

وزارة البحث العلمي والتعليم العالي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES

N° d'ordre : M2../GPE/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

DE MASTER ACADEMIQUE



Filière : Génie des Procédés

Option: Génie des Procédés de l'Environnement

Thème

**Essai d'un bio-floculant: Application à l'égouttage de la boue stabilisée de la STEP Salamandre de Mostaganem**

Présentée par :

DJADEL Sanaa

BELMOKHTAR Fatma

Soutenu le 11/07/ 2019 devant le jury composé de :

Président :	M <sup>r</sup> D.R. MEROUANI	PR	Université de Mostaganem
Examinatrice :	M <sup>elle</sup> B. BENALIOUA	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M <sup>me</sup> A.DRIOUCH	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

# REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au laboratoire de valorisation des matériaux à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, dirigé le Mr **Abdelhadi BENTOUAMI** professeur à l'université de Mostaganem et le directeur de laboratoire de valorisation des matériaux. Nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance, pour avoir accepté de nous accueillir au sein de son laboratoire.

Nous remercions également le Directeur de la STEP de Salamandre, Mr KHLIFI Abdelkrim qui nous a permis d'effectuer un stage pratique au sein de la station. Nous remercions également Mr LADRAA Noureddine, Melle BELALIA Soraya et Melle BECHEDDAD Hafida, pour leurs aides et leurs entières disponibilités.

Nous remercions, Mme DRIOUCH Aouatef, Maître de conférences à l'Université de Mostaganem. Nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance, pour avoir dirigé ce mémoire. Son aide, son soutien, sa compréhension, sa modestie sa disponibilité sur le plan expérimental et scientifique.

Nous remercions également, Mr MEROUANI Djillali Réda, professeur à l'Université de Mostaganem pour avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions également, Melle BENALIOUA Bahia, maitre de Conférences à l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions toute personne ayant manifesté un intérêt particulier à notre travail en lisant ce manuscrit.

# DEDICACE

Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents que j'adore et que j'estime

Beaucoup et que je remercie pour leurs

Encouragement et sacrifices.

Surtout ma mère DEKKICHE Malika

Tous mes amis

Et surtout mon binôme qui a partagé avec  
Moi ce travail

BELMOKHTAR Fatima

# DEDICACE

Avec un grand plaisir, je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents que j'adore et que j'estime

Beaucoup et que je remercie pour leurs

Encouragement et sacrifices.

Mes adorables sœurs et mon frère

Tous mes amis

Et surtout mon binôme qui a partagé avec

Moi ce travail

DJADEL Sanaa

# Sommaire

I.1. Station d'épuration .....	5
I.2. Situation géographique.....	5
I.3. Dimensionnement de la station .....	6
I.3.1. Charges hydrauliques .....	6
I.3.2. Charges polluantes .....	7
I.3.3. Qualité de l'effluent rejeté .....	7
I. 4. Traitements des eaux usées .....	7
I.4.1. Prétraitements .....	7
I.4.1.1. Dégrillage .....	8
I.4.1.2. Dessablage — Déshuilage .....	9
I.4.2. Décanteur primaire .....	9
I.4.3. Traitement biologique "boues activées".....	10
I.4.3.1. Bassin d'aération .....	10
I.4.4.1 Clarificateur (décantation secondaire) .....	11
I.4.4.1. Désinfection .....	11
I.4.5. Traitements des boues .....	12
I.4.5.1. La filière boue .....	12
I.4.5.2. La stabilisation des boues .....	12
I.4.5.3. Épaississement .....	13
I.4.5.4. Egouttage .....	14
I.4.5.5. Déshydratation des boues .....	14
I.5. Conditionnement chimique .....	15
I.5.1. La siccité des boues .....	16
I.5.2. Procédure de réduction des consommations de polymère .....	16

<b>I.6. La sciure de bois (Les fibres de bois)</b> .....	<b>17</b>
<b>I.6.1.1. La cellulose</b> .....	<b>17</b>
<b>I.6.1.2. L' hémicellulose</b> .....	<b>17</b>
<b>I.6.1.3. La lignine</b> .....	<b>17</b>
<b>I.6.2. Modification des fibres naturelles</b> .....	<b>19</b>
<b>I.6.2.1.Traitement à la soude</b> .....	<b>20</b>
<b>II.1. Composition de la sciure de bois</b> .....	<b>22</b>
<b>II.1.1. Teneur en graisses et cires</b> .....	<b>22</b>
<b>II.1.2. Solubilité des fibres dans l'eau chaude</b> .....	<b>23</b>
<b>II.1.3. Teneur en lignine</b> .....	<b>23</b>
<b>II.1.4. Teneur en Holocellulose (comprend la cellulose et l'hémicellulose)</b> ...	<b>23</b>
<b>II.1.5. Teneur en cellulose</b> .....	<b>23</b>
<b>II.2. Caractérisations Chimiques</b> .....	<b>25</b>
<b>II.2.1. Teneur en eaux et matières volatiles</b> .....	<b>25</b>
<b>II.2.2 Teneur en matière sèche</b> .....	<b>25</b>
<b>II.2.3. Teneur en matières minérales et organiques</b> .....	<b>25</b>
<b>II.2.4. Traitement chimique (traitement alcalin)</b> .....	<b>25</b>
<b>II.3. Caractérisation par spectroscopie infrarouge des fibres</b> .....	<b>26</b>
<b>II.4. Essai de floculation de la boue</b> .....	<b>26</b>
<b>II.4.1. Boue utilisée</b> .....	<b>26</b>
<b>II.4.2. Le Flocculant</b> .....	<b>26</b>
<b>II.4.3. Teneur en matières sèches ou siccité (MS)</b> .....	<b>26</b>
<b>II.5. Résultats et discussion</b> .....	<b>27</b>
<b>II.5.1. Préparation de poudre de bois</b> .....	<b>27</b>
<b>II.5.2 Teneur en cellulose, hémicellulose et lignine</b> .....	<b>27</b>
<b>II.5.3. Composition de la sciure de bois</b> .....	<b>28</b>

<b>II.5.4. Caractérisation par spectroscopie IR-TF.....</b>	<b>28</b>
<b>II.5.5. Egouttage des boues .....</b>	<b>30</b>
<b>II.6. Choix de polymère .....</b>	<b>31</b>
<b>II.6.1. Préparation de la solution de polymère .....</b>	<b>32</b>
<b>II.6.2 Préparation de la solution de polymère- boue.....</b>	<b>32</b>
<b>II.6.3. Préparation de mélange (polymère –sciure) .....</b>	<b>33</b>
<b>II.6.4. Flocculation avec la sciure à 10 % .....</b>	<b>39</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau N°1 :</b> Origine des eaux usées de la station d'épuration à boues activées à moyenne .....5 Charge des eaux urbaines de la ville de Mostaganem.	
<b>Tableau N°2:</b> Débits des effluents de la STEP de Mostaganem à l'horizon 2030.....6	
<b>Tableau N°3 :</b> Caractéristiques des effluents de la STEP de Mostaganem- horizon 2030.....7	
<b>Tableau N°4 :</b> Normes de rejet (qualité de l'effluent rejeté).....7	
<b>Tableau N°5 :</b> Normes suivies pour l'analyse chimique .....22	
<b>Tableau N°6:</b> caractéristiques de quelques flocculant cationique .....26	
<b>Tableau N°7:</b> granulométrie de la poudre de bois .....27	
<b>Tableau N°8:</b> Composition chimiques de sciure de bois .....28	
<b>Tableau N°9 :</b> Résultats de l'humidité, et de la matière (sèche, minérale, organique) .....28	
<b>Tableau N°10:</b> Pics d'absorption du spectre infrarouge de sciure de bois traité et non-traitée .....30 et les Liaisons correspondantes	
<b>Tableau N°11:</b> détermination de la taille des floccs et de la turbidité des filtrats .....32	
<b>Tableau N°12 :</b> Concentration polymère et fibre.....34	
<b>Tableau N°13:</b> siccité de la boue initiale, siccité de la boue +polymère et siccité de la boue .....39 +(polymère-fibre 200µm)	
<b>Tableau N°14:</b> siccité de la boue initiale, siccité de la boue +polymère et siccité de la .....39 boue + (polymère-fibre 500µm)	

# Liste des figures

<b>Figure N°1:</b> Agglomération des particules sous la forme d'un réseau tridimensionnel: .....	15
les floccs.	
<b>Figure N°2 :</b> Exemples de flocculants organiques de type polyacrylamide anionique (a).....	16
et cationique (b) utilisés pour le traitement des eaux/boue.	
<b>Figure N°3 :</b> Molécule de la cellulose.....	18
<b>Figure N°4 :</b> Structure d'un type de xyloglucane.....	18
<b>Figure N°5 :</b> Représentation schématique de la lignine.....	19
<b>Figure N°6:</b> Spectre IR-TF de la sciure de bois traité et non traité .....	29
<b>Figure N°7:</b> choix du polymère .....	33
<b>Figure N°8:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C1=10 %.....	34
<b>Figure N°9:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C2=20%.....	35
<b>Figure N°10:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C3=30%.....	35
<b>Figure N°11:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C5=50%.....	36
<b>Figure 12:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500µm à C1=10% .....	36
<b>Figure 13:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C2=20% .....	37
<b>Figure 14:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C3=30%.....	37
<b>Figure 15:</b> Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C5=50%.....	38

# Liste des photos

<b>Photo N°1:</b> Carte de localisation de la station d'épuration des eaux usée .....	6
de Mostaganem	
<b>Photo N°2:</b> dégrillage grossier (photo prise à la station).....	8
<b>Photo N°3 :</b> Dégrillage fin (photo prise à la station) .....	9
<b>Photo N°4 :</b> Dessablage — Déshuilage (photo prise à la station) .....	9
<b>Photo N°5:</b> Décanteurs primaires (photo prise à la station) .....	10
<b>Photo N°6 :</b> Bassin d'aération (photo prise à la station) .....	11
<b>Photo N°7:</b> Décantation secondaire (photo prise à la station) .....	11
<b>Photo N°8 :</b> Désinfection (photo prise à la station) .....	12
<b>Photo N°9 :</b> Bassin de stabilisation (photo prise à la station) .....	13
<b>Photo N°10 :</b> Épaississement (photo prise à la station) .....	14
<b>Photo N°11:</b> Le procédé filtre bande (photo prise à la station) .....	15
<b>Photo N° 12:</b> Extraction par soxhlet .....	24
<b>Photo N° 13 :</b> Extraction par reflux .....	24
<b>Photo N°14:</b> Dispositif d'égouttage de la boue .....	31

# ABBREVIATIONS

**STEP** : Station de traitement des eaux polluées

**MES** : Matière en suspension.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**MS** : Matière sèche.

**ASTM** : Les normes de l'American Society for Testing and Matériels.

**LVM** : Laboratoire de valorisation des matériaux.

**PM** : Poids moléculaire.

**IRTF**: Infrarouge à transformée de Fourier.

**DP** : Le degré de polymérisation.

# **INTRODUCTION**

## Introduction générale

Les boues résiduelles urbaines ou industrielles sont généralement déshydratées par voie mécanique avant leur élimination (généralement par incinération) ou leur valorisation (généralement agricole). Cette étape permet de réduire leur volume, ainsi pour des boues initiales contenant généralement entre 97 % et 99,7 % d'eau, une siccité (ou teneur en matières sèches (MS) en kgMS/kgboue) comprise entre 15 et 35 % est couramment obtenue après la déshydratation mécanique.

Dans la plupart des cas, les boues sont préalablement épaissies. Ce procédé d'épaississement permet généralement d'atteindre des siccités de 5 à 6 %. Lors du procédé d'égouttage, les boues sont disposées sur une simple toile filtrante et l'eau est extraite par l'action de la gravité. Les boues doivent donc être floculées avant leur égouttage afin d'agglomérer les particules solides entre elles et ainsi former des floes de grandes tailles qui peuvent être retenus par la toile filtrante. Les performances de l'égouttage sont donc très sensibles aux différents paramètres opératoires de la floculation. Industriellement le réglage des paramètres de floculation (comme le choix du polymère et de la dose à ajouter) se fait de manière très empirique et repose principalement sur l'expérience acquise par les opérateurs/exploitants. Les polymères utilisés, des polyelectrolytes cationiques sont utilisés pour la floculation des boues;

L'objectif de ce mémoire est de réduire la consommation de polymères coûteux utilisés pour l'épaississement des boues produites en station d'épuration. Pour cela, la sciure de bois est proposée comme un bio-floculant. La sciure de bois, un déchet industriel, est largement disponible et pas coûteux.

Les sciures de bois, naturelles ou traitées chimiquement, provenant de différentes espèces d'arbres ont fait l'objet de plusieurs travaux portant sur leur capacité de fixation de divers polluants présents dans les eaux usées. Cependant, la valorisation de la sciure de bois comme bio-floculant dans l'épuration des eaux usées, nécessite une connaissance de structure et de texture du matériau.

Les objectifs de cette étude sont développés comme suit:

- Préparation de la sciure de bois, détermination de sa composition chimique

- Traitement des fibres par NaOH, caractérisations par spectroscopie infra-rouge
- Choix de polymère
- Essais d'épaississement de la boue par un mélange polymère- sciure de bois.

Pour ce faire, ce travail s'articule autour de deux chapitres.

Dans le premier chapitre est présentée une synthèse bibliographique sur les matériaux biocomposites et les fibres naturelles.

Dans le deuxième chapitre sont exposés les résultats détaillés, sur la composition de la sciure de bois, le traitement par la soude et les essais de biofloculations.

**CHAPITRE I**

**PARTIE THEORIQUE**

## I.1. station d'épuration

La station d'épuration de la ville de Mostaganem est destinée à traiter les eaux usées domestiques avant leur rejet dans la mer. La station d'épuration des eaux usées de la ville de Mostaganem est une station à boue activée à moyen charge d'une capacité de 350,000 EQ/H pour un débit de 65,000 m<sup>3</sup>/j [1]. Cette station d'épuration (sise à salamandre) a mis fin à la pollution du littoral où les eaux usées se déversaient librement depuis des années. Cette installation, d'un montant de 3,5 milliards de dinars, permettra la dépollution des eaux usées urbaines domestiques des régions Ouest et Sud de Mostaganem, dont les localités sont reportées dans le tableau N°1.

**Tableau N°1 :** Origine des eaux usées de la station d'épuration à boues activées à moyenne charge des eaux urbaines de la ville de Mostaganem [1].

Commune	Mazagran
Milieu récepteur	La mer (les Sablettes)
Localité concernée par le traitement	Mostaganem - Mazagran – Aizeb – Amarna- Sayada-Sidi Othmane – Vallé des djardin- Hai el Wiam – Hassi Mamech – Douar Djedid – Sidi Mejdoub-Douar Bleidia- Ouriah- Sablette- Stidia- Kheireddine – Douar OuladLarbi – Ain Boudinar

## I.2. Situation géographique

La station d'épuration de la ville de Mostaganem s'étend sur une superficie de 12 hectares [1]. Situé du côté de salamandre et délimité au Nord par la mer, à l'Est par SOACHLORE et CELPAP, à l'Ouest par la station de pompage (SEOR) et au Sud par des terrains vagues (photo N°1).



**Photo N°1:** Carte de localisation de la station d'épuration des eaux usée de Mostaganem

### I.3. Dimensionnement de la station

La STEP a été dimensionnée pour traiter les eaux urbaines de la wilaya de Mostaganem à l'horizon de 2030. Les données sur les débits et les concentrations de l'effluent brut qui ont servi au dimensionnement sont données dans le tableau N°2, tableau N°3 et tableau N°4 ci-dessous :

#### I.3.1. Charges hydrauliques

**Tableau N°2:** Débits des effluents de la STEP de Mostaganem à l'horizon 2030 [1].

Paramètres	Valeurs
Volume journalier (Q)	56,000 $m^3 / j$
Débit moyen de temps sec ( $Q_{TS,m}$ )	2,334 $m^3 / h$
Débit de pointe temps sec ( $Q_{TS}$ )	3,735 $m^3 / h$
Débit max. admis en temps de pluie ( $Q_{TP}$ )	5,600 $m^3 / h$

### I.3.2. Charges polluantes

**Tableau N°3:** Caractéristiques des effluents de la STEP de Mostaganem- horizon 2030 [1].

paramètres	g/ EH/j	Charge (kg/j)	Concentration (mg/l)
DCO	135	47.250	843,8
$DBO_5$	56	19.600	350,0
MES	70	24.500	437,5
NTK	10	3,500	62,5
$NO_3$	-	-	-
$P_{tot}$	2,5	880	15,7

### I.3.3. Qualité de l'effluent rejeté

**Tableau N°4:** Normes de rejet (qualité de l'effluent rejeté) [1].

paramètres	Concentration en (mg/l)	Rendement minimum d'élimination en %
$DBO_5$	$\leq 30$	$\geq 90$
DCO	$\leq 90$	$\geq 80$
MES	$\leq 30$	$\geq 90$

## I.4. Traitement des eaux usées

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Mostaganem est prévue pour traiter un débit journalier moyen de 56.000 m<sup>3</sup>/j. La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boues.

### I.4.1. Prétraitements

Les prétraitements sont constitués par une série d'opérations physiques ou mécaniques qui ont pour but d'éliminer les matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus, ...) susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures d'épuration.

Les principales opérations de prétraitements sont :

- Le dégrillage
- Le dessablage
- Le déshuilage et dégraissage

#### I.4.1.1. Dégrillage

- **Dégrilleur grossier**

Le dégrillage grossier est effectué dans le but d'éliminer et évacuer les déchets volumineux charriés par l'eau brute afin d'éviter les bouchages des installations. Le dégrilleur grossier est munie de deux dérailleurs mécaniques automatisés verticales [1] (photo N°2), Une fosse à batards et un tapis roulant qui achemine les déchets vers une benne.



**Photo N°2 : dégrillage grossier (photo prise à la station)**

- **Dégrillage fin**

Deux dégrilleurs fins pour éliminer les substances ayant des diamètres supérieure ou égale à la taille des mailles des grilles [1] (photo N°3).



**Photo N°3 : Dégrillage fin (photo prise à la station)**

#### **I.4.1.2. Dessablage — Déshuilage**

Le dessableur-déshuileur à couloir [1] (photo N°4) a pour but d'extraire les graviers, sable et particules minérales plus ou moins fines (les particules à granulométrie supérieure à  $200\ \mu\text{m}$ ), de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.



**Photo N°4 : Dessablage — Déshuilage (photo prise à la station)**

#### **I.4.2. Décanteurs primaires**

La station est dotée de deux bassins de décantation. La décantation primaire élimine 30 à 33 % de la DBO et 70 à 75 % des MES décantables [1]. Le décanteur fonctionne en surverse. La vitesse du pont racleur est faible de façon à éviter la perturbation de la suspension; La présence des conditions de la lumière et du Nutriments favorise le développement des algues d'où la présence de brosses (photo N°5) sur le pont pour éliminer ces derniers.



**Photo N°5:** Décanteur primaire (photo prise à la station)

### **I.4.3. Traitement biologique "boues activées"**

Les installations à "boues activées" fonctionnent selon le principe des "cultures libres". Il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Un système d'aération permet à la fois d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration et de brasser les eaux usées. Ce brassage est indispensable pour homogénéiser le mélange et éviter les dépôts. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la forme de dioxyde de carbone - CO<sub>2</sub>) sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés "boues"[2].

#### **I.4.3.1. Bassin d'aération**

A ce niveau de traitement, les bactéries qui sont déjà présentes dans les eaux brutes forment **des floes** dans un premier temps, en présence des nutriments et de l'oxygène et à un pH compris entre 6,5 et 8,5 dégradent la matière organique [1].

Le traitement dans les bassins d'aération (photo N°6) se fait en deux étapes sont les suivantes :

- En présence d'oxygène: **la nitrification** pendant 15 min.
- En absence d'oxygène «**anoxie** »: **La dénitrification** pendant 20 min

Les boues en excès passent dans un dégazeur arrosé à la surface par l'eau épurée sert à éviter la formation d'une couche qui va empêcher le dégagement des gaz.



**Photo N°6 :** Bassin d'aération (photo prise à la station)

#### **I.4.4. Clarificateur (décantation secondaire)**

La décantation secondaire (photo N°7) sert à éliminer la majorité de boue, un taux sera recerclé dans les bassins d'aération et l'autre acheminé vers l'épaississeur [1].



**Photo N°7:** Décantation secondaire (photo prise à la station)

##### **I.4.4.1. Désinfection**

A ce stade de traitement, l'eau est épurée, l'injection du chlore (eau de javel 12°) [1] pour assurer l'élimination des germes pathogènes des eaux avant leurs rejets dans le milieu récepteur 'la mer' (photo N°8). Le temps de séjour dans cet ouvrage est de 30 min.



**Photo N°8 : Désinfection** (photo prise à la station)

## **I.4.5. Traitement des boues**

### **I.4.5.1. La filière boue**

Le procédé d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles, qu'il soit biologique ou physico-chimique, conduit à la concentration des polluants sous la forme d'un résidu secondaire: les boues. En sortie de décanteur, ce résidu se présente sous forme liquide (95% à 99% d'eau en moyenne) avec une forte charge en matières organiques hautement fermentescibles, des matières minérales, ainsi que des éléments métalliques [3].

Les procédés de traitement des boues peuvent varier suivant la nature et la taille de la station d'épuration. Deux grands types de traitements sont à distinguer :

- Des traitements de stabilisation, dont l'objectif est de réduire le pouvoir fermentescible des boues afin de limiter les nuisances olfactives;
- Des traitements de réduction de la teneur en eau des boues, visant à diminuer le volume de boues à stocker ou à épandre.

Les boues issues de l'épuration des eaux usées subissent d'importantes opérations avant leur valorisation agricole.

### **I.4.5.2. La stabilisation des boues**

La stabilisation aérée des boues a pour but de réduire le maximum des matières organiques qui ne sont pas dégradées par l'apport de l'oxygène par des aérateurs fixés sur des Ponts en biton, fonctionnent en alternances 50 minutes en marche 10 minutes d'arrêt (photo N°9). Les boues peuvent rester dans le bassin jusqu'à 14 jours [1]. La couleur marron

chocolaté est un indice d'une bonne stabilisation. Les paramètres mesurables sont: Le taux d'oxygène, les matières sèches, le pH, la température et la vue microbiologique.



**Photo N°9 :** Bassin de stabilisation (photo prise à la station)

#### I.4.5.3. Épaississement

Les procédés d'épaississements permettent de réduire le volume des boues grâce à l'extraction de leur eau. Ils sont très simples, ils peuvent être utilisés pour les stations des petites collectivités car ils n'entraînent pas de dépense d'énergie de fonctionnement. L'épaississement vise donc à augmenter la siccité des boues, soit leur teneur en matière sèche, sans modifier le caractère liquide des boues [4].

Deux procédés sont utilisés :

- **Épaississement par décantation gravitaire** : décantation sous la seule action de la pesanteur. La dénomination usuelle de cette technique est l'épaississement statique ;
- **Épaississement dynamique** : concentration mettant en œuvre des énergies mécaniques. Il s'agit principalement de :
  - La flottation ;
  - L'égouttage,
  - La centrifugation

#### 1.4.5.4. Egouttage

Il s'agit d'égoutter les boues en les mettant sur un support filtrant, cela provoque un épaissement rapide de la boue. Ce système table d'égouttage (photo N°10) permet d'augmenter la charge massique ou la concentration de 10 g à 100 g/l et la siccité finale de l'ordre de 8 %. Les boues doivent être préalablement floculées. On ajoute souvent un polymère afin de constituer les floccs. La simplicité de ce procédé d'épaississement assure aussi sa durabilité pour une maintenance réduite [5].



**Photo N°10:** Épaississement (photo prise à la station)

#### 1.4.5.5. Déshydratation des boues

La déshydratation qui correspond à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Ces procédés permettent de séparer une partie de l'eau de façon à obtenir des boues plus épaisses dans d'un volume plus faible (photo N°11). La boue est déversée entre deux toiles filtrantes mises en rotation et progressivement rapprochées afin d'augmenter la pression de contact permettant d'éliminer l'eau au travers des toiles, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15% à 20[4,6].

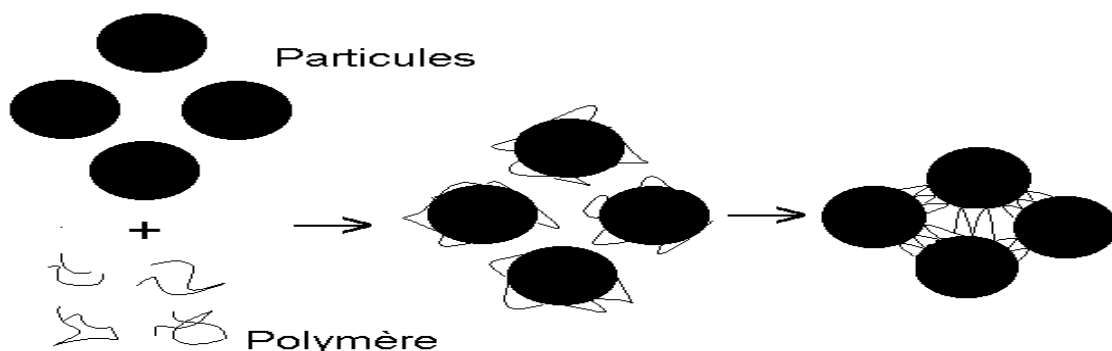


**Photo N°11:** Le procédé filtre bande (photo prise à la station)

### I.5. Conditionnement chimique

Seuls les polyélectrolytes de synthèse à longue chaîne (hautes masses moléculaires à base de polyacrylamide) sont efficaces, formant des floccs volumineux (quelques millimètres), résistants aux efforts de cisaillement et bien différenciés dans une eau interstitielle clarifiée [7].

Ces polyélectrolytes ont pour effet d'induire une floculation extrêmement marquée, par formation de ponts entre particules voir figure N°1, grâce à leurs longues chaînes. Cette floculation est renforcée par une action « coagulante » dans le cas de polymères cationiques;

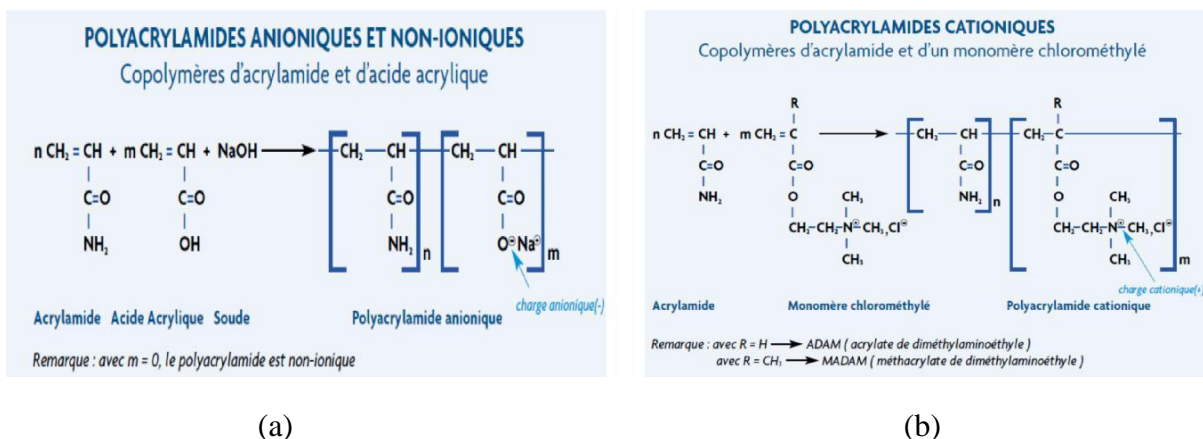


**Figure N°1:** Agglomération des particules sous la forme d'un réseau tridimensionnel: les floccs [8].

Dans le cas des boues d'épuration, les flocculants les plus fréquemment utilisés sont organiques, de type polymère à haut poids moléculaire, également appelé polyélectrolyte.

On distingue :

- **Les flocculants anioniques**, qui apportent dans le milieu des charges anioniques (-) et vont pouvoir capter les particules minérales;
- **Les flocculants cationiques**, qui apportent dans le milieu des charges cationiques (+), pour capter les particules organiques.



**Figure N°2** : Exemples de flocculants organiques de type polyacrylamide anionique (a) et cationique (b) utilisés pour le traitement des eaux/boue [9].

Le choix du polymère a un impact non négligeable sur le coût de fonctionnement. Il est donc intéressant de vérifier si l'égouttage peut être amélioré en conservant le flocculant linéaire mais en modifiant sa cationicité.

### I.5.1. La siccité des boues

La siccité est le premier indicateur de performance du procédé. Elle peut être obtenue sur le terrain, en réalisant des campagnes de prélèvements pour obtenir une siccité moyenne, la plus représentative possible des conditions « normales » de fonctionnement de l'installation [10].

### I.5.2. Procédure de réduction des consommations de polymère

L'objectif de ce mémoire est de réduire la consommation de polymères coûteux utilisés pour l'épaississement des boues produites en station d'épuration. Pour cela, la sciure

de bois est proposée comme un bio-floculant. La sciure de bois, un déchet industriel, est largement disponible et pas coûteux.

## **I.6. La sciure de bois (Les fibres de bois)**

La sciure de bois Aussi appelée bran de scie désigne l'ensemble des particules et fins copeaux issus du sciage de bois.

- **Utilisation**

Humidifiée, elle était autrefois utilisée pour améliorer le balayage du sol intérieur, tout en limitant les envols de poussière La sciure est aussi utilisée comme source de biomasse énergie, par exemple sous forme de bûchette reconstituée ou de charbon de bois reconstitué.

Elle peut aussi être utilisée dans les toilettes sèches ou elle empêche la formation d'odeurs et constitue une source de carbone qui améliorera la qualité de compost final. Elle est pour des raisons similaires utilisée comme litière pour certains animaux élevés en cage (rongeurs par exemple).

### **I.6.1. Composition des fibres de bois**

Les fibres de bois sont principalement composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine [11] mais aussi une faible proportion d'extractibles, de protéines et de composés inorganiques. Les fibres se présentent sous la forme d'un composite multicouches dans lequel la lignine joue le rôle d'une matrice enrobant un élément structurant très rigide qu'est la cellulose [12]. Les fibres présentent une grande variabilité tant du point de vue des propriétés que du point de vue morphologique.

#### **I.6.1.1. La cellulose**

La cellulose est un polymère naturel, présente en proportions majoritaires dans toutes les espèces végétales, formées de longues chaînes, sont constituées de D-anhydroglucopyranoses liés par des liaisons  $\beta$ -(1,4)-glycosidiques en position C1 et C4 (Figure N°3). Le degré de polymérisation (DP) est d'environ 10 000, il varie selon l'espèce végétale. Chaque unité de répétition comporte trois groupes hydroxyles. Ces groupes hydroxyles et leur capacité à réaliser des liaisons hydrogène jouent un rôle majeur pour la cristallinité [13,14,15,16].

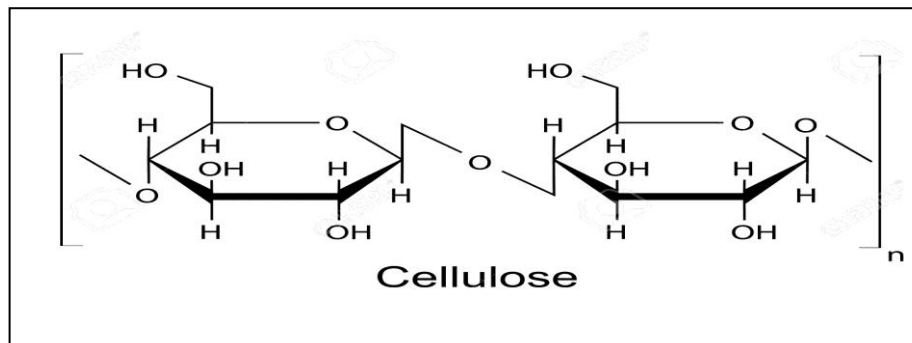


Figure N°3 : Molécule de la cellulose [17].

### I.6.1.2. L'hémicellulose

L'hémicellulose n'est pas une forme de cellulose. Elle comprend un groupe de polysaccharides composés d'une combinaison de cycles à 5 et 6 carbones (un exemple est représenté Figure N°4). L'hémicellulose forme la matrice de support des microfibrilles de cellulose [18]. L'hémicellulose diffère de la cellulose par trois aspects. Tout d'abord, elle est composée de sucres neutres : xylose, arabinose, galactose, glucose, mannose, et d'acides uroniques alors que la cellulose ne contient que des unités 1,4-  $\beta$  D-glucopyranose. Deuxièmement, elle présente un degré considérable de branchements contenant des groupes latéraux à l'origine de sa nature non-cristalline. Enfin, à l'état naturel, elle a un degré de polymérisation compris entre 50 et 300, tandis que celui de la cellulose native est 10-100 fois plus élevé [13,15].

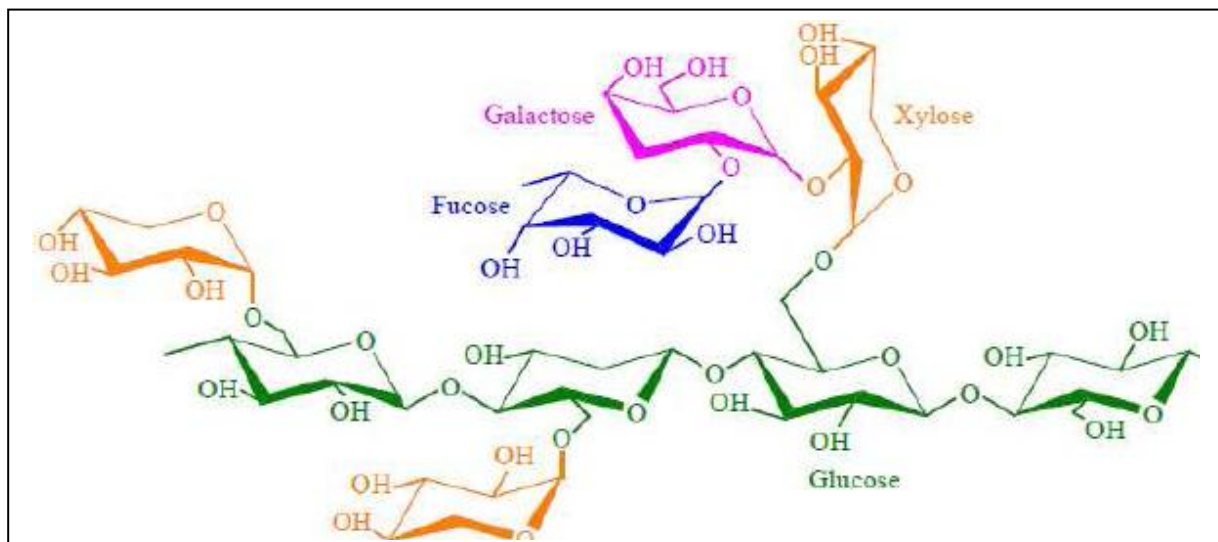


Figure N°4 : Structure d'un type de xyloglucane [19].

### I.6.1.3. La lignine

La lignine est une macromolécule extrêmement hétérogène composée de polymères aromatiques. Elle représente, après les polysaccharides, le polymère naturel le plus abondant sur terre. Elle participe à la rigidité structurale des parois cellulaires et protège les plantes contre l'attaque des organismes pathogènes. La lignine est une molécule à trois dimensions composée d'unités de phényle propane (Figure N°5). Les unités primaires (monolignols) constituant la lignine sont l'alcool coniférylique, l'alcool sinapylique et l'alcool p-coumarylique [16].

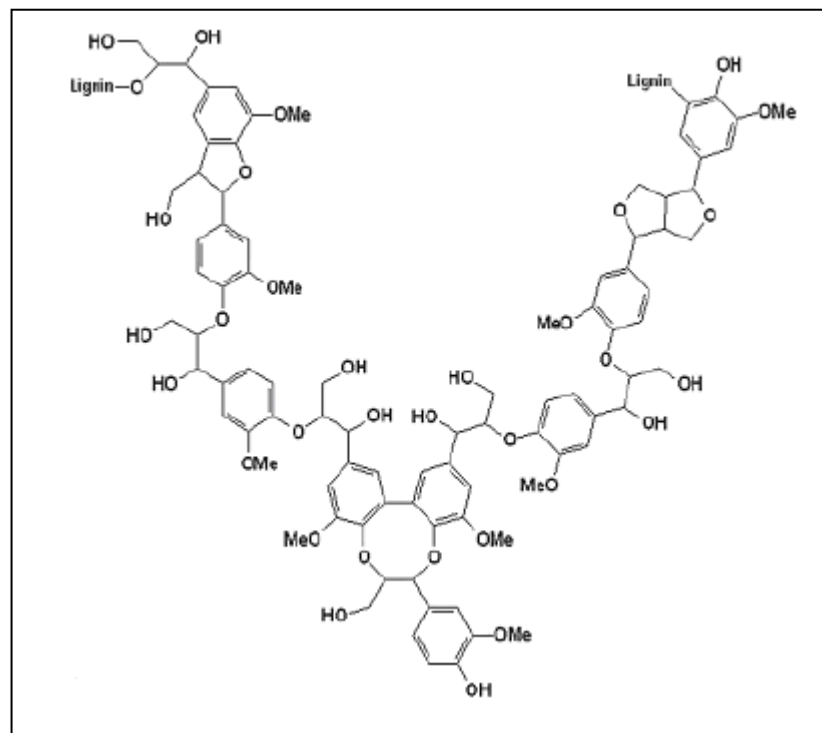


Figure N°5 : Représentation schématique de la lignine [16].

### I.6.2. Modification des fibres naturelles

Les fibres de cellulose sont incompatibles avec les polymères hydrophobes. Or, la qualité de l'interface fibre-matrice est importante pour l'utilisation des fibres naturelles. Il est donc très souvent nécessaire de modifier la surface des fibres pour optimiser cette interface [20, 15, 21,22].

Les fibres peuvent être modifiées par des méthodes physiques ou chimiques. Les méthodes physiques, telles que l'étirage, le calandrage, le traitement thermique, le laser, les rayons Gamma, les UV, plasma... modifient les propriétés structurales et de surface de la fibre et influencent ainsi les liaisons avec les polymères [15,23,24].

Les modifications chimiques comprennent des traitements avec de la soude, du silane (alcoxyde de silicium fonctionnalisé), de l'acide acétique, ou encore des molécules à base de benzoyl, d'isocyanate, de triazine ou d'imidazolidinone, ect [25,20,15,23, 21] .

#### **I.6.2.1. Traitement à la soude**

Le traitement à la soude ou mercerisage est l'un des traitements chimiques les plus utilisés. La modification importante apportée par un traitement alcalin est la diminution des liaisons hydrogène entre la cellulose et les deux autres principaux constituants: Hémicellulose et lignine [21,22,26]. La définition standard du mercerisage (proposée par la norme ASTM D1965) est la suivante : procédé qui consiste à soumettre une fibre végétale à une interaction avec une solution aqueuse concentrée d'une base forte, dans le but de provoquer un gonflement important résultant en des changements dans la structure fine, la dimension, la morphologie et les propriétés mécaniques [15,22].

**CHAPITRE II**

**PARTIE EXPERIMENTAL**

Les travaux présentés dans cette partie ont été préparé dans deux laboratoires différents : le laboratoire au niveau de la station d'épuration et le laboratoire de valorisation des matériaux (LVM) de la faculté des sciences et technologies de Mostaganem.

Au laboratoire de la STEP, le choix du polymère et la dose utilisée ont été déterminé. Au laboratoire LVM, En premier lieu, la sciure de bois a été préparée, traitée à la soude. Sa composition chimique a été déterminée. Ensuite des essais de floculations ont été réalisés.

## II.1. Composition de la sciure de bois

Tous les tests ont été effectués selon les procédures décrites dans la littérature [27,28 ] qui reprennent les normes de l'American Society for Testing and Matériels (ASTM). Les références précises des normes suivies sont présentées dans le tableau N°5 et chaque protocole est décrit dans cette partie. Chaque test est effectué 3 fois (toutes les concentrations sont exprimées en % massique).

**Tableau N°5 : Normes suivies pour l'analyse chimique.**

propriété	Norme
Les graisses et les cires	ASTM D 1107 _ 96 (Reapproved 2001)
Solubilité dans l'eau chaude	ASTM D 1110 _ 84 (Reapproved 2001)
Lignine	ASTM D 1106 _ 96 (Reapproved 2001)
Holocellulose	ASTM D 1104 - 59 (Reapproved 1978)
Teneur en cendres	ASTM D 1102 - 84 (Reapproved 1990)

### II.1.1. Teneur en graisses et cires

Ce traitement sert à retirer les graisses et les cires. 4g de fibres séchées sont traitées par 150 ml de mélange éthanol-toluène (en proportion volumique 1:2) dans un soxhlet (voir photo N°12). L'extraction a été effectuée pendant huit heures à raison d'environ six siphonages par heure. A la fin, le résidu est filtré, lavé et séché jusqu'à obtention d'un poids constant. La formule suivante a été utilisée pour obtenir la teneur en solubilité alcool-toluène

$$\% \text{ de solubilité dans le mélange éthanol-toluène} = (w_1 - w_2)/w_1 \times 100 \dots\dots \text{Eq n°1}$$

$w_1$  et  $w_2$  étant les masses des fibres avant et après traitement.

### II.1.2. Solubilité des fibres dans l'eau chaude

Ce traitement est utilisé pour enlever la pectine et quelques autres substances inorganiques. 2,00g de fibres séchées sont traitées deux fois par 100 ml d'eau à reflux à 85°C pendant 3h (voir photo N°13). Puis, le résidu est filtré et lavé à l'eau. Séché dans un dessiccateur à 100°C. Après séchage, le résidu est pesé pour déterminer la variation du poids des fibres.

$$\% \text{ de produits solubilisés dans l'eau chaude} = (w_1 - w_2)/w_1 \times 100 \dots\dots\dots \text{Eq n°2}$$

$w_1$  et  $w_2$  étant les masses des fibres avant et après traitement.

### II.1.3. Teneur en lignine

1,00g de fibres de bois récupérées après traitement par le mélange éthanol-toluène sont agitée dans une solution de  $H_2SO_4$  à 75% pendant 2h (tous les % utilisés pour la solution dans cette étude sont des % massique). Puis 560 ml d'eau sont ajoutés pour réduire la teneur en acide à 3% et la solution est chauffée à ébullition et à reflux pendant 4h. Le résidu est ensuite filtré et lavé avec 500 ml d'eau, séché à 100°C et pesé. La lignine étant insoluble dans l'acide sulfurique à 75%, ce résidu est constitué essentiellement de lignine.

$$\% \text{ lignine} = w_2/w_1 \times (100 - w_3) \dots\dots\dots \text{Eq n°3}$$

$w_1$  et  $w_2$  étant les masses des fibres de sciure de bois avant et après traitement.  $w_3$  étant le résultat obtenu après le test de solubilité des fibres dans le mélange éthanol-toluène (%).

### II.1.4. Teneur en Holocellulose (comprend la cellulose et l'hémicellulose)

2,00g de fibres de bois récupérées après traitement par le mélange éthanol-toluène sont mises dans une fiole contenant 150ml d'eau distillée, 0,2ml d'acide acétique glacial et 1g d'hypochlorure de sodium ( $NaClO_2$ ). Cette fiole est chauffée dans un bain d'eau maintenu à 80°C durant 5 heures sous agitation. Chaque heure 0,2 ml d'acide acétique glacial et 1g de  $NaClO_2$  sont ajoutés. Au bout de cinq heures, la fiole est placée dans un bain d'eau glacée jusqu'à ce que la température de la solution ait atteint 10°C. Le contenu de la fiole est ensuite filtré, le résidu est lavé avec 500 ml d'eau distillée. Le résidu est ensuite séché à 100°C jusqu'à poids constant.

$$\% \text{ Holocellulose} = w_2/w_1 \times (100 - w_3) \dots\dots\dots \text{Eq n°4}$$

$w_1$  et  $w_2$  étant les masses des fibres de bambou avant et après traitement.

$w_3$  étant le résultat obtenu après le test de solubilité des fibres dans le mélange éthanol-toluène (%).

### II.1.5. Teneur en cellulose

1,00g d'holocellulose séchée, obtenue à l'issu du test précédent, sont traitées par une solution de soude à 17,5% massique, pendant 30 min. 50ml d'eau distillée sont ensuite ajoutés et le mélange est agité pendant 5 min. le résidu est filtré et lavé par une solution de soude à 8,3% puis par 40 ml d'acide acétique à 10%, ensuite par 1000 ml d'eau et enfin séché à 100°C jusqu'à poids constant.

$$\% \text{ Cellulose} = \frac{w_2}{w_1} \times w_3 \dots\dots\dots \text{Eq n}^\circ 5$$

$w_1$  et  $w_2$  étant les masses des fibres de bambou avant et après traitement.

$w_3$  étant le pourcentage d'holocellulose obtenu à l'issu du test précédent.



Photo N° 12: Extraction par soxhlet



Photo N° 13 : Extraction par reflux

## II.2. Caractérisations Chimiques

### II.2.1. Teneur en eaux et matières volatiles

La teneur en eau, et en matière volatiles sont déterminées par les normes françaises NFV03903. Elle correspond de la perte de masse subie par l'échantillon après séchage dans une étuve à 100°C jusqu'à poids constant (pendant 3h). La teneur en eau et en matières volatiles (notée H) et exprimée par:

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \dots\dots\dots \text{Eq n°6}$$

$m_0$ (g): Tare du creuset.

$m_1$ (g): Masse du creuset et de la prise d'essai avant chauffage.

$m_2$ (g): Masse (creuset + résiduel) après chauffage jusqu'à poids constants

### II.2.2. Teneur en matière sèche

La teneur en matières sèches est exprimée aussi en pourcentage en masse, de l'échantillon. Elle est notée  $M_s$  et se déduit de l'expression de la teneur en eau :

$$M_s = 100 - H = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \dots\dots\dots \text{Eq n°7}$$

### II.2.3. Teneur en matières minérales et organiques

L'échantillon doit subir une calcination à 550°C pendant 6 heures, Le résidu calciné est pesé

$$M_M = \frac{m_3 - m'_0}{m'_1 - m'_0} \times 100 \dots\dots\dots \text{Eq n°8}$$

$m_3$ : Masse (creuset+échantillon) après calcination.

$$\% M_{organique} = M_{sèche} - M_M \dots\dots\dots \text{Eq n°9}$$

### II.2.4. Traitements chimiques (traitement alcalin)

Les fibres sont immergées dans une solution alcaline ( norme ASTM D1965) préparée à partir de la dissolution de 5 g de pastilles d'hydroxyde de sodium NaOH dans 95cm<sup>3</sup>d'eau distillée. Cette solution a donc une concentration de 5%. Les temps de traitement sont 2h, 4h, 5h, 7h, 16h, 24h. L'élimination de l'excès de la soude adsorbée sur la surface de la fibre nécessite un rinçage avec de l'eau distillé. La neutralisation de l'effet de la soude caustique (NaOH) nécessite le rinçage des fibres avec de l'acide acétique dilué et finalement avec l'eau

distillée. En fin les fibres sont séchées à la température ambiante pendant 24h et étuvées à 100°C pendant 3h.

### II.3. Caractérisation par spectroscopie infrarouge des fibres

Afin d'étudier les changements de la structure de la fibre de bois résultant des traitements effectués, on a réalisé une analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF). Le spectrophotomètre est de type SHIMADZU IR Prestige-21

### II.4. Essai de floculation de la boue

#### II.4.1. Boue utilisée

La boue utilisée pour cette étude est une boue stabilisée provenant de la station d'épuration de Salamandre de Mostaganem. 40 litres de boue non floculée ont été prélevés à l'entrée de la déshydratation mécanique et conservés pendant 8 jours maximum à 4 °C.

#### II.4.2. Le Flocculant

Plusieurs polymères de la série Zetag® de BASF ont été testés en fonction de leurs caractéristiques. Ces derniers présentent des poids moléculaire (PM) variant de moyen à ultra-élevé (tableau N°6). Les polymères sélectionnés sont le Zetag 8180, le Zetag 8167 et le Zetag 7557.

**Tableau N°6:** caractéristiques de quelques flocculant cationique

Produit	Forme	Charge	Poids moléculaire
Zetag 7557	Granule fin	+	Moyen
Zetag 8167	Granule fin	++++	Ultra élevé
Zetag 8180	Granule fin	++++	Ultra élevé

#### II.4.3. Teneur en matières sèches ou siccité (MS)

Pour obtenir la teneur en matière sèches (Norme NF-T-90029), une quantité connue de l'échantillon de boue est placée dans une capsule en aluminium pré-tarée et mise à sécher à 105°C dans une étuve jusqu'à stabilisation de la masse, soit pendant environ 24 heures pour obtenir la masse du résidu sec. Connaissant la masse initiale et la masse finale après étuvage, la teneur en matière sèches est calculée (eq n°10) Les matières sèches incluent les matières en

suspension et les sels dissous. Pour chaque échantillon trois analyses sont effectuées et les résultats sont moyennés.

$$\text{Siccité}[\%] = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \dots\dots\dots\text{eq n}^\circ 10$$

$m_1$  : masse de la boue humide avant étuvage (g)

$m_2$  : masse de la boue séchée à 105°C (g)

## II.5. Résultats et discussion

### II.5.1. Préparation de poudre de bois

La sciure de bois collecté auprès d'une menuiserie locale, a été en premier lieu, séché à 105°C pendant 2h puis broyé et pesé, ensuite tamisé manuellement durant 10 minutes avec les tamis de 200µm /250µm /500µm /710µm /1,60 mm et 3,15mm. Les tranches granulométriques obtenues sont présentées sur le Tableau N°7

En second lieu, les fibres ont été séchées à 105°C durant 24h dans une étuve. Les fibres sont ensuite ensachées pour éviter leur exposition directe avec l'humidité de l'air.

**Tableau N°7:** granulométrie de la poudre de bois

<b>Ouverture de tamis</b>	<b>Fraction massique (%)</b>
<b>200 µm</b>	<b>42,6</b>
<b>250 µm</b>	<b>16,5</b>
<b>500 µm</b>	<b>24,1</b>
<b>710 µm</b>	<b>4,7</b>
<b>1,60 mm</b>	<b>10,3</b>
<b>3,15 mm</b>	<b>1,8</b>

### II.5.2. Teneur en cellulose, hémicellulose et lignine

D'après les résultats de la composition chimique (tableau N° 8) des fibres de la sciure de bois, on note que la cellulose est le constituant majoritaire de fibre de bois par un taux de

l'ordre de (43,54%), puis les hémicelluloses par (30,06%), alors que la teneur en lignine, en cire et en pectine sont de l'ordre de 14,56 ; 9,89 et 12,01 % respectivement.

**Tableau N°8:** Composition chimiques de sciure de bois

<b>Composition</b>	<b>Les graisses et les cires</b>	<b>La pectine</b>	<b>La lignine</b>	<b>Hémicellulose</b>	<b>Cellulose</b>
Valeur (%)	9.89	12,01	14,56	30,04	43,54

### II.5.3. Composition de la sciure de bois

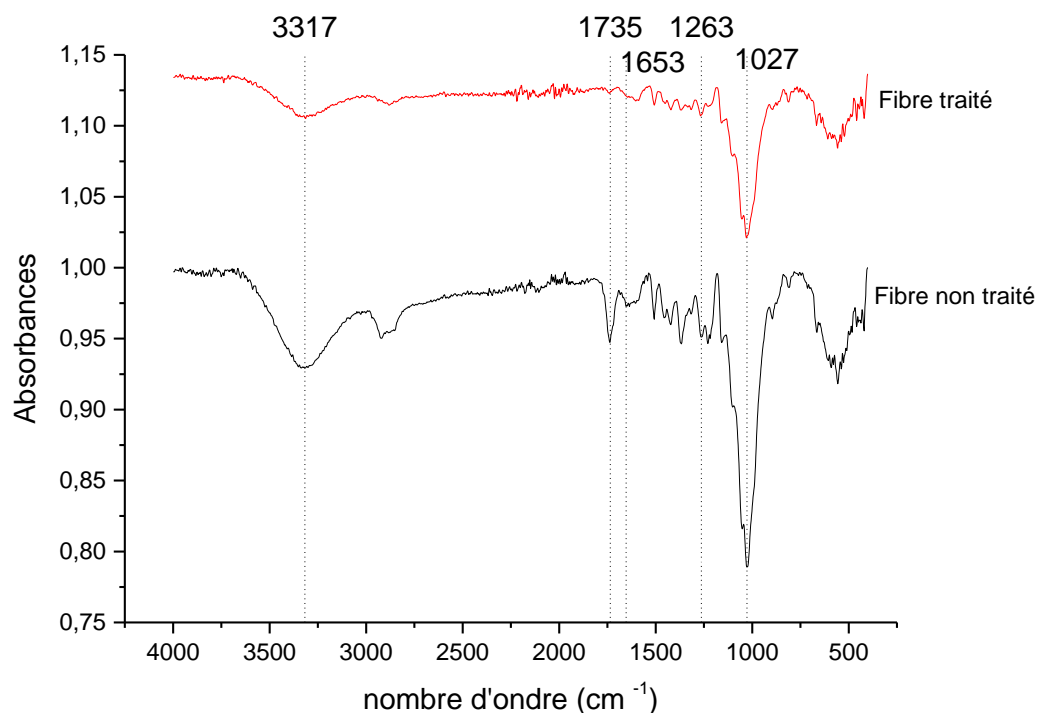
La teneur en matière sèche dans la plupart des végétaux varie en fonction de l'humidité relative. Les analyses effectuées (tableau N°9) montrent que la teneur en matière sèche est de l'ordre de 99%, la fibre de bois est constituée principalement de la matière organique avec un taux de 98,83 %.

**Tableau N°9 :** Résultats de l'humidité, et de la matière (sèche, minérale, organique)

<b>Caractérisations chimique des fibres</b>	<b>Matière volatile</b>	<b>Matière sèche</b>	<b>Matière minérale</b>	<b>Matière organique</b>
Valeurs (%)	0,83	99,17	0,33	98,83

### II.5.4. Caractérisation par spectroscopie IR-TF

L'analyse spectrale est effectuée dans le but d'étudier les différentes interactions entre la fibre brute et la fibre traitée avec NaOH, en déterminant les différentes bandes d'absorption et en vérifiant si le nombre d'onde a changé suite au traitement. La figure N°6 représente les spectres de transmission T (%) dans l'IR moyen ( $4000$  à  $400\text{ cm}^{-1}$ ) des fibres de Sciure de bois.



**Figure N°6:** Spectre IR-TF de la sciure de bois traité et non traité

Les pics d'absorption et les liaisons correspondantes sont répertoriés dans le Tableau N°10. Les liaisons des différents composants du bois (cellulose, lignine et hémicelluloses) sont clairement identifiées sur le spectre. Toutefois, les composants ne sont pas toujours distincts, puisqu'ils possèdent des liaisons similaires. Il est particulièrement difficile d'interpréter la partie du spectre comprise entre 800 et 400 cm<sup>-1</sup>.

**Tableau N°10 :** Pics d'absorption du spectre infrarouge de sciure de bois traité et non-traitée et les liaisons correspondantes

Groupe fonctionnel	Nombres d'onde (cm <sup>-1</sup> )		Composés
	Sciure de bois non traité	Sciure de bois traité	
<b>O-H</b>	<b>3317</b>	<b>3317</b>	Cellulose- Hemicellulose-pectine
<b>C-H</b>	<b>2913</b>	<b>2913</b>	Cellulose-lignine
<b>C=O</b> (groupe ester)	<b>1737</b>	-	Hemicellulose (xylanes)
<b>O-H</b> (liaison glucidique)	<b>1639-1653</b>		Eau absorbé
<b>C=C</b> (cycle aromatique)	<b>1509</b>	-	lignine
<b>C-H</b> (déformation dans le plan)	<b>1425</b>		Pectine, lignine, hémicellulose
<b>C-O-C</b> (déformation des groupes acéthyles)	<b>1263</b>	-	lignine
<b>C-O-C</b> (chaîne cyclique du pyranose)	<b>1027</b>	<b>1027</b>	Cellulose, lignine

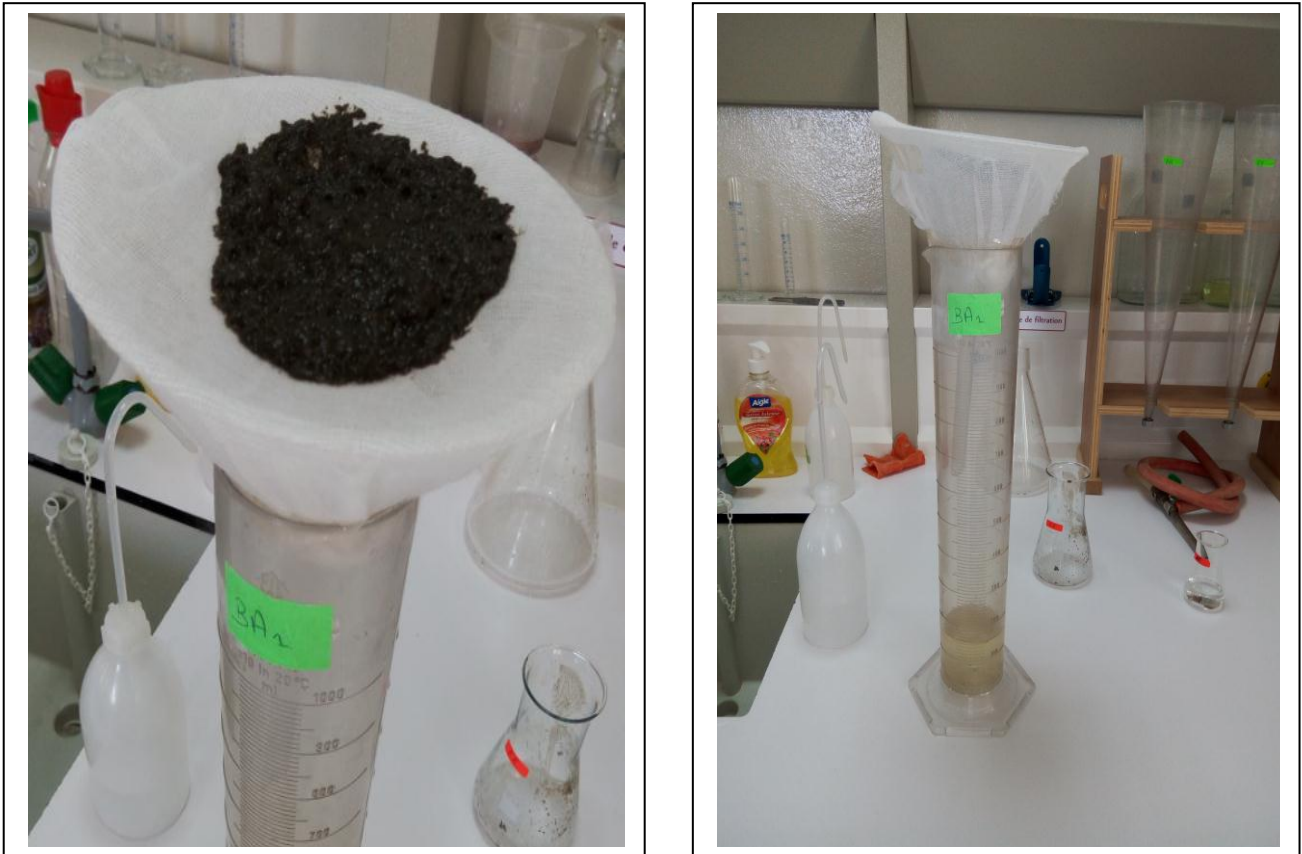
Le spectre infrarouge de la sciure non traité révèle la présence d'une large bande vers 3317 cm<sup>-1</sup> qui correspond aux vibrations d'élongation de la liaison O-H des structures aromatiques et aliphatiques de phénol, groupe de la lignine et cellulose. La bande qui apparaît entre 2913 cm<sup>-1</sup> correspond à la vibration d'élongation asymétrique de la liaison C-H de la cellulose. Le pic vers 1735 cm<sup>-1</sup> est caractéristique de la vibration de valence du (C=O) des acides carboxyliques et/ou des esters des xylanes, présents dans les lignines et hémicelluloses. Le pic à 1027 cm<sup>-1</sup> correspond aux vibrations de valence des liaisons C-O-C, de la cellulose. De plus, la vibration à 1509 cm<sup>-1</sup> est attribuée à la déformation (C=C) des cycles aromatiques de la lignine et à 1263 cm<sup>-1</sup> attribuées à la vibration  $\nu$ (C-O) des groupements méthoxy de la lignine.

Sur le spectre de la sciure de bois traitée, le pic à 1735 cm<sup>-1</sup> a complètement disparu en raison de la suppression de la plupart des hémicelluloses. De plus, la vibration à 1509 cm<sup>-1</sup>, attribuée à la déformation (C=C) des cycles aromatiques de la lignine et le pic à 1263 cm<sup>-1</sup> attribuées à la vibration  $\nu$ (C-O) des groupements méthoxy de la lignine, ont également disparue dans les spectres des sciures traitées. Cette diminution est attribuée à la diminution des groupements hydroxyle (O-H) et à la solubilisation de la lignine.

### II.5.5. Egouttage des boues

La cellule d'égouttage utilisée est constituée d'une toile d'égouttage (compresses stériles) de 17 fils/cm<sup>2</sup> fixée sur un entonnoir (photo N°14), Le filtrat est récupéré dans une

éprouvette graduée afin de pouvoir lire directement les volumes. Il est important de mentionner que le volume de filtrat récolté durant les 10 premières secondes est d'une importance particulière puisque le passage des boues sur la toile de la table de gravité (station d'épuration) est d'une durée d'environ 15 secondes.



**Photo N°14:** Dispositif d'égouttage de la boue (photo prise à la station)

## II.6. Choix de polymère

En raison des prix relativement élevés des polymères. Le choix du polymère ainsi que la quantité de polymère à ajouter sont donc essentiels. Le test de filtration est utilisé pour estimer la performance des polymères. La méthode consiste à effectuer plusieurs transvasements de la boue et du polymère d'un bêcher à un autre pour effectuer le mélange, et de comparer visuellement les floccs formés (méthode classiquement utilisée par certains professionnels de la déshydratation des boues) et de comparer leur turbidité et le volume obtenue à 120 min.

### II.6.1. Préparation de la solution de polymère

Dans un Erlenmeyer sec de 100 ml, 1 g de polymère en poudre sont introduite, puis 100 ml de l'eau distillée sont ajouté. L'Erlenmeyer est fermé immédiatement et il est mis sous agitation pendant les 1 à 2 heures.

### II.6.2. Préparation de la solution de polymère- boue

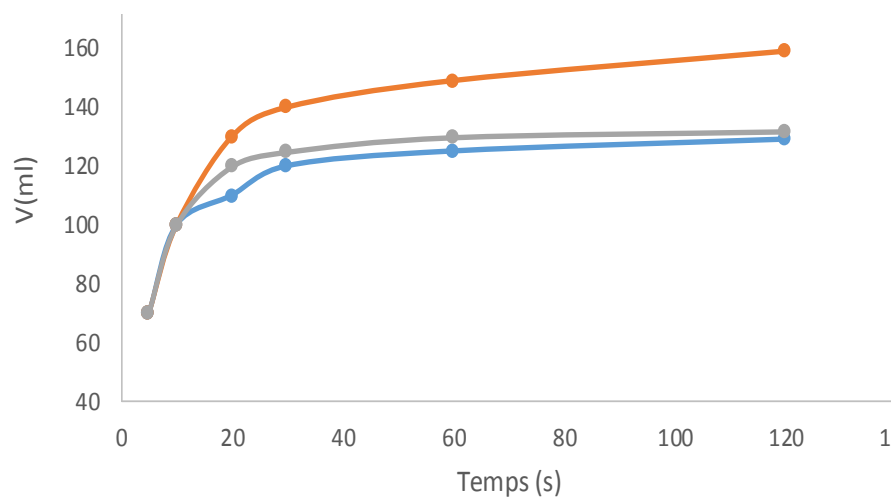
Une dose de polymère par m<sup>3</sup> de boue est préparée dans un volume bien défini selon le protocole citée dans le paragraphe II.6.1. Le polymère est ajouté à l'échantillon de boue, la solution est transvaser d'un bécher à l'autre rapidement à 4 reprises. Visuellement la qualité des floccs formés est notée. Le contenu du bécher est rapidement versé sur la toile du montage. Les volumes filtrés sont relevés après 10, 20, 30, 60 et 120 secondes. A la fin la turbidité du filtrat est déterminée à l'aide d'un turbidimètre.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau N°11, et les volumes mesurés sont reportés sur le graphe N°1

**Tableau N°11:** détermination de la taille des floccs et de la turbidité des filtrats

Polymères (Zetag)	Dose (g/m <sup>3</sup> )	Concentration des boues (g/l)	Nombre de transvasions	Taille des floccs	Turbidité
8180	100	21	4	M	23
7557	100	21	4	M	24
8167	100	21	4	M	18
8180	85	21	4	M	25

M :moyen



**Figure N°7: choix du polymère**

Pour faire le choix entre les 3 polymères étudiés, nous avons donc considéré le volume obtenu après 120 secondes.

En fait, l'analyse de différents résultats nous amène à la conclusion suivante : si l'on compare deux produits similaires de poids moléculaires différents, entre le Zetag 8180 et le Zetag 7557, on constate que celui qui a le poids moléculaire le plus élevé (Zetag 8180), nécessite une dose plus faible pour obtenir la même performance, en effet on utilisant le Zetag 8180 à 85 g/l on obtient une turbidité de 25 NTU alors qu'on obtient une valeur de 24 NTU (presque la même) pour une dose de 100 g/l de Zetag 7557. Donc ce dernier est écarté.

Le Zetag 8167 donne une turbidité de 18 NTU, une valeur inférieure à celle donné par le Zetag 8180 qui est de 23 NTU. Mais si l'on considère maintenant la structure du produit, un produit linéaire nécessite une dose de polymère moins élevée, mais atteint un plus petit volume de filtrat pour une dose optimum.

Pour la suite du travail qui s'est effectué au laboratoire LVM, les essais ont été réalisés avec le polymère Zetag 8081 qui a donné les meilleures performances.

**II.6.3. Préparation de mélange (polymère –sciure de bois)**

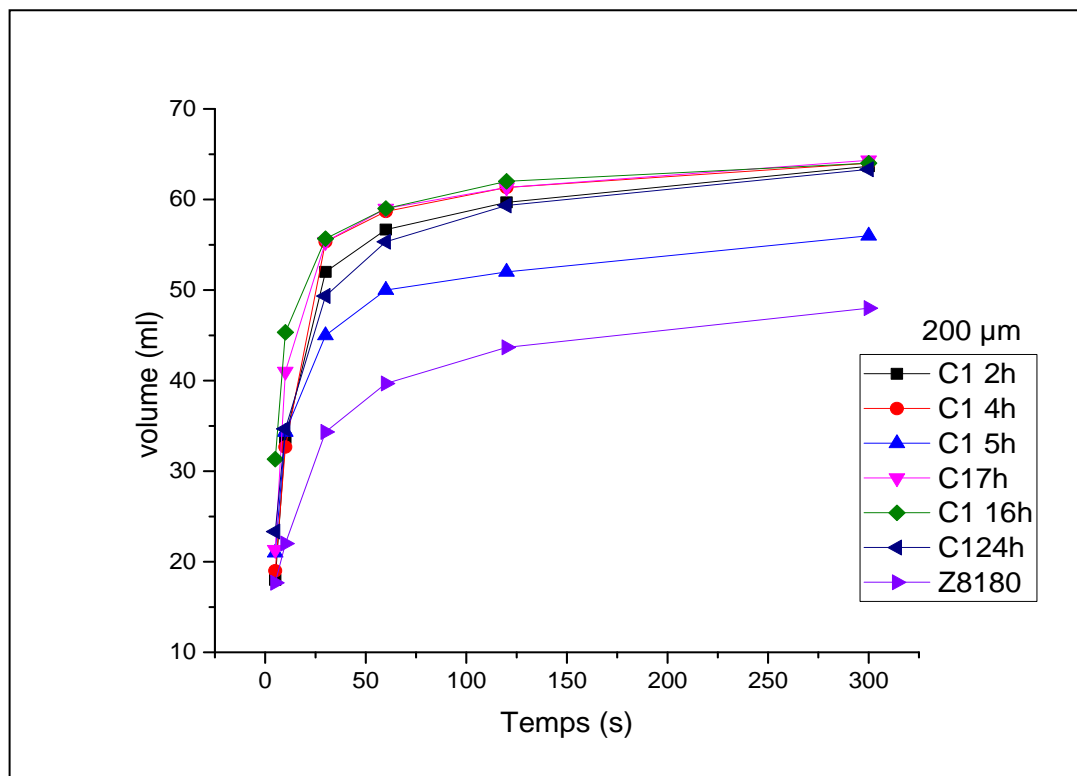
L'objectif principal de cet essai était de déterminer s'il est possible de remplacer une certaine quantité de polymère par de la sciure de bois, un déchet industrielle, afin de réduire les coûts liés à la déshydratation des boues. Pour ce travail, deux granulométries de la sciure de bois ont été choisi (200  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ ). La sciure est rajoutée au polymère à 10, 20, 30 et 50% selon le tableau N°12

**Tableau N°12 : Concentration polymère et fibre**

	Fibre	Zetag 8180
C <sub>0</sub>	00	0,1
C <sub>1</sub>	0,01	0,09
C <sub>2</sub>	0,02	0,08
C <sub>3</sub>	0,03	0,07
C <sub>5</sub>	0,05	0,05

- Fibre de bois 200 µm**

Les essais de floculation de la boue avec la sciure de bois (200µm) traitée pour les temps suivant : 2h, 4h, 5h, 7h, 16h et 24h ont été réalisés. En suivant l'évolution du volume de filtrat en fonction du temps, on obtient les résultats illustrés sur les figures N°8, 9, 10 et 11 suivants.



**Figure N°8:** Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C1=10 %

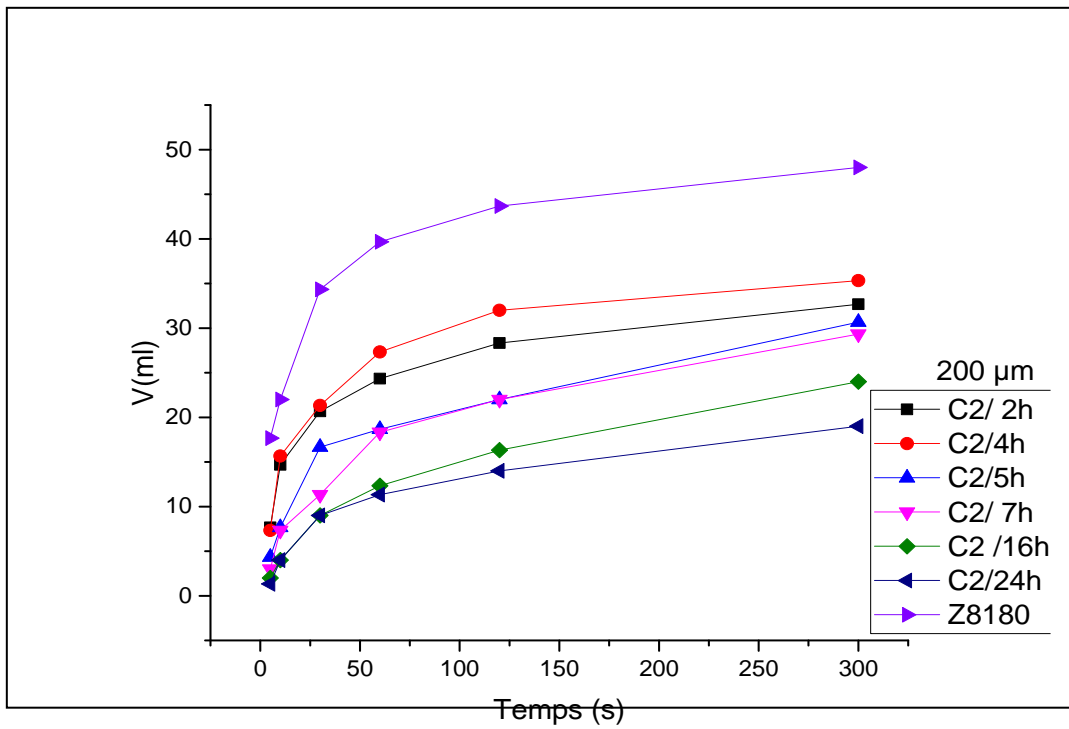


Figure N°9: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C2=20%

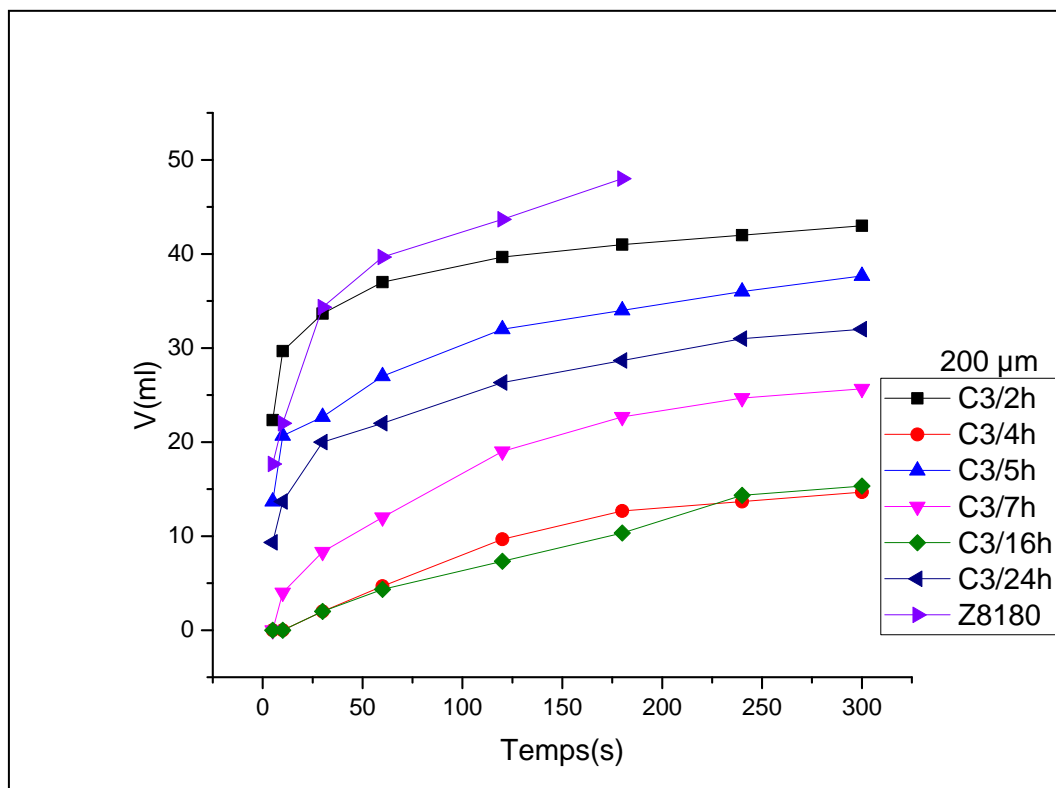


Figure N°10: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C3=30%

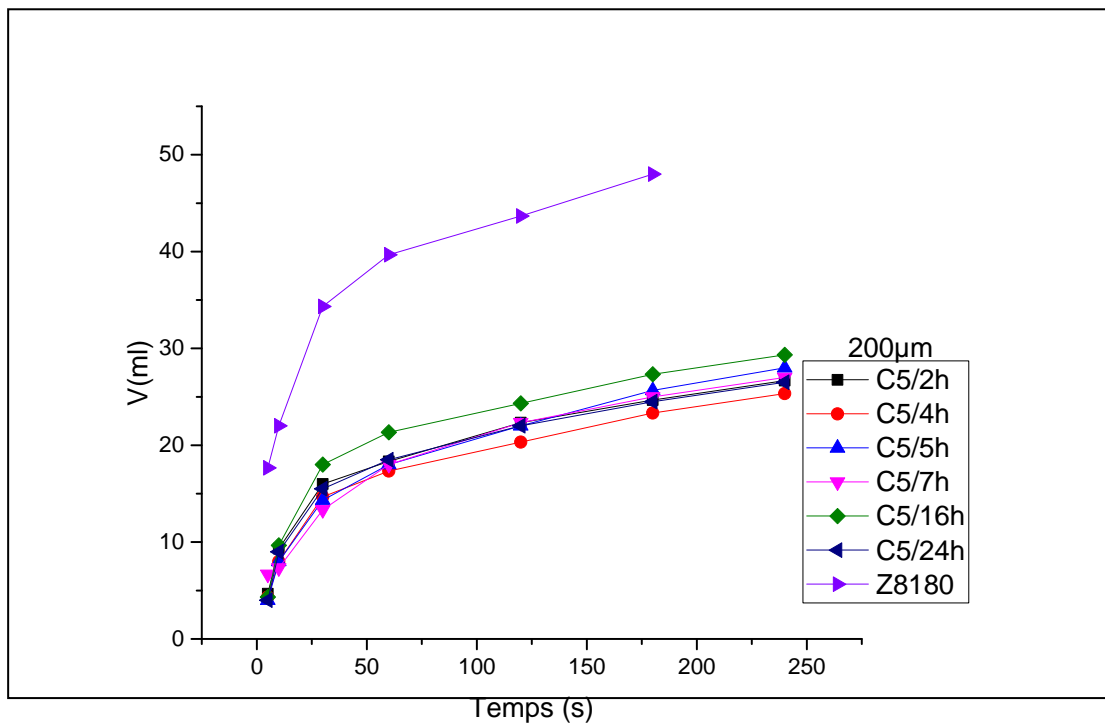


Figure N°11: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 200µm à C5=50%

• **Fibre de bois 500 µm**

Les essais de floculation de la boue avec la sciure de bois (500 µm) traitée pour les temps suivant : 2h, 4h, 5h, 7h, 16h et 24h ont été réalisés. En suivant l'évolution du volume de filtrat en fonction du temps, on obtient les résultats illustrés sur les figures N°12, 13, 14 et 15 suivants.

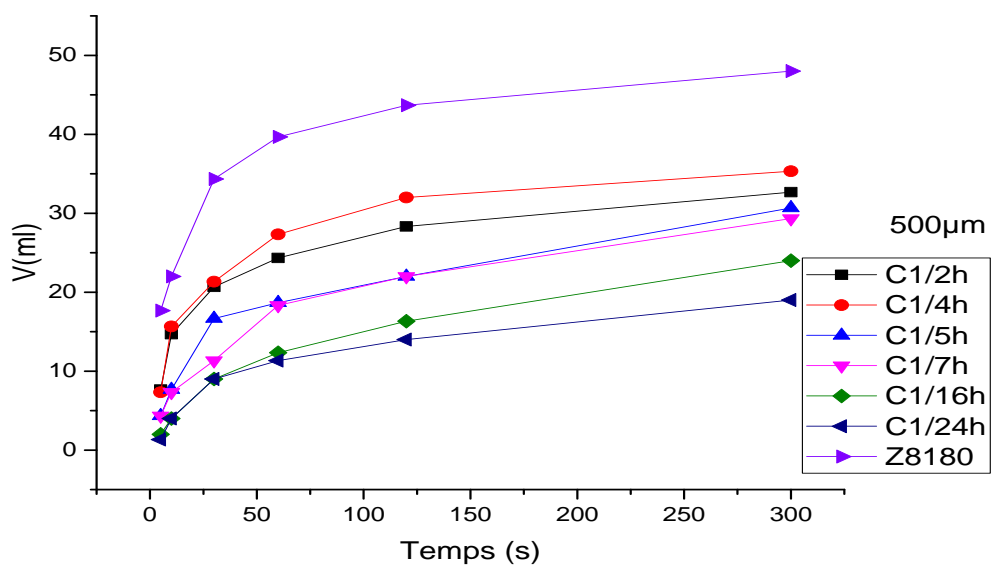


Figure N°12: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500µm à C1=10%

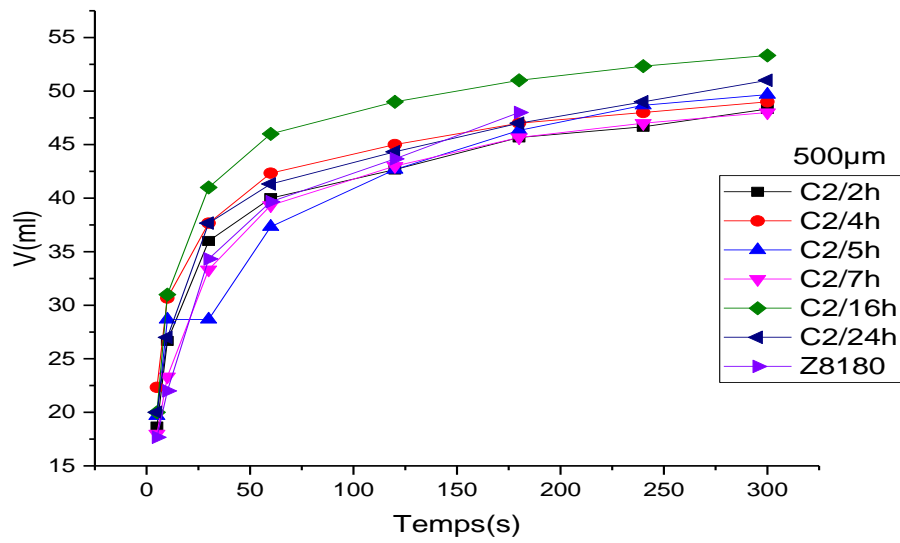


Figure N°13: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C2=20%

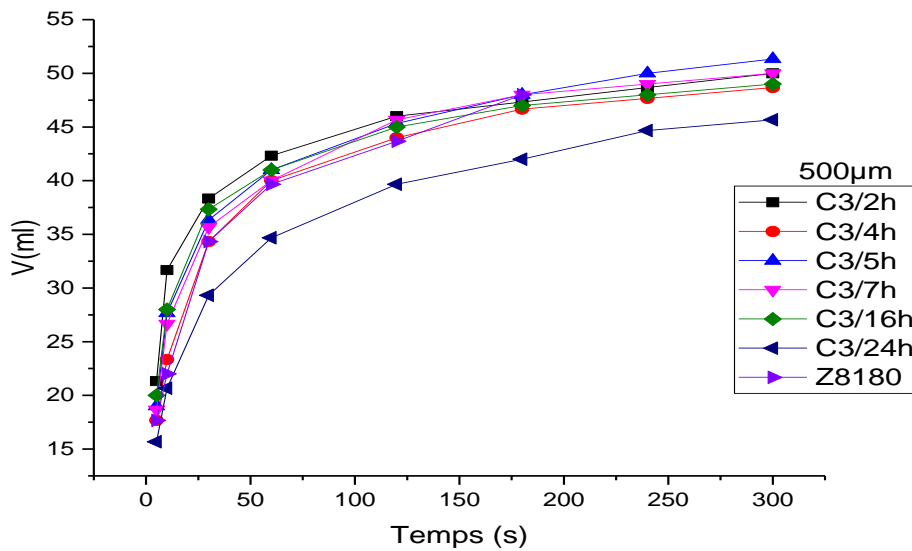
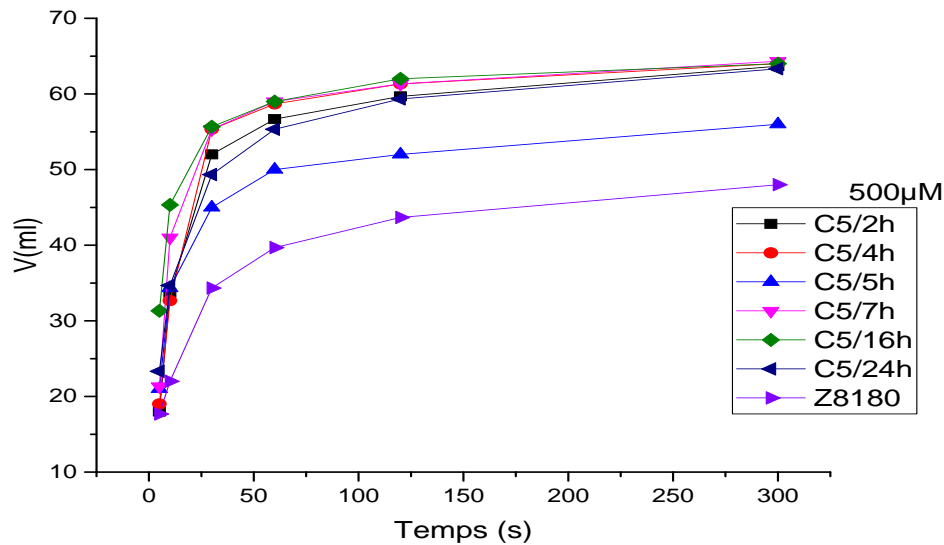


Figure N°14: Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C3=30%



**Figure N°15:** Filtrabilité de la boue en présence de la sciure de bois 500 µm à C5=50%

- D'après la figure N°8, on constate que la filtrabilité de la boue par le polymère seul est meilleur lorsqu'on ajoute de la sciure de bois à 200 µm à une concentration de C1 de 10%. Au-delà de cette concentration, la filtrabilité de la boue est meilleur avec C2=20% (figure N°9); C3=30% (Figure N°10) et C5=50% (Figure N°11) qu'avec le polymère seul.
- A l'inverse de ce qu'on a obtenue précédemment, on constate que la filtrabilité lorsqu'on ajoute de la sciure de bois à 500 µm à une concentration de C1 de 10% à la boue est meilleur que lorsqu'on utilise le polymère seul. Lorsqu'on augmente le taux de la fibre, la filtrabilité diminue.
- Le temps de traitement de la fibre par NaOH n'a pas d'influence sur la filtrabilité de la boue, que ce soit pour la fibre à 200 µm ou la fibre à 500 µm.

L'effet de la granulométrie est très marqué, à la même concentration C1, la fibre à 500 µm facilite le drainage et son effet s'ajoute à celui du polymère, alors que pour la fibre à 200µm, les fibres plus fine interagissent avec les particules en suspension du fait de leur grande surface de contact.

### II.6.4. La siccité de la boue

La siccité a été obtenue en plaçant la boue dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures afin de déterminer la masse des matières sèches (MS) contenues par la boue (Norme NF-T-90029).

- La siccité initiale de la boue stabilisée est de 0,67 %.
- La siccité de la boue avec le polymère seul est de 6,62 %
- La siccité de la boue + le mélange (polymère -fibre) donne les résultats résumés dans le tableau N°13; pour la fibre 200µm et dans le tableau N°14 pour la fibre 500µm.

**Tableau N°13:** siccité de la boue initiale, siccité de la boue +polymère et siccité de la boue +(polymère-fibre 200µm)

Concentration (%) Temps (h)	Siccité (%)					Boue seule	Boue +polymère
	C1	C2	C3	C5			
2	7,65	6,48	6,44	6,45		0,67	6,62
4	6,48	6,23	4,6	6,01			
5	9,39	5,19	6,05	6,3			
7	6,51	6,66	5,55	6,41			
16	6,25	5,93	5,23	5,91			
24	5,67	5,07	5,91	5,5			

**Tableau N°14:** siccité de la boue initiale, siccité de la boue +polymère et siccité de la boue +(polymère-fibre 500µm)

Concentration (%) Temps (h)	Siccité (%)					Boue seule	Boue +polymère
	C1	C2	C3	C5			
2	6.87	6.22	6.92	6.59		0,67	6,62
4	6.54	6.05	6.22	5.26			
5	5.88	5.49	5.91	4.18			
7	7.10	6.16	6.04	6.30			
16	6.28	5.67	5.67	5.49			
24	6.89	5.81	6.39	5.59			

La substitution de la fibre aux polymères allant de 10% à 50% donnent des siccités de boue après égouttage de l'ordre de la siccité de boue avec le polymère seul. En vue de ces résultats, nous pourrions avancer que la dose de polymère utilisé au niveau de la station pourra être divisée en 2 avec l'ajout de la sciure de bois.



# **CONCLITION**

## Conclusion générale

Le choix du polymère comme flocculant dans les procédés de déshydratation des boues au niveau des stations de traitement des eaux usées est déterminant. En raison des prix relativement élevés de ces polymères, l'objectif principal de cet essai était de déterminer s'il est possible de remplacer une certaine quantité de polymère par de la sciure de bois afin de réduire les coûts liés à la déshydratation des boues.

La composition chimique de la sciure de bois a été déterminée. La cellulose est le constituant majoritaire de fibre de bois par un taux de l'ordre de 43,54%, puis les hémicelluloses par 30,06%, alors que la teneur en lignine, en cire et en pectine sont de l'ordre de 14,56 ; 9,89 et 12,01 % respectivement. Les analyses effectuées montrent que la teneur en matière sèche est de l'ordre de 99%, la fibre de bois est constituée principalement de la matière organique avec un taux de 98,83 %.

Les fibres de cellulose sont incompatibles avec les polymères hydrophobes. Or, la qualité de l'interface fibre-matrice est importante pour l'utilisation des fibres naturelles. Il est donc très souvent nécessaire de modifier la surface des fibres pour optimiser cette interface. L'analyse spectrale est effectuée dans le but d'étudier les différentes modifications entre la fibre brute et la fibre traitée avec NaOH,

Le pic à  $1735\text{ cm}^{-1}$  a complètement disparu en raison de la suppression de la plupart des hémicelluloses. De plus, la vibration à  $1509\text{ cm}^{-1}$ , attribuée à la déformation (C=C) des cycles aromatiques de la lignine et le  $1263\text{ cm}^{-1}$  attribuées à la vibration  $\nu(\text{C-O})$  des groupements méthoxy de la lignine, ont également disparues dans les spectres des sciures traitées. Cette diminution est attribuée à la diminution des groupements hydroxyle (O-H) et à la solubilisation de la lignine.

Afin de valoriser un déchet industriel et dans l'objectif principal est de voir s'il est possible de remplacer une certaine quantité de polymère par de la sciure de bois, afin de réduire les coûts liés à la déshydratation des boues. Pour ce travail, deux granulométries de la sciure de bois ont été choisi ( $200\text{ }\mu\text{m}$  et  $500\text{ }\mu\text{m}$ ). La sciure est rajoutée au polymère à 10, 20, 30 et 50%

La filtrabilité de la boue par le polymère seul est meilleur lorsqu'on ajoute de la sciure de bois à 200  $\mu\text{m}$  à une concentration de C1 de 10%. Au Delas de cette concentration, la filtrabilité de la boue est meilleur avec C2=20%; C3=30% et C5=50% qu'avec le polymère seul. A l'inverse de ce qu'on a obtenue précédemment, on constate que la filtrabilité lorsqu'on ajoute de la sciure de bois à 500  $\mu\text{m}$  à une concentration de C1 de 10% à la boue est meilleur que lorsqu'on utilise le polymère seul. Lorsqu'on augmente le taux de la fibre, la filtrabilité diminue.

La substitution de la fibre aux polymères allant de 10% à 50% donne des siccités de boue après égouttage de l'ordre de la siccité de boue avec le polymère seul. En vue de ces résultats, nous pourrions avancer que la dose de polymère utilisé au niveau de la station pourra être divisée en 2 avec l'ajout de la sciure de bois.

# Bibliographies

- [1] Butec, Réalisation et exploitation de la station de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Mostaganem, REV.4 (02.07.2014), Office national de l'assainissement
- [2] **VEDRY., (1975)** –L'analyse écologique des boues activées .SGETEC
- [3] Céline Pernin. (2003). Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral : Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la méso faune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.). These doctorat, AIX-MARSEILLE III, p 9.
- [4] **DUCHENE P., (1990)**- Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités .Document technique du FNDAE .n°09.P 8-9
- [5] Oliver, J., 2003, Etude des filtres à bandes pour la déshydratation mécanique des boues résiduelles Urbaines, thèse de l'Université de Pau et des pays de l'adour, 24 Septembre 2003.
- [6] **PASSAVANT., (1994)**-« Traitement des eaux et des boues » .Technique pour l'homme et la nature, 31p. LEMEE G., 1986-Précis d'écologie végétal .Edition Masson Paris.
- [7] C. Cardot. Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A., 1999.
- [8] Rushton, A., Ward, AS., Holdich, R.G., 2000, Solid-liquide filtration and Separation technology, 2<sup>ème</sup> édition, Wiley-VCH, République fédérale d'Allemagne, p .1-587.
- [9] Fascicule technique traitements physico-chimiques des boues, SNF
- [10] F.Ladjel, S, bouchefer, "Exploitation d'une station d'épuration à boue activées" Centre de

Formation au Métier d'Assainissement (CFMA boumerdes), niveau 1 et 2

- [11] L. Yahiaoui, « **Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss)** ». Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas Sétif, Algérie, (2011),96p.
- [12] S. Mouhoubi, H. Osmani, T. Bali, et S. Abdeslam, « **élaboration et étude des propriétés des composites polyester/alfa traitée et non traitée** ». Verres, Céramiques & Composites, (2012), Vol.2, pp. 34-40.
- [13] Suganti Ramarad; Preparation and properties of kenaf bast fiber filled (plasticized) poly(lactic acid) composites; Master, 2008.
- [14] Mohammad Dalour Hossen Beg; The Improvement of Interfacial Bonding, Weathering and Recycling of Wood Fibre Reinforced Polypropylene Composites; Thèse de doctorat, University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 2007.
- [15] Maya Jacob John, Rajesh D. Anandjiwala, 2008; Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites; Polymer Composites, 187-207.
- [16] Enrique Alarcon-Gutiérrez; Influence de facteurs abiotiques sur la régulation des paramètres microbiens impliqués dans la dégradation de la matière organique d'une litière forestière méditerranéenne, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, L'universite Paul Cezanne, 2007.
- [17] Michaud, F. (2003). Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: aptitude au postformage. UNIVERSITÉ LAVAL Québec, Canada.
- [18] M. Nicolas Le Moigne ; Mécanismes de gonflement et de dissolution des fibres de cellulose;Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2008.
- [19] David Sedan; Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composite; Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Limoges, 2007.
- [20] Xue Li, Lope G. Tabil, Satyanarayan Panigrahi, 2007; Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review; J Polym Environ 15, 25-33.
- [21] M. S. Sreekala, M. G. Kumaran, Sabu Thomas, 1997, Oil Palm Fibers: Morphology, Chemical Composition, Surface Modification, and Mechanical Properties; Journal of Applied Polymer Science, Vol. 66, 821-835.

- [22] L.Y. Mwaikambo, M.P. Ansell, 1999; The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok fibres for composite reinforcement; *Die Angewandte Makromolekulare Chemie* 272, 108-116.
- [23] A.K. Bledzki, J. Gassan, 1999; Composites reinforced with cellulose based fibres; *Prog. Polym. Sci.* 24, 221-274.
- [24] K. H. Wang, M. H. Choi, C. M. Koo, Y. S. Choi, Chung IJ, 2001; Synthesis and characterization of maleated polyethylene/clay nanocomposites; *Polym J* 42, 9819-9826.
- [25] I. D. Nabi Saheb, J. P. Jog, 1999; Natural Fiber Polymer Composites: A Review *Advances in Polymer Technology*; Vol. 18, No. 4, 351-363.
- [26] Dipa Ray, B K Sarkar, A K Rana, N R Bose, 2001, Effect of alkali treated jute fibres on Composite properties; *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 24, No. 2, 129-135.
- [27] Xiaobo Li; Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing, Master, The School of Renewable Natural Resources, 2007.
- [28] Wenying Feng, Wang Zheng Guo Wenjing; *Sympodial Bamboo - chemical composition and fiber characteristics*, Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091.