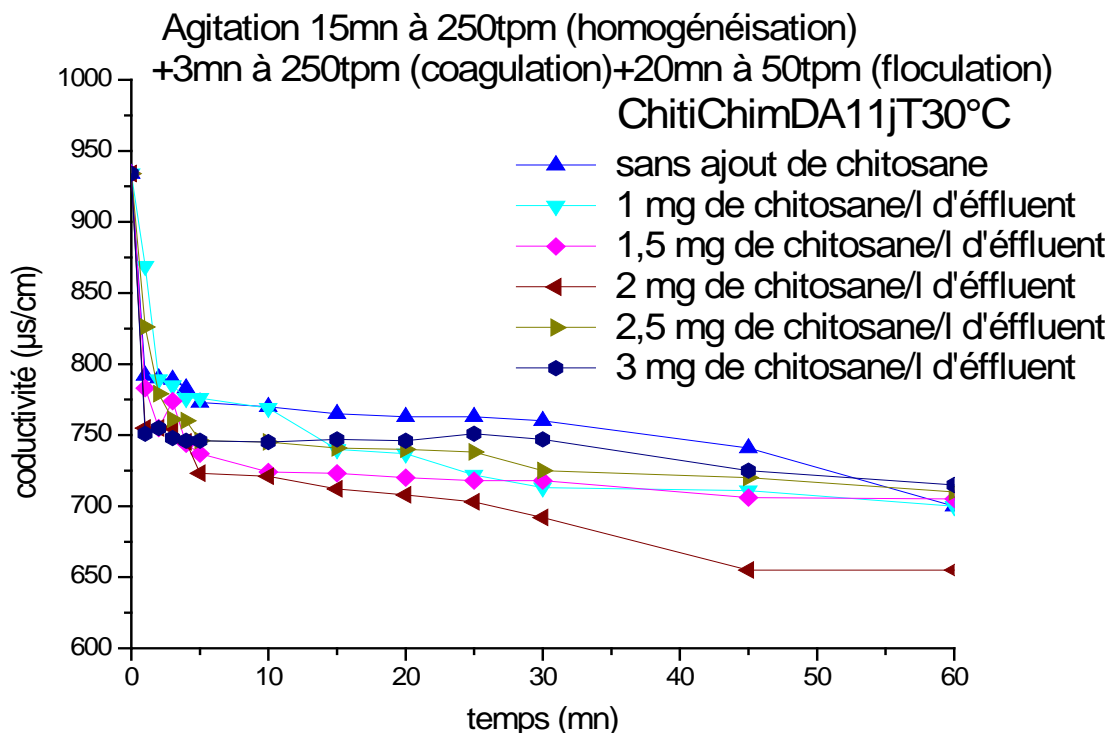
- (1) : L'effluent prélevé au mois de juin présente un pH initial de 8,1. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue légèrement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiChimDA11jT23°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,2-8,1.
- (2) : L'effluent prélevé au mois de novembre présente un pH initial de 8,22. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue légèrement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiChimDA15jT23°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,3-8,22.
- (3) L'effluent prélevé au mois de juin présente pH un initial de 8,22. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue progressivement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiChimDA11jT30°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,28-8,22.
- (4) L'effluent prélevé au mois de novembre présente pH un initial de 8,1. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue légèrement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiBioDA11jT23°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,57-8,1.
- (5) L'effluent prélevé au mois de octobre présente un pH un initial de 7,65. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue légèrement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiBioDA13jT23°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,04-7,65.
- (6) L'effluent prélevé au mois de juin présente pH un initial de 7,78. Après ajout de chitosane en solution (dans l'acide acétique à 1%), cette valeur diminue progressivement avec l'augmentation de la dose de chitosane ChitiBioDA10jT30°C pour atteindre des valeurs de pH situées dans l'intervalle de 7,34-7,78.

V.6.3.3 Cinétiques de la conductivité en fonction du temps avec ajout des différents chitosanes :

Les résultats de la conductivité mesurés à la température ambiante (entre 20°C et 25°C) sont rassemblés dans le **tableau V.6**

Paramètre	Conductivité « $\mu\text{S}/\text{cm}$ »									
	0		1		3		5		60	
Le temps (mn)										
Les différentes doses	Les différentes Chitines									
	ChitBioDA 10jT30°C	ChitBioDA 13jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitChimDA 11jT30°C	ChitChimDA 15jT23°C	ChitChimDA 11jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitBioDA 13jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitBioDA 13jT23°C
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	0
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	1
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	1.5
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	2
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	2.5
946	820	827	934	827	827	775	827	820	827	3
704	782	751	792	705	765	765	705	782	751	0
696	743	696	869	762	714	714	869	743	696	1
802	710	794	783	761	725	725	783	710	794	1.5
686	735	727	755	651	764	764	755	735	727	2
784	689	709	826	692	746	746	826	689	709	2.5
792	693	760	751	763	804	804	751	693	760	3
689	778	703	789	665	707	707	789	778	703	0
646	700	676	785	690	700	700	785	700	676	1
785	693	717	774	677	712	712	774	693	717	1.5
666	689	717	755	703	699	699	755	689	717	2
783	675	686	761	675	736	736	761	675	686	2.5
789	681	696	748	702	766	766	748	681	696	3
677	762	690	773	646	693	693	773	762	690	0
640	685	662	776	670	686	686	776	640	662	1
767	682	703	737	652	703	703	737	682	703	1.5
659	640	707	723	690	676	676	723	640	707	2
783	668	677	746	650	726	726	746	668	677	2.5
773	672	686	746	697	733	733	746	672	686	3
634	733	643	700	603	647	647	700	733	643	0
605	629	630	700	598	658	658	700	605	629	1
728	636	662	705	602	632	632	705	728	636	1.5
610	604	668	655	643	607	607	655	610	604	2
709	630	625	710	619	671	671	710	709	625	2.5
700	636	624	715	657	610	610	715	700	624	3





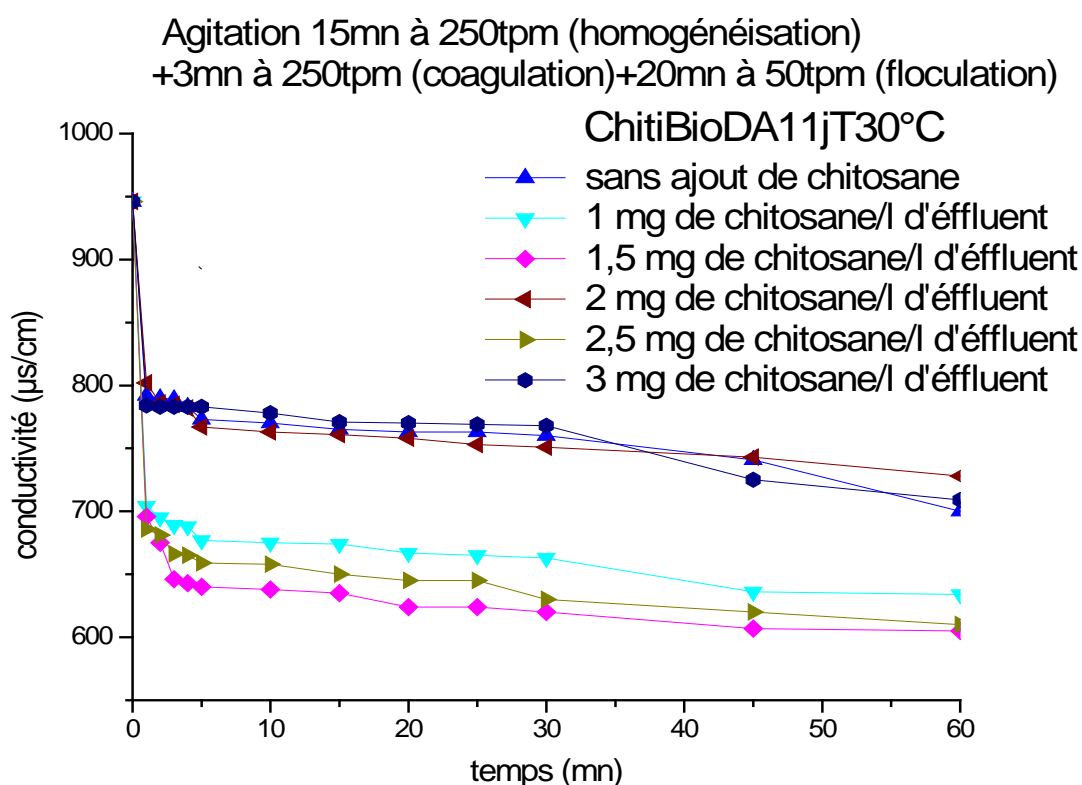
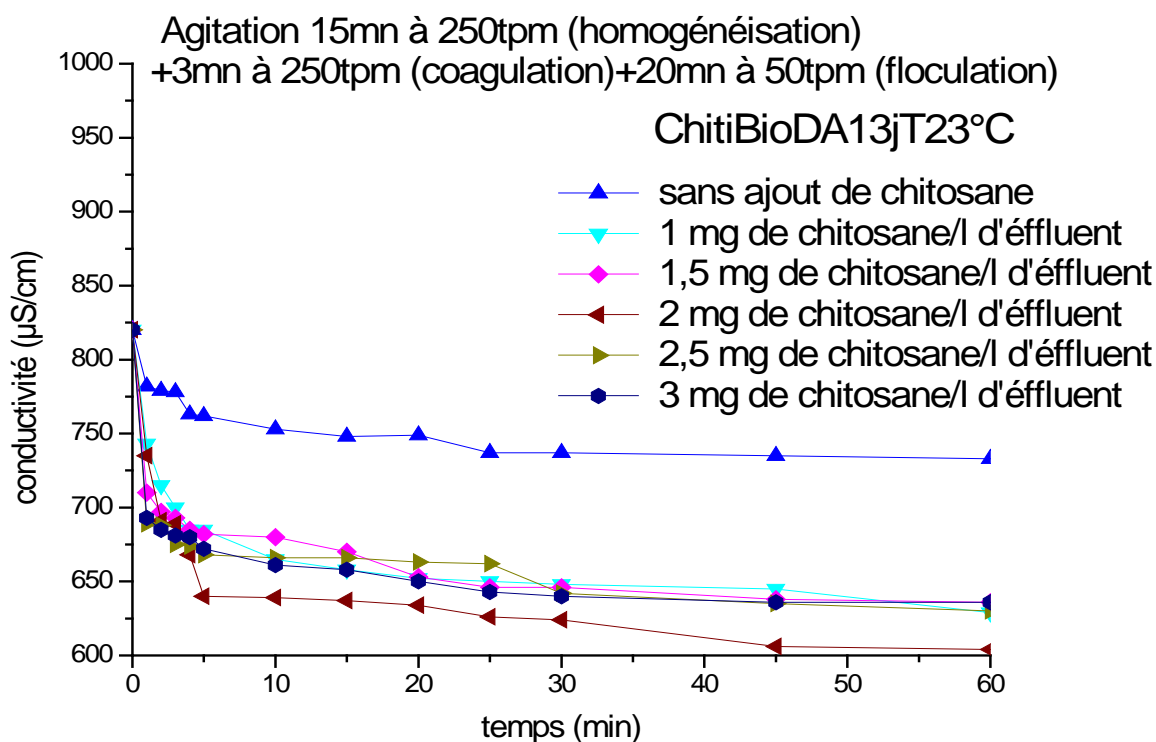
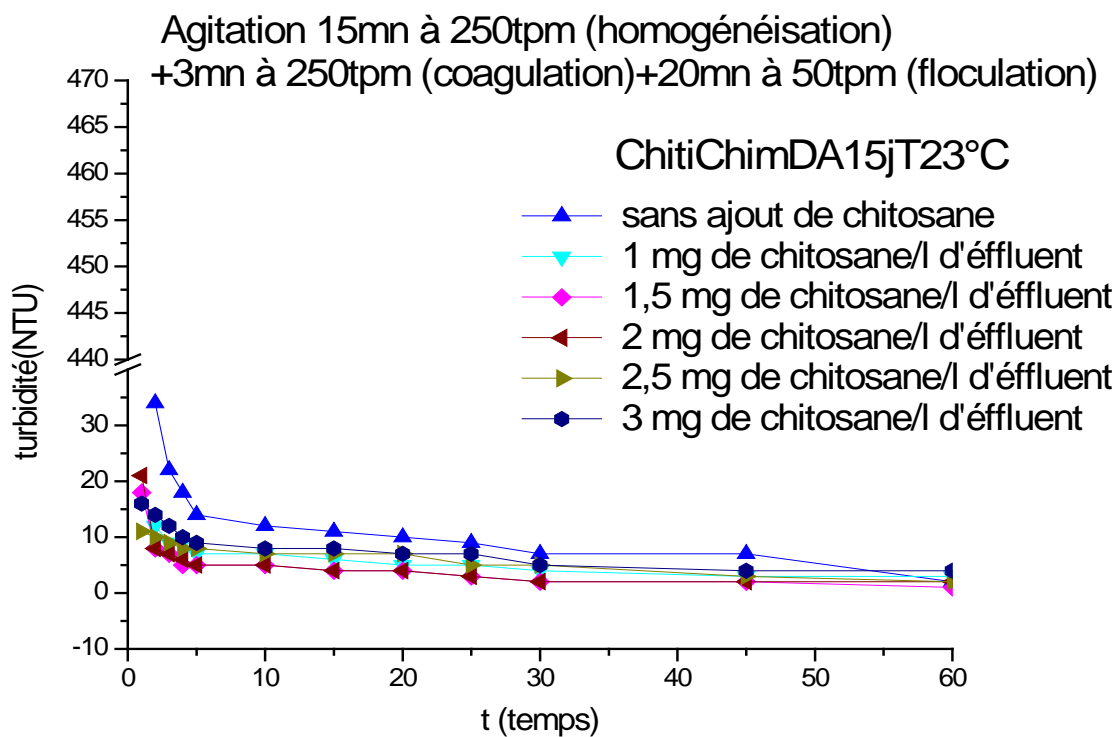
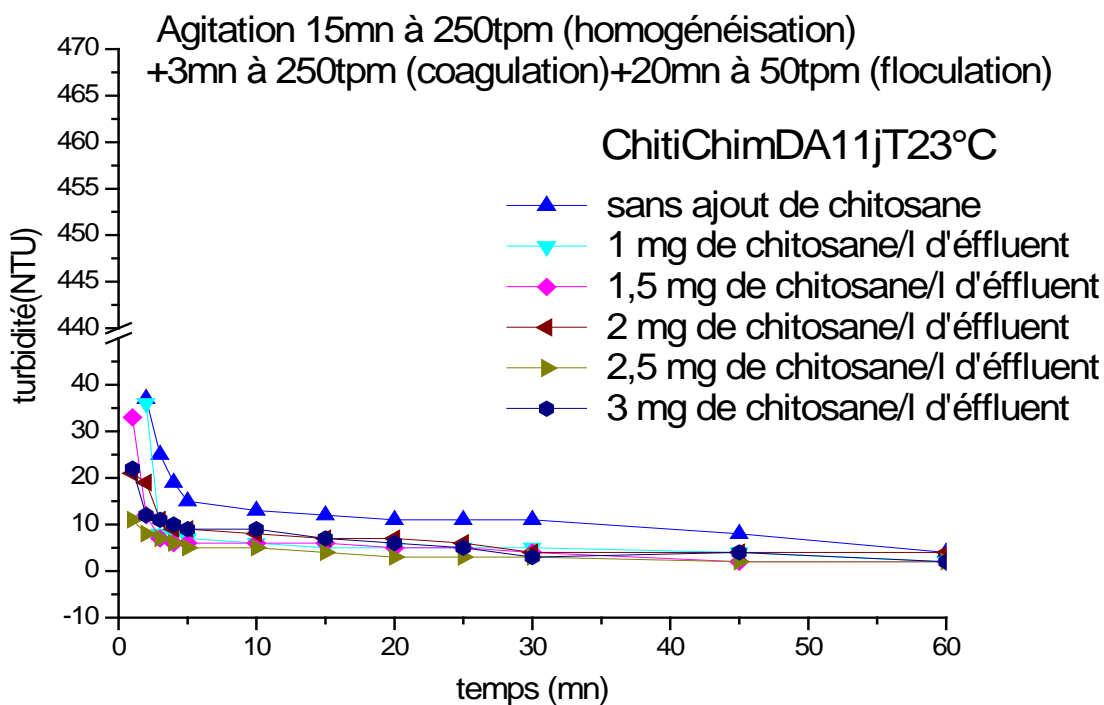


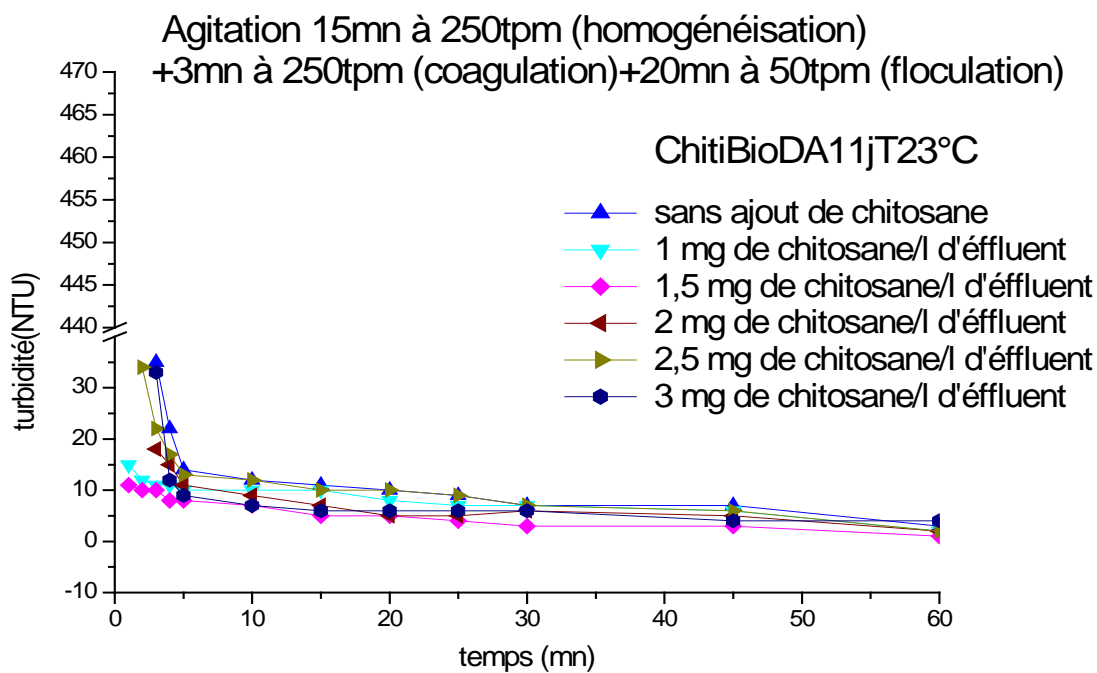
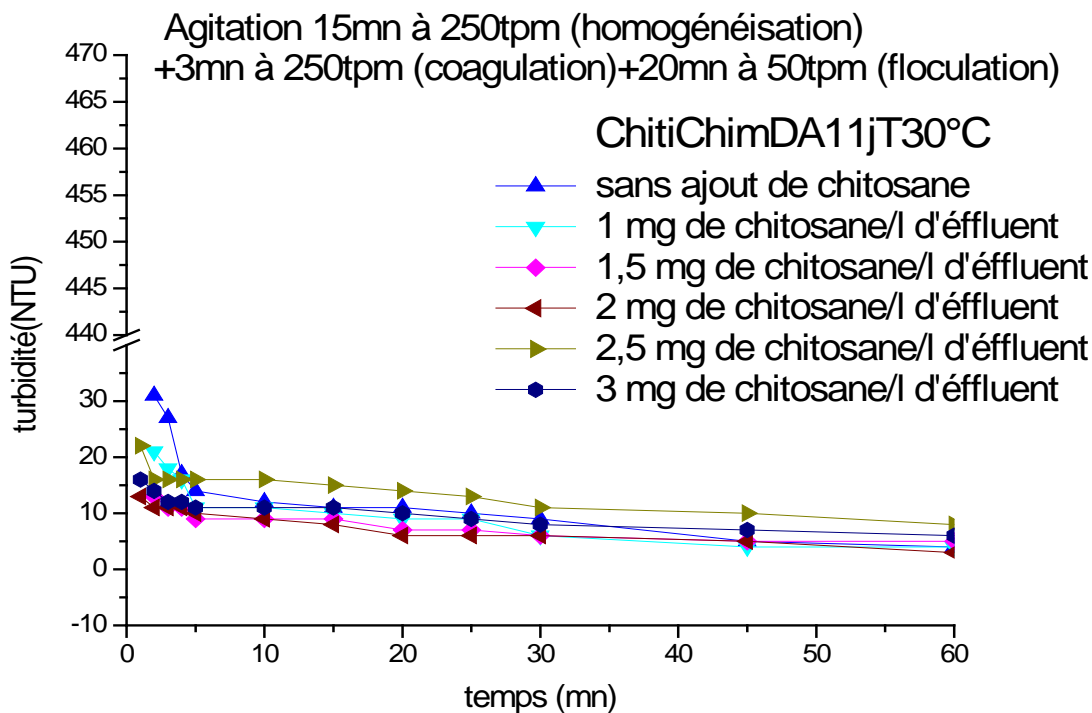
Figure V.12 : Cinétiques de la conductivité en fonction du temps, pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation

Il est tiré de la **figure V.12** que pour les 6 chitosanes testés, les valeurs de la conductivité diminuent légèrement les premières minutes d'une valeur initial de 946 μ S/cm, puis elles se stabilisent à la valeur de 693 μ S/cm à 604 μ S/cm jusqu'à la fin de la décantation.

V.6.3.4 Cinétiques du la turbidité en fonction du temps avec ajout des différents chitosanes : Les résultats de la turbidité sont rassemblés dans le **tableau V.7**

Paramètre	Turbidité « NTU »														
Le temps (mn)	1			3			5			10			60		
Les différentes doses															
Les différentes Chitines	ChitBioDA 10jT30°C	ChitBioDA 13jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitiChimDA 11jT30°C	ChitiChimDA 15jT23°C	ChitiChimDA 11jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitBioDA 13jT23°C	ChitBioDA 11jT23°C	ChitiChimDA 11jT23°C	ChitiChimDA 15jT23°C	ChitiChimDA 11jT23°C			
	18	73	80	67	65	84	80	73	80	67	65	84			
	23	66	15	42	18	81	15	66	42	18	81	81			
	22	16	11	13	21	33	11	16	13	21	33	33			
	37	85	65	22	80	21	65	85	22	80	21	21			
	18	86	70	16	11	11	70	86	16	11	11	11			
	67	17	83	24	16	22	83	17	24	16	22	22			
9	31	35	17	9	25	35	31	17	9	25	25				
12	21	11	11	7	8	11	21	11	7	8	8				
19	10	10	11	7	7	10	10	11	7	7	7				
14	12	18	16	22	11	18	12	16	22	11	11				
16	12	22	12	9	7	22	12	12	9	7	7				
27	12	33	18	12	11	33	12	18	12	12	11				
7	15	14	14	7	15	14	15	14	7	14	15				
9	10	10	9	5	7	10	10	9	5	5	7				
14	7	8	10	5	6	8	7	10	5	5	6				
11	9	11	16	14	9	11	9	16	14	14	9				
15	11	13	11	8	5	13	11	11	8	8	5				
14	10	9	11	9	9	9	10	9	9	9	9				
7	11	12	12	7	13	12	11	12	7	7	13				
9	9	10	9	5	6	10	9	9	5	5	6				
14	7	7	9	5	6	7	7	9	5	5	6				
10	9	9	16	12	8	9	9	16	12	12	8				
15	10	12	11	7	5	12	10	11	7	7	5				
12	9	7	11	8	9	7	9	11	8	8	9				
2	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4				
2	2	2	5	1	2	2	2	5	1	1	2				
8	1	1	3	2	2	1	1	3	2	2	2				
3	2	2	8	2	4	2	2	8	2	2	4				
9	3	2	6	2	2	2	3	6	2	2	2				
4	5	4	4	4	2	4	5	4	4	4	2				





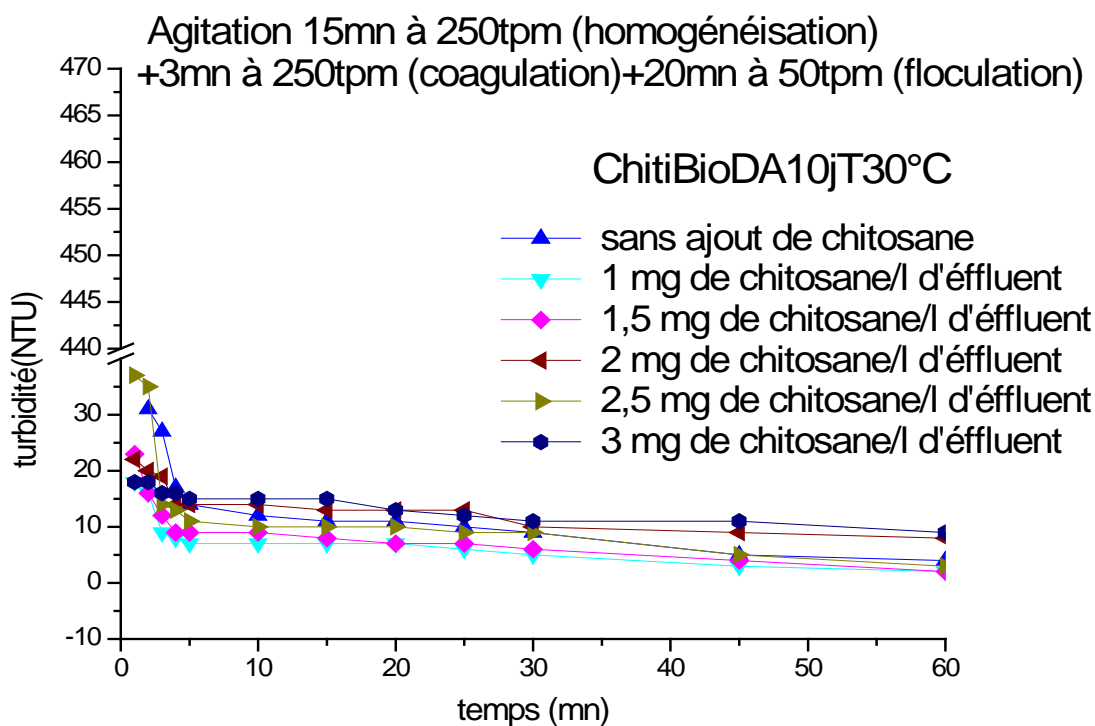
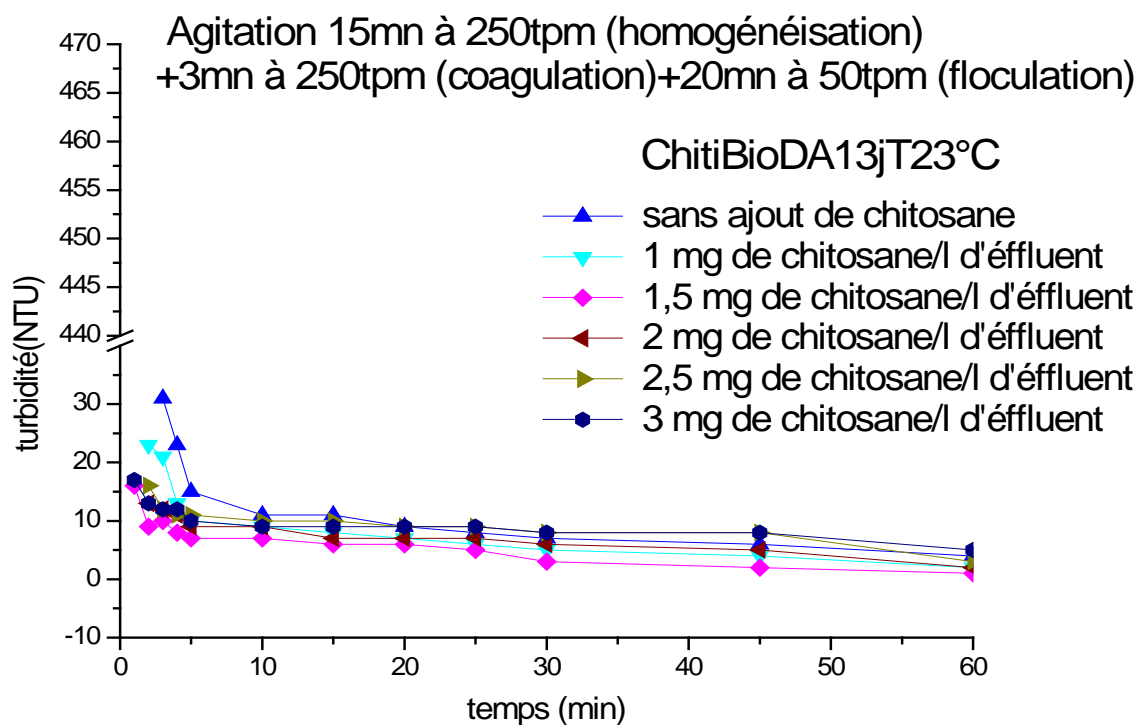


Figure V.13 : Cinétiques de la turbidité en fonction du temps pour les différents chitosanes et sans ajout de chitosane durant la décantation

Les courbes donnant la turbidité en fonction du temps de décantation des eaux usées après traitement biologique et après ajout des différents chitosane présentent des évolutions semblables à celles obtenues avec les courbes de MES. Il se produit une chute rapide des valeurs de la turbidité de 15NTU (à 1mn) à 7NTU (vers 3mn) puis une stabilisation jusqu'à la fin de décantation vers la valeur de 1NTU.

Conclusion générale

Conclusion

L'étude physico-chimique des eaux usées de la station de l'ONA située à l'Est de Tizi-Ouzou a montré que ces effluents traités par le procédé à boues activées sont fortement chargés en matières en suspension (4500mg/l - 5500mg/l). Le suivi, à l'échelle laboratoire, de la décantation naturelle (sans ajout de flocculant et sans ou avec homogénéisation (250tpm, 15mn)) a permis de classer les substances majoritaires présentes dans ces effluents comme substances décantables. Elles représentent des boues constituées principalement de cellules bactériennes et des produits de la dégradation biologique de la matière organique. Le temps d'obtention de l'abattement maximal en MES est de 10mn avec une teneur en MES résiduelle comprise entre 10mg/l et 20mg/l, selon les prélèvements. Ces concentrations semblables à celles obtenues dans les eaux à la sortie du clarificateur de l'ONA restent, toutefois, très acceptables et conformes à la norme OMS des eaux usées (30mg/l). Cependant, au niveau de cette station, il est estimé que le temps de décantation est trop long, dépassant le plus souvent une durée de 6heures.

Sans addition de chitosane dans les eaux étudiées, le suivi à l'échelle laboratoire de la décantation naturelle des effluents de l'ONA en précédant des conditions opératoires 250tpm pendant 3mn puis 50tpm pendant 20mn, a montré une rapidité (< 10mn) dans la diminution de la concentration en MES (temps inférieur à 10mn) : les premières minutes (environ 5mn) ont été suffisantes pour atteindre une teneur résiduelle en MES (10mg/l - 20mg/l) identique à l'intervalle obtenu lors de la décantation naturelle (sans ajout de flocculant et sans ou avec homogénéisation (250tpm, 15mn)). Les eaux usées traitées biologiquement renferment donc, en plus de matières décantables, des substances qui ont une capacité de se rassembler pour former des floccs décantables. Cette dernière opération a pu avoir lieu pendant les conditions de floculation (50tpm, 20mn). Cet essai a montré donc que l'introduction de la floculation est conseillée après le traitement biologique.

L'utilisation du chitosane dans la décantation des eaux usées provenant du bassin biologique a donné des résultats très prometteurs. Les essais effectués avec les différents chitosanes ont tous montré une amélioration dans la réduction du temps de décantation (à partir de 1mn) et de la concentration résiduelle de MES (entre 5mg/l et 10mg/l) encore plus faibles que la norme de l'OMS pour les eaux usées (< 30mg/l). Ce dernier résultat montre que les flocculants ajoutés ont intervenu à la coagulation et à la floculation des particules non décantables. L'élimination des colloïdes chargés négatifs a facilité la décantation des

particules de grosses dimensions puisqu'elles sont décantables. En conclusion, les biopolymères utilisés ont agit aussi bien sur les matières décantables (en réduisant le temps) que sur les matières non décantables (en réduisant la concentration en MES résiduelle).

A partir des cinétiques de décantation des MES obtenues avec les différents chitosanes, il est donc possible de tirer les conclusions suivantes :

1- Les différentes chitines provenant des carapaces de crevettes, purifiées par voie chimique et par voie biologique, puis désacétylées en milieu basique (40% de NaOH) à différents temps 10 jours à 15 jours et à différentes températures ambiantes (23°C et 30°C) sont toutes de bons biofloculants et présentent toutes un même comportement dans la cinétique de MES durant la décantation des eaux fortement chargées en matières en suspension décantables et non décantables. Ainsi, la propriété de biofloculant ne dépend pas de la méthode de purification de la chitine (chimique ou fermentaire), du temps et de la température de désacétylation.

2- Les différentes chitines désacétylées étudiées dans cette étude représentent toutes du chitosane. Le degré de désacétylation des chitines ne peut être que supérieur à 50%. La température de désacétylation avoisinante celle de l'ambient (23°C et 30°C) ainsi qu'une durée de 10 jours à 15 jours sont suffisantes pour produire du chitosane. Cette étude a montré qu'il était possible de réaliser la réaction de désacétylation en diminuant la température et en augmentant la durée. Ces nouvelles conditions, très intéressantes, conduisent à empêcher la dégradation de la chaîne de polymère ainsi qu'à réduire le coût du floculant.

3- avec les différentes doses testées, il semble que la dose située entre 1mg/l et 1,5mg/l est suffisante pour décanter les colloïdes chargés négatifs. Une dose plus élevée n'est pas utile car les eaux usées traitées biologiquement sont majoritairement décantables.

4- l'addition du chitosane dispersé dans de l'acide acétique à 1% (pH 3,3) ne modifie pas le pH (pas d'acidification des eaux) et n'augmente pas la conductivité de l'effluent (neutralisation des charges positives du chitosane). Ces résultats confirment les doses faibles utilisées dans cette étude (1mg/l - 3mg/l d'effluent à traiter).

5- L'élimination des MES est accompagnée d'une légère diminution du pH ainsi que de la conductivité. Toutefois, les valeurs obtenues sont conformes aux normes de l'OMS des

eaux usées. Les substances dissoutes, chargées positives et négatives, présentes dans les eaux usées sont piégées avec les particules pendant leur décantation.

Cette étude a montré qu'il est intéressant d'intégrer dans les opérations de traitement des eaux usées de la station Est de Tizi-Ouzou, l'étape de floculation (50tpm, 20mn) après le traitement biologique et avant la décantation. Aussi, en vue de contrôler la formation des floes pendant l'étape additionnée, l'ajout de chitosane à faible dose (1 - 1,5mg/l) est préconisé comme agent biofloculant.

Références

bibliographiques

- ANTOINE G, 2007. Traitement biologique aérobie combine des effluents vitivinicoles
- ANTHONY. M, 2004. Bioréacteur a membranes immergées pour le traitement des eaux résiduaires urbaines: spécificités physico-chimiques du milieu biologique et colmatage
- BADIA-GONDARD F., 2003. L'assainissement des eaux usées. Edition techni.cités, 231p. BEAUDRY J.P., 1984. Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc, 231p.
- BAUMONT. S, CAMARD. J-P, LEFRANC. A, FRANCONI. A, 2004. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- BEN ABDERRAHMANE et BELIAHMER. L, 1989. Etude microbiologique et traitement des eaux de « Oued el Blida »(Blida) projet de fin d'étude.
- BERNE F., CORDONIER J., 1991. Traitement des eaux. Edition Technip, 306p.
- BESRA. L, 2002. Polymer adsorption: its correlation with flocculation and dewatering of kaolin suspension in the presence and absence of surfactants. International Journal of Mineral Processing, 66 (2002) 183-202.
- BONTOUX J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.
- BOUHOUM et al, 1997. Devenir des œufs d'helminthes au cours d'un traitement expérimental d'épuration par bassin de stabilisation –Marrakech – Thèse de 3^{ème} cycle
- BUFFLE. J et al, 1998. Treatment d'un effluent de l'Eniem par coagulation-flocculation.
- DEGREMONT, 2005. Mémento technique de l'eau, dixième édition, tom p 1 et 2 (2005).
- DUGNIOLLE, 1980 ; GLANIC et BENNETTON, (1989). Origine des eaux usées.
- FABY. J.A, BRISSAUD. F, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.
- GAUJOUS D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.
- GOMELLA C., GUERREE H., 1978. Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.
- GOMELLA et GUERREE, 1978. Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel "cas de la lagune de béni-messous"
- GROSCLAUDE G., 1999. L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p.

- ISO 14001 Manuel environnemental, 2001. Codification : Man 01 Date de révision : 11 / 2011 Indice de révision : 05 Office National de l'Assainissement 2011 Système de Management Environnemental Page 16 sur 43 ISO 14001 Manuel environnemental
- LEYNAUD. G et J. VERRIL et PESSON. P, 1980. La pollution des eaux continentale, incidences sur les biocénoses aquatiques. Edition : Gauthier-Villars.
- LAURE. G, 2005: La biologie de l'épuration des eaux résiduaires
- METAHRI. d-S, 2012. Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Car de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran.
- MUZZARELLI. R, 1977. Chitin; Oxford: Pergamum press. P.142.
- OLIVIER et CHRISTELLE, 2004. Contamination de la ressource en eau par les eaux usées.
- PAPADAKIS, 1982. (biosol.esitpa.org/liens/eau_2005/page04/page04.html).
- PDF réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation septembre, (2006) page 14.
- RAVI. K, 2000. A review of chitin and chitosan applications, React. Funct, Pol. 46 (1): 1-27, 2000.
- RODIER. J, 1978. L'analyse de l'eau. Edition : Dunod.
- RONALAD. V. Eau, Environnement et Santé Publique, 2^{ème} édition, MARCEL Dore. Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), p : 2.
- RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris. 1983p.
- SANDRINE. C, 2008. Fosse septique, roseaux, bambous : traité écologiquement ses eaux usées.
- SEVRIN-REYSSAC J., DE LA NOÛE J. P, 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 118p.
- SHAHIDI. F, ABUZAYTOUN. R, 2005. Chitin, chitosan, and co-products: chemistry, productions, applications, and health effects. Food Neutre. Res, 49: 93-135.
- TARDAT. H, BEAURY. J.P, 1984. *Chimie des eaux*, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.
- TARMOUL. F, 2007. Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel "cas de la lagune de béni-messous"

Références bibliographiques

- VAILLANT. J.R. 1974, Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413p.
- VEDRY. B : Ecologie des boues activées
- ZEMMOURI. H, 2008. Utilisation du chitosane comme agent flocculant dans le traitement des eaux. Mémoire de Magister, Laboratoire de Biotechnologie Environnementale et Génie des procédés, Ecole Nationale polytechnique, Alger, Algérie.
- 2-4 juin 2009 pam / pnue. Rejets des stations d'épuration des eaux usées municipales dans les fleuves et cours d'eau se jetant dans la mer méditerranée et thèses, pages 14

Résumé:

Le chitosane, un polysaccharide de type poly N-acétyl-glucosamine, est un polyélectrolyte cationique, naturel, non toxique et biodégradable. Le chitosane, dérivé de la chitine par désacétylation, ne diffère de la chitine que par les groupements amine ($-NH_2$). Ils sont responsables de son activité floculant. L'efficacité du chitosane a été étudiée sur les eaux usées urbaines de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Différentes doses faibles allant de 1mg/l à 3mg/l d'effluent ont été testées. La performance de la coagulation-floculation a été évaluée, à partir de 06 chitosanes préparés au laboratoire à partir des chitins désacétylés (ChitiChimDA11jT23 ; ChitiChimDA15jT23, ChitiChimDA11jT30 ; ChitiBioDA11jT23 ; ChitiBioDA13jT23 ; ChitiBioDA10jT30) par la mesure des MES, du pH, de la conductivité et de la turbidité du surnageant à différents temps de décantation. Comparativement à la décantation naturelle (sans ajout de chitosane), les résultats obtenus montrent que pour toutes les chitosanes, il se produit une réduction dans le temps de décantation (elle passe de 10mn à 1mn) ainsi que dans la concentration résiduelle en MES (elle passe de 10mg/l - 20mg/l à 5mg/l-10mg/l). Il est remarqué une légère diminution du pH mais sans acidification ainsi que de la conductivité. En présence du chitosane, les substances dissoutes chargées (positives et négatives) sont éliminées de la phase liquide en même temps que les colloïdes pour se retrouver au fond du récipient avec les floes de boues décantables naturellement.

Mots clés: chitosanes, coagulation-floculation, eau usée urbaine, traitement, matière en suspension, décantation, cinétique, désacétylation.