REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En chimie

Spécialité : Normes et contrôle de qualité

Par :

SABBOUH MANEL
DERRADJI NAOUEL

Thème :

UTILISATION D'UNE BIOMASSE VEGETALE POUR LE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE DES EFFLUENTS

Soutenue publiquement le : 14 /06 /2017., Devant le jury composé de :

ATSAMNIA. Dj	Grade : MAA	Université. Médéa	Président
KHALLADI. R	Grade : MCA	Université. Médéa	Examinateur
ZOUAMBIA.S	Grade : MAA	Université. Médéa	Encadreur
MAACHOU. H	Grade : MCB	Université. Médéa	Co-Encadreur

Année universitaire 2016/2017

Remerciement

Nous remercions tout d'abord, ALLAH DJELLA WA ALA de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté durant de notre travail.

Le présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle et d'inspection de la filiale ANTIBIOTICAL SAIDAL de MÉDÉA et le laboratoire centrale au niveau de l'ADE.

Nous tenant à exprimer nos plus vifs remerciements à tous les ingénieurs de laboratoire à groupe Saidal M.Chawki, Mme Karima.

Nous remercions vivement notre promoteur Zouambia Soumia

Nous tenons à remercier chaleureusement madame Maachou Hamida Docteur à l'université de Yahia Farès de MÉDÉA

Nous remercions, vivement et profondément les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.
Et toute personne qui a contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.
Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants de l'université de Médéa ; surtout les enseignants de la faculté des Sciences et de la Technologie

Dédicace

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde après **ALLAH** pour leurs sacrifices.*

Je dédie ce modeste travail aussi :

Ma mère qui a veillé sur moi jour et nuit depuis mon enfance qui ma donne l'amoure la gentillesse le respect à moi- même c'est la reine de mon cœur.

Mon père qui a sacrifie toute sa vie « malheureusement mon père est mort ».
. Merci mes parents.

A Mon frère et mes sœurs : Mohamed Khawela Amel et

Nour al houda

A touts qui m'ont encouragé lors de ma préparation

A tous les membres de ma famille

A ma meilleure amie et binôme que j'ai passé avec elle Les meilleurs temps

Manel

A Mes amis : Dalila ; Akila ; ismahane ; fulla ;Amina ;Fatima

Et enfin, je dédie spécialement à mon ami fidèle Sahnine Omar pour leur courage et disponibilité leur aide.

Enfin à toute ma promotion de norme et contrôles de qualité

2016/2107

Naouel.d

Dédicace

Avant tout l'éloge a dieu tout puissant pour tout ce qu'il ma donné et Accorder la force, le courage et la santé à fin de pouvoir accomplir ce travail.

Je dédie ce mémoire à :

A Mes très chers parents qui ont toujours été la pour moi, et qui M'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance .j'espère qu'ils Trouveront dans ce Travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mon chère frère HAKIM et les petites enfants Meriem, Saleh Eddine, Riadh, Hanane, rafif, wassim, Mohamed.

A touts qui m'ont encouragé lors de ma préparation

A tous les membres de ma famille

A ma meilleure amie et binôme que j'ai passé avec elle Les meilleurs temps : Naouel

A toutes mes amies fidèles : Hayat, Djamila, Rokia, Khalida,

A tous ceux qui me sont chères.

Enfin à toute ma promotion de norme et contrôles de qualité 2016/2107

Manel.s

ملخص

تركز هذه الدراسة على ادمصاص المحاليل العضوية و المعدنية بواسطة الكتلة الحيوية النباتية (اللوف الاسطوانية) : الغير معالجة (مربع الخام) وبعد المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم (اللب). قمنا اذن في دراسة أولية بقياس عوامل صرف النفايات السائلة في وحدة انتيبيوتيكال بالمدية (صيدال) ثم عمدنا لدراسة الادمصاص الحيوي لنوعين من المضادات الحيوية وهي أموكسيسيلين والبنسلين ج . فيما يخص عوامل صرف النفايات السائلة: تحصلنا على قيمة pH معتدل (6.9) ، انخفاض الناقلية بنسبة 6.82٪ من القيمة الأولية (1349 ms/cm)؛ انخفاض التعكر بنسبة 26.83٪ من القيمة الأولية (NTU11.07)؛ قيمة DBO5هي 19 مغ / لتر، وأخيرا انخفاض قيمة MES بنسبة تتراوح بين 70-75٪ . وفيما يتعلق بحركية حجز المضادين الحيويين ، الأموكسيسيلين أفضل احتفاظ من البنسلين ج في النوعين المستعملين من اللوف الاسطوانية: انخفاض في تركيز الأموكسيسيلين بنسبة 43.53٪ و 27.89٪ بواسطة اللب و المربعات الخام على التوالي في حين أن نسبة الانخفاض في البنسلين Gهي 50٪ و 48٪ بواسطة اللب و المربعات الخام على التوالي.

الكلمات المفتاحية : اللوف الاسطوانية, معالجة النفايات السائلة, الادمصاص, الكتلة الحية.

Résumé

Cette étude porte sur l'adsorption des substances minérales et organiques en solution par une biomasse végétale (luffa cylindrica): non traité (carrées bruts) et après un traitement chimique par le NaOH (pulpe). Nous avons donc mesuré, dans une première étude, les paramètres de rejets des effluents de l'unité Anibiotical de Médéa (SAIDAL) puis nous nous intéressant à l'étude de la biosorption de deux antibiotiques à savoir l'amoxicilline et la pénicilline G. Concernant les paramètres de rejets: le pH obtenue (6,9) est neutre ; la conductivité a diminuée de 6,82% de la valeur initiale (1,349 ms/cm) ; La turbidité est réduite de 26,83 % de la valeur initiale (11,07 NTU); la valeur de la DBO_5 est de 19 mg/L et enfin une réduction des MES de l'ordre de 70 à 75 %. En ce qui concerne la cinétique de rétention des deux antibiotiques, l'amoxicilline est mieux retenue sur les deux types de supports utilisés que la pénicilline G: la réduction de la concentration de l'amoxicilline est de 43,53 % et 27,89 % par la pulpe et le brut respectivement tandis que celle de la pénicilline G est de 50 % et 48 % par la pulpe et le brut respectivement.

Mots clés: Biomasse végétale, Luffa cylindrica, Traitement des effluents, Adsorption.

Abstract

This study is dedicated to the adsorption of minerals and organics substances in solution by a vegetable biomass (luffa cylindrica): untreated (crude squares) and after chemical treatment with NaOH (pulp). In a first study, we measured the parameters of effluent discharges (pH, conductivity, turbidity....) of the Anibiotical unit of Médéa (SAIDAL) and then we are interested in the study of the Biosorption of two antibiotics namely amoxicillin and penicillin G. Concerning the discharge parameters: the pH obtained (6.9) is neutral; the conductivity decreased by 6.82% of the initial value (1.349 ms / cm); Turbidity is reduced by 26.83% of the initial value (11.07 NTU); the value of the DBO5 is 19 mg / L and finally reduction in the value of the MES between 70 and 75%. Concerning the kinetics of retention of the two antibiotics, amoxicillin is better retained on the two types of supports used than penicillin G: the reduction in the concentration of amoxicillin is 43.53% and 27.89% by the pulp and the crude respectively while that of the penicillin G is 50% and 48% by the pulp and the crude respectively.

Key words: Vegetable biomass, Luffa cylindrica, Treatment of effluents, Adsorption.

Sommaire

Sommaire	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations et symbole	
Introduction générale	01
Chapitre I : Biomasse végétale	
I.1. Introduction	03
I.2. Les biomasses	03
I.3. production de la biomasse	03
I.4. Les différents types de biomasse	04
I.4.1. Les algues	04
I.4.2. Les bactéries	05
I.4.3. Les levures et les champignons	05
I.4.4. Les plante	06
I.5. Les avantage des biomasses	06
I.6. Le choix d'une biomasse	07
I.7. La Luffa cylindrica	07
I.7.1. Botanique de luffa cylindrica	08
I.7.2. Les Fibres de luffa cylindrica	09
I.7.2.1. Morphologie	10
I.7.2.2. Propriétés communes entre les fibres	10
I.7.3. Caractérisation morphologique	10
I.7.3.1. L'analyse morphologique microscopique	11
I.8. Les propriétés chimiques et physiques	12
I.8.1. Propriétés chimiques	12
I.8.2. Propriétés physiques	12
I.9. Choix du Luffa Cylindrica	13
I.10. Utilisation de luffa cylindrica	14
Chapitre II : Pollution et traitement des effluents	
II.1. Introduction	17
II.2 Définition de Pollution	17
II.3 Les différents Types de pollution	17
II.4 Les polluants	19
II.4.1 Définition	19
II.4.2 Classification des polluants	19
II.5 Les type de pollution de l'eau	22
II.6 Les polluants de l'eau	22
II.7 Traitement des eaux	23
II.7.1 Définition des effluents	23
II.7.2 Les paramètres d'analyses de la pollution des eaux	24
II.7.2.1 Les paramètres physico-chimiques	24
A) La température	24
B) Le potentiel d'Hydrogène (pH)	24
C) La turbidité	25
D) Les matières en suspension (MES)	25

Sommaire

E) La conductivité électrique (CE)	26
F) La demande biochimique en oxygène (DBO5)	26
G) La demande chimique en oxygène (DCO)	26
H) La biodégradabilité	27
II.7.3 Les différents degrés de traitements conventionnels des eaux usées	27
II.7.3.1 Les prétraitements	27
II.7.3.2 Le traitement primaire	30
II.7.3.3 Le traitement secondaire	31
II.7.3.4 Le traitement tertiaire	31
II.8 Les techniques de traitement des eaux usées	32
II.8.1 L'adsorption	32
Chapitre III : partie expérimentale	
III.1. Introduction	34
III.2. Matériels et produits	34
III.3. Analyse de la biomasse par FTIR	35
III.4. Préparation des échantillons	37
III.4.1.Traitement préliminaire de la Luffa Cylindrica	37
III.4.2. Préparation des carrés bruts	38
III.4.3. Traitement chimique	38
III.5. Utilisation de la biomasse végétale (Luffa Cylindrica) pour le traitement des effluents industriels	39
III.5.1. Etude de la variation du pH des effluents	39
III.5.2. Etude de la variation de la conductivité des effluents	41
III.5.3. Etude de la variation de la turbidité	42
III.5.4. Mesure de la D.B.O5	44
III.5.6. Détermination de la matière en suspension totale	46
III.6. Utilisation de la biomasse végétale (Luffa Cylindrica) pour la biosorption des antibiotiques	48
III.6.1. Détermination de la longueur d'onde d'absorption maximale (λ max)	48
III.6.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage	49
III.6.3. Etude de la cinétique de biosorption de l'amoxicilline	51
III.6.4. Etude de la cinétique biosorption de la pénicilline G	52
Conclusion générale	54
Référence bibliographique	55
Annexes	59

Liste des figures

Chapitre I : Biomasse végétale		
Figure	**Titre**	**Page**
Figure I.1.	Luffa Cylindrica	08
Figure I.2.	Quatre parties montrant l'architecture de l'éponge de Luffa	11
Figure I.3.	Photographie au MEB d'une couche de fibres plus fines à la surface du mur, échelle 1 mm	11
Figure I.4.	Photographie au MO du mur externe en surface perpendiculaire au mur interne du dessous, échelle 1 mm	12
Figure I.5.	Structure moléculaire de cellulose de $[(C_6H_{10}O_5)_x]$ sous la forme ß-1,4-D- Glucopyrannose	13
Figure I.6.	Structure de l'hémicellulose	14
Figure I.7.	Structure de lignine.	15
Chapitre II : Pollution et traitement des effluents		
Figure	**Titre**	**Page**
Figure II.1.	Dérailleur	28
Figure II.2.	Dessableur	29
Figure II.3	Dans les stations de potabilisation après le dégrillage /tamisage et avant la filtration et la désinfection.	29
Chapitre III : Partie expérimentale		
Figure	**Titre**	**Page**
Figure III.1	Spectre FTIR des fibres de luffa cylindrica	37

Liste des figures

Figure III.2	Les carrée brute de luffa cylindrica.	38
Figure III.3	La cuisson des carrée par NaOH 5%	38
Figure III.4	La pulpe de luffa cylindrica.	39
Figure III.5	Mesure de pH	39
Figure III.6	Variation de PH en fonction de temps	40
Figure III.7	Variation de pH de l'effluent de sortie en fonction de temps	41
Figure III.8	Mesure la conductivité	42
Figure III.9	Mesure de la conductivité	43
Figure III.10	Mesure de la turbidité à l'aide d'un turbidimètre.	44
Figure III.11	Mesure de la turbidité en fonction de temps	45
Figure III.12	D.B.O-mètre contenant les échantillons à analyser	46
Figure III.13	**a)** séchage les papiers filtrent Dans l'étuve à105°C **b)** refroidissement les papiers dans le dessiccateur	48
Figure III.14	Courbe étalonnage d'amoxicilline.	51
Figure III.15	. Courbe étalonnage de pénicilline G	51
Figure III.16	Variation de la concentration d'amoxicilline en Fonction de temps.	53
Figure III.17	Variation de la concentration de pénicilline G en fonction de temps.	54

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Chapitre II : Pollution et traitement des effluents		
Tableau II.1	Classification des polluants.	19
Chapitre III : Partie expérimentale		
Tableau III.1.	Volume d'échantillon à utiliser en fonction de la gamme de mesure de DBO.	46
Tableau III.2.	Mesure de MES	48

Liste des abréviations et symboles

A	Absorbance
CE	Conductivité Électrique
DBO_5	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
FLC	Fibre de Luffa Cylindrica
FTIR	Spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier
I	Intensité de la lumière transmise
I_0	Intensité de la lumière incidente
IR	Infrarouge
MES	Matière En Suspensions
MO	Matière Organique
Mo	Microscope optique
PH	potentiel d'Hydrogène
STEP	station d'épuration
U-V	Ultra-violet
ε	Coefficient d'extinction dépendant de la nature de la substance et de la longueur d'onde de la radiation

Introduction générale

Introduction générale

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. 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 qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

A l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées constitue le premier enjeu de la santé publique. Les eaux usées sont chargées de différentes substances nocives provenant des activités industrielles, agricoles et domestiques. La pollution de l'eau par les composés organiques est causée principalement par une forte industrialisation.

Face à cette situation préoccupante, la majorité des travaux de recherche s'oriente vers la mise en œuvre de procédés innovants pour le traitement de ces polluants non ou peu biodégradables. Parmi les polluants les plus répandus et les plus nocifs, on retrouve le phénol, les colorants et les médicaments.

Par ailleurs, de récentes études ont prouvé que les stations d'épuration sont incapables d'éliminer les résidus médicamenteux, qui restent de sérieux polluants des eaux de surfaces, car les établissements de santé utilisent des quantités importantes de divers médicaments comme les analgésiques, les antipyrétiques, les antibiotiques, les antiviraux, les antifungiques, les anticancéreux etc... Par conséquent, l'existence de certains médicaments périmés ou rejetés dans la nature, peut poser de graves problèmes de santé publique et d'environnement. Dans un souci de respect des milieux dans lesquels ces eaux usées seront déversées, le développement des techniques efficaces pour décontaminer les sites pollués est devenu indispensable. L'une d'entre elles repose sur le processus d'adsorption qui présente de nombreux avantages en particulier sa viabilité économique par l'utilisation simple et efficace de supports poreux naturels ou synthétiques.

Dans l'objectif de contribuer au développement de cet axe de recherche, la présente étude porte sur l'utilisation d'une biomasse végétale (la Luffa Cylindrica ou la courge éponge) dans le but d'éliminer les polluants organiques présents dans certains effluents via le processus d'adsorption.

En conséquence, le présent manuscrit est composé de trois chapitres: Un aperçu bibliographique constitue le premier chapitre qui portera sur la description de la biomasse végétale "Luffa cylindrica" et ces différentes propriétés physico-chimiques. Le deuxième chapitre de ce mémoire donne une généralité sur la pollution des eaux usées et les méthodes de traitement les plus envisagés. Le dernier chapitre est consacré à l'utilisation de la luffa cylindrica dans le traitement des effluents, suivi d'une étude sur la biosorption de deux antibiotiques (amoxicilline et pénicilline G). Les méthodes expérimentales ayant permis à la réalisation pratique de cette étude sont présentées.

Enfin, notre mémoire se termine par une conclusion générale dans laquelle nous soulignons la performance des matériaux préparés (luffa cylindrica) vis-à-vis de l’élimination de certaines substances nocives contenues dans des solutions aqueuses.

Chapitre I :

Biomasse végétale

I.1 Introduction

La contamination accrue de l'environnement en général et des milieux aquatiques en particulier soulève le besoin de développer et d'introduire des techniques et de méthodes de traitement qui soient même capables de l'équilibre de l'écosystème. Ces préoccupations ont incité les chercheurs depuis les années 1990 à considérer les potentiels non négligeables des biomasses, en effet, c'est de l'opération de biosorption qu'il s'agit là. Ce procédé est basé sur l'utilisation souvent très économique de matériaux biologiques très abondants pour l'élimination d'agent polluants toxiques tels les métaux lourds se trouvant dans les milieux aqueux à faibles concentrations **[1]**.

I.2 Les biomasses

Ce sont des matériaux biologiques vivants ou morts telle que: les algues, levures, bactéries, champignons filamenteux qui ont la capacité de piéger, en solution aqueuse, les ions métalliques. Cette caractéristique est due à la constitution de leurs parois, qui possède des sites actifs accrocheurs, donc ils peuvent jouer le rôle de biosorbants dont le but est d'éliminer ou de récupérer les métaux lourds. Certain de ces biosorbants peuvent être spécifique ou non, vis-à-vis des différents métaux présent dans les effluents.

Ces biosorbants sont cultivés en grandes quantités dans les industries de fabrication d'enzymes, des antibiotiques, des acides organiques ou certaines vitamines, par les procèdes de fermentation **[2]**.

I.3 La production de la biomasse

Le besoin d'un procédé coûteux et d'une méthode assurant la sécurité en éliminant les métaux lourds à partir des effluents a accentué davantage la recherche des matériaux pouvant réponde aux différentes préoccupations relatives à l'environnement. A cet effet et dans le but de diminuer le coût de l'installation de traitement, les biomasses choisies peuvent être **[3]**:

- Naturelles;
- Obtenues par des procédés simple;

- Obtenues par fermentation utilisant des matières premières moins chères telles que les carbohydrates des eaux de rejet qui constituent généralement des polluants pour l'environnement et seront utilisés par les procédés de culture microbienne, qui peuvent en effet, contribuer d'une part à traiter ces eaux et d'autre part à obtenir des biomasses.

Il existe quatre types de microorganismes qui sont utilisée dans la production de biomasse, les bactéries, les levures, les champignons et les algues. Le choix de ces microorganismes dépond de plusieurs critères: le plus important est la nature de la matière première nécessaire appropriée. D'autres critères sont indispensables :

- Nutritionnels: Valeur énergétique, contenance en protéines, la balance d'acides aminés.
- Technologique: Type de culture, besoins nutritionnels, le type de séparation.
- Toxicologique.

Les microorganismes idéaux doivent posséder les caractéristiques technologiques suivantes **[4]**:

- Un développement spécifique élevé;
- Une grande affinité pour les substrats;
- Les besoins nutritifs faibles;
- Habilité d'usage des substrats complexes;
- Habilité de développement de cellules de haute densité;
- Stabilité durant la multiplication;
- Capacité de modification génétique;
- Bonne aptitude de résistance vis-à-vis des paramètres de température et du pH.

I.4 Les différents types de biomasse

I.4.1 Les algues

Les algues offrent de grands avantages pour la biosorption en raison de leur structure macroscopique. Elles constituent des biosorbants appropries pour leurs applications dans le phénomène de biosorption. Certaines algues collectées à partir des océans présentent une capacité impressionnante dans la biosorption des métaux.

Les algues marines ont une particularité de séquestrer les métaux lourds. Certains travaux ont révélé que les trois espèces d'algues: ecklonia maxima, lessonia flavicans et durvillea polalorum, sont très efficaces dans la biosorption et l'accumulation des ions de cuivre, de zinc, et cadmium. Il a été trouvé que le cadmium est plus séquestré, il est suivi du cuivre, ensuite du nickel **[2]**.

I.4.2 Les bactéries

En se référant aux résultats des travaux de Volesky et al. , le comportement des différentes biomasses microbiennes envers les ions métalliques dépond de la composition chimique des cellules microbiennes.

En effet, la majorité des travaux sur le phénomène de biosorption des métaux lourds par les bactéries révèlent que la quantité adsorbée est constante pour les groupements les plus importants de la paroi cellulaire.

Il a été conclu que la paroi cellulaire des bactéries est chargée négativement sous les conditions de pH acide, ce qui attribue une grande affinité aux groupements de la paroi cellulaire pour les ions métalliques.

Beveridge a montré que les bactéries sont des excellents biosorbants en raison de leur grande surface spécifique et l'activité chimique potentielle des sites tels que l'acide technoique, composé de la paroi cellulaire **[2]**.

I.4.3 Les levures et les champignons

Les levures et les champignons constituent une autre variété de biomasse ayant une affinité pour les cations métalliques. Les biomasses de champignons issues des différents procédés industriels de fermentation fournissent des matériaux biosorbants très économiques.

Parmi les levures les plus utilisées *Saccaromyces cerevisiae*, connue surtout dans le domaine alimentaire comme levure de boulangerie, constitue un capteur très efficace pour les métaux.

Certain composés chimiques des levures peuvent agir en tant qu'échangeurs d'ions avec les cations, la particularité de cette réaction est qu'elle est réversiblement rapide.

Suite à certaine recherches effectuées, il a été démontré que les levures genre *Saccaromyces cerevisiae* peuvent être des capteurs potentiels de cadmium et les ions d'uranium. La rétention appréciable par biosorption observée, résulte de la présence de groupement phosphate et carboxyles, qui sont les principaux constituant de la paroi cellulaire des levures. L'usage des champignons comme biomasse est relativement nouveau. Ils sont conventionnellement plus utilisés pour la production d'enzymes, d'acide organique, et des antibiotiques **[5]**.

Les parois des biomasses fongiques sont composés par des macromolécules (chitine, chitosane, glucane, lipide et phospholipides) qui sont constitués de groupements carboxyles, amines primaires et secondaire, mélanine, sulfates $ROSO_3H$ et les hydroxydes OH.

I.4.4 Les plante

Les biomasses issues des déchets de plantes constituent également des biosorbants intéressant pour les cations métalliques. En effet plusieurs types de plantes ont été testés qu'ils peuvent accumuler des métaux lourds dans leurs tissus. Des tests de biosorption du cuivre effectués sur sept variétés de *luzernes*, ont montré une capacité d'accumulation très importante **[6]**. Egalement, les cellules *parenchyme* présentes dans la moelle des tiges et racines des jeunes de végétaux se sont révélées, suite à d'autres travaux, des capteurs efficaces des métaux lourds **[7]**.

Il a été démontré également, par de tests sur des biomasses issues de plantes modifiées chimiquement, que celle-ci sont capables d'accumuler les métaux lourds tels que le cuivre, le plomb et le nickel **[8]**. D'autres biomasses testées telle que celle de *Casava* qui a montré une aptitude intéressante d'accumulation des ions métalliques tels que Cu^{+2} et Zn^{+2} **[9]**.

I.5 Les avantage des biomasses

Différents auteurs ont révélé que les biomasses présentent certains avantages suivants **[10]**:

- Une très grande porosité, la surface spécifique peut atteindre 256 m^2 par gramme.
- Présentent une haute capacité de rétention pour les métaux contenus en trace dans les eaux; (ex: 57% et 69% pour le cobalt et le nickel);

- Peuvent être utilisée à des températures de 30 à 45 °C et un pH de 2 à 8 avec une légère variation de rétention ;
- Le métal retenu par la biomasse peut être récupéré par désorption ;
- La biomasse peut être réutilisée après régénération;
- Présentent des bonnes caractéristiques de manutention, elles peuvent être utilisées dans différents cas de configuration de réacteurs (réacteur agité, lits fixes ou autres) ;
- Moins chères et relativement simple à préparer.

I.6 Le Choix d'une biomasse

Dans le choix d'une biomasse pour l'étude de la biosorption d'un plusieurs métaux, la connaissance de l'origine du biosorbant est primordiale. Le biosorbant peut être issu des différentes sources suivantes **[1]**:

- Rejet industriels
- Micro-organismes existants en grande quantité dans la nature
- Micro-organismes dont le développement est rapide et la culture facile à obtenir à l'échelle industrielle.
- Des biomasses végétales.

Pour l'étude de l'application des biosorbants à l'échelle industrielle, la principale donnée qu'il faut en tenir compte est le prix de revient. Cependant, d'autres facteurs peuvent être pris en considération tels que les paramètres relatifs aux effluents, aux biomasses, équipements et procédés appropriés qui déterminent le choix du biosorbant.

I.7 La luffa cylindrica

Luffa cylindrica, (figure I.1) est une plante grimpante de la famille des *Cucurbitacae* vivant au Moyen-Orient et dans les pays tropicaux et Subtropicaux. Le fruit non comestible est cueilli à maturité et séché pour être utilisé comme éponge pour polir la peau**.**

A. Fruit sec de *Luffa cylindrica* **B.** *Luffa cylindrica*



Figure I.1: Luffa Cylindrica

Luffa Cylindrica est un réseau de fibres interconnectées composées principalement de cellulose (66%), d'hémicellulose (17%) et de la lignine (15%).

Ces fibres peuvent former des microcanaux avec un diamètre de 10-20 μm et des macropores allant jusqu'à 5800 μm. La porosité de ces fibres est entre 79-93%, densité (0,02-0,04 g/cm^3) et le volume poreux spécifique est de 21-29 cm^3/g. La stabilité de *Luffa cylindrica* à des pH de 1 à 14 et après 5 cycles d'autoclavage à 120 °C pour 20 min est étudiée et montre sa résistance comme matériau pouvant être utilisé en 10 biotransformation **[11]**. De ce fait, le fruit sec de *Luffa cylindrica* a été étudié ces dernières années pour l'immobilisation de différents types des cellules.

I.7.1 Botanique de luffa cylindrica

Si les botanistes hésitent sur son nom "*luffa aegyptica*" également appelée "*luffa cylindrica Roem* " est un plant herbacée annuelle de la famille des *cucurbitacées* **[12- 14]**.

Au genre luffa appartiennent sept autres espèces herbacée grimpantes munies de cirrhes, parmi lesquelles la luffa *acutangula roxb* qui revêt, elle aussi, une certaine importance économique **[12-14]**. La luffa donne un fruit de forme cylindrique et légèrement anguleux, droit et recourbé, de taille très variable 40 à 90 cm de longueur; sur 10 à 40 cm de large. Initialement blanchâtre et légèrement pubescent, il devient vert et glabre au cours de sa croissance **[12, 13 ,15]**.

A maturité, la luffa prend la forme d'un enchevêtrement de fibre à la fois malléables (on peut les comprimer ou les expansés en faisant varier leur teneur en eau), extrêmement résistantes et ultralégères. Son épicarpe est brun-jaune foncé, glabre, sec et cartacé avec un endocarpe fibreux et spongieux en raison de la disparation de la pulpe et de la seule persistance des faisceaux fibro-vasculaires qui constituent des fibres coriaces et élastiques **[16]**. A un stade avancé de la maturation, le fruit du luffa ressemble à un réseau spongieux de fibres, moelleux et très léger.

Elle est cultivable dans différentes régions du monde, en particulier dans le nord Algérien, elle peut atteindre 10 à 20 pieds (foot). Luffa est sans danger pour l'environnement, biodégradable et renouvelable, sa versatilité est due à la production du réseau fibreux **[17].**

Vers la fin de l'été, luffa perd son poids, c'est le signe de la maturité de l'éponge. Pour avoir une bonne qualité de l'éponge végétale, laissé la mûrir sur la plante jusqu'à ce que l'écorce devienne marron.

Après séchage et épluchage le fruit de luffa cylindrique donne un produit en forme de système vasculaire fibreux dans lequel les cordons de fibres sont disposés sous forme multidirectionnelle formant un lit naturel de structure poreuse et de couleur du grise au jaunâtre.

I.7.2 Les Fibres de luffa cylindrica

Le réseau de fibres de luffa cylindrica connus par son usage traditionnel comme gant de toilette (bain) ou comme support nettoyant de vaisselle, en raison de sa texture particulière, de ses propriétés intéressantes à l'abrasion et de sa capacité de récupération après un usage dans de l'eau fraiche et surtout chauffée **[17].**

Grace à cet aspect spongieux, le réseau de fibres de courge peut présenter des propriétés d'absorption intéressantes liées en général à l'espace ou au volume accessible inter-cordons fibreux et intra-cordons qui peuvent lui offrir une capacité d'absorption non négligeable.

I.7.2.1 Morphologie

L'éponge de luffa cylindrica est un réseau de mailles relativement rigide, formé de cordon de fibres de différentes dimensions (Dc = 0.05 à 0.6 mm).

L'éponge est composée d'un noyau à mailles réduites est une paroi enveloppe. Le noyau est relié à la paroi par quatre toiles radiales en fibre sur toute sa longueur. Les fibres de la paroi sont disposées en deux couches de sens inverse. L'analyse des fibres sous microscope optique est réalisée par une simple observation (agrandissement 10 fois).

I.7.2.2 Propriétés communes entre les fibres

- Bon pouvoir absorbant en générale
- Toucher généralement bon
- Porter agréable
- Bonne aptitude au mélange avec d'autres fibres **[18]**.

I.7.3 Caractérisation morphologique

Une plante de *luffa cylindrica* produit en moyenne 20 à 25 fruits dont le poids peut varier de 0.5 à 2.5 kg sous forme très variées, cylindriques ou légèrement anguleuses, droites ou recourbées. Au début de sa croissance, le fruit peut être comestible, mais à maturité il devient fibreux et spongieux en raison de la disparition de la pulpe, d'où son nom « *d'éponge végétale* » ou de « *courge éponge* » au stade finale de sa maturation. Il présente un opercule sur sa face axiale d'où tombe une petite graine noire lorsque le fruit sec est secoué. Un fruit moyen desséché pèse environ 40g **[19]**.

Nous distinguons sur le fruit plusieurs parties distinctes (figure I.2). De l'intérieur vers l'extérieur :

- ❖ La partie centrale du fruit : s'appelle le noyau ou bien le filet.
- ❖ La partie périphérique au noyau : s'appelle le mur.
- ❖ La couche superficielle recouvrant le mur est constituée d'une quantité importante de faisceaux vasculaires.

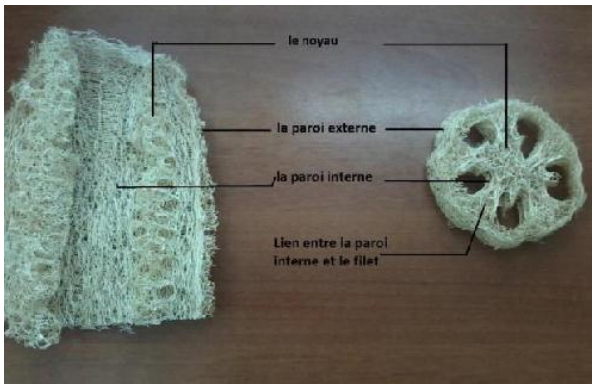


Figure I.2 : Quatre parties montrant l'architecture de l'éponge de Luffa.

I.7.3.1 L'analyse morphologique microscopique

L'analyse morphologique par microscope électronique à balayage (MEB) (figure I.3), conduit de distinguer quatre parties différentes de cordons de luffa: mur externe, mur interne, noyau et lien entre le mur interne et le noyau. Les cordons dans le mur externe sont très enchevêtrés, alors ceux des trois parties restantes sont plus résistants avec des orientations parallèles à la longueur du fruit, dont l'allongement est presque homogène, constituant ainsi des carrefours.



Figure I.3: Photographie au MEB d'une couche de fibre plus fines à la surface du mur, échelle 1 mm.

Une vue de coupe sur un cordon montre que ce dernier est constituer des dizaines de fibres allongées avec des courbures tordues et irrégulières. Chaque fibre à la forme d'un cylindrique creux plus au moins elliptique, certaines fibres sont ponctuées.

L'analyse morphologique au microscope optique (MO) (figure I.4) sur des cordons déchiquetés et traité chimiquement et thermiquement conduit de distinguer: les fibres de

section circulaire non homogène avec une certaine souplesse, des vaisseaux de diverses formes (anneau, spirales, ponctués,….) et des cellules de diverses géométries (scléreuses en bâtonnets, poils en virgules,....) **[19].**



Figure I.4: Photographie au MO du mur externe en surface perpendiculaire au mur interne du dessous, échelle 1 mm.

I.8 Les propriétés chimiques et physiques

Les propriétés physique et chimique seront vraisemblables aux fibres cellulosiques traditionnelles, particulièrement les fibres ligneuses cellulosiques du bois.

I.8.1 Propriétés chimiques [20,21]:

- Les fibres traitées avec la solution de NaOH permettent d'épurer la cellulose en enlevant les autres constituants présents telle que la lignine dans les fibres.
- Les acides chlorhydriques et phosphoriques concentrés détruisent les fibres à température ambiante, et l'acide nitrique concentré transforme la cellulose en nitri-cellulose.
- Les oxydant (agent de blanchiment, peroxyde d'hydrogène, EDTA, ...) à basse concentration, détruisent le colorant et élimine la lignine présente dans les fibres. À des concentrations élevées, ils dégradent les tissus des fibres de luffa Cylindrica**.**

I.8.2 Propriétés physiques

Les fibres de *luffa cylindrica* (FLC) ont des parois rugueuses, rigides et flexibles, les cordons du réseau de celles-ci sont connus pour leur usage (lavage bain, vaisselle).

- Action de la chaleur: les FLC jaunie autour de 120˚C.
- Densité: la FLC à une densité très faible de l'ordre de 0.06 permet une très grande porosité. La densité des fibres isolées est de l'ordre 0.95 à 1 et qui est inférieur à celle des fibres de cotons.
- Combustion: la FLC s'enflamme rapidement.
- Taux d'humidité:
  - ✓ Fibre brute: 9.2%.
  - ✓ Fibre blanchie: 9.56%.
- Surface spécifique: de l'ordre de 18-27 m^2/g.

I.9 Choix du Luffa Cylindrica

La *Luffa cylindrica* se compose principalement de la cellulose, des hémicelluloses et de la lignine dont chacun de ces composants influencent son caractère adsorbant.

- **Cellulose**

La structure de cellulose se compose de l'unité monomérique d'un ß -D-glucopyranose lié par la tringlerie 1,4-glucosidic (figure I.5). La cellulose est un matériau biodégradable, renouvelable, peu couteux et de faible densité. C'est un homopolymère fortement fonctionnel à chaînes linéaire, caractérisée par de l'hydrophobicité, de chiralité et de sa grande capacité de modification chimique **[22].** De plus, le réseau de Luffa cylindrica montre la structure micro-spongieuse contenant entre 200 et 500 fibres micro-cellulaires menant au volume accessible élevé. Pour cela, en raison de son structure unique, la Luffa Cylindrica a été employé comme adsorbant efficace **[23]**.

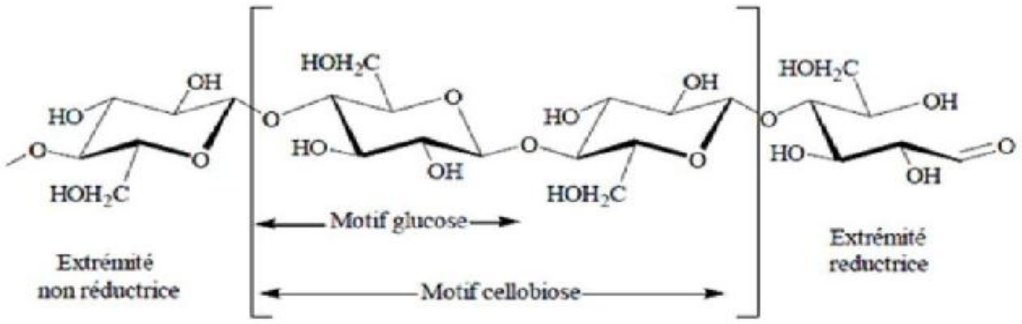


Figure I.5: Structure moléculaire de cellulose de $[(C_6H_{10}O_5)_x]$ sous la forme ß-1,4-D-Glucopyrannose **[24]**.

- **Hémicelluloses**

Les hémicelluloses sont un des trois composants principaux de la biomasse lignocellulosique, représentant 20-40% de la biomasse en poids **[25]**. Elles constituent un groupe de polysaccharides complexes qui se caractérisent par leur solubilité dans des solutions alcalines (par exemple KOH 1M) et leur insolubilité dans l'eau. Les hémicelluloses sont définies structurellement comme des polysaccharides dont le squelette est composé de résidus β-(1,4)-D-pyranose est en position équatoriale (figure I.6). De courtes chaines latérales sont fixées sur le squelette. Au sein de la paroi cellulaire végétale, les hémicelluloses sont un groupe hétérogène de polymères, branches matriciels de poids moléculaire relativement bas qui sont associés à la cellulose et à d'autres polymères. Elles se lient étroitement à la surface des micro-fibrilles de cellulose et d'une micro-fibrille à l'autre, par liaison hydrogène, et dans ce sens se sont des glycines assurant une réticulation **[26]**.

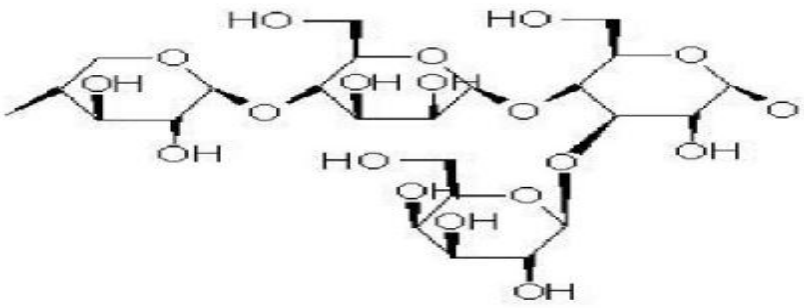


Figure I.6: Structure de l'hémicellulose.

- **Lignine**

Groupe des substances végétales complexes (figure I.7), hautement polymérisées, imprégnant les parois cellulosiques des cellules des tissus lignifiés. La lignine se trouve principalement localisée dans les structures intercellulaires et fournit la cohésion aux matériaux ligneux. Elle leur confère une résistance mécanique accrue, mais limitant leur élasticité. La lignine représente environ 25 % du poids du bois sec et 10 % de la composition de Luffa **[27]**.

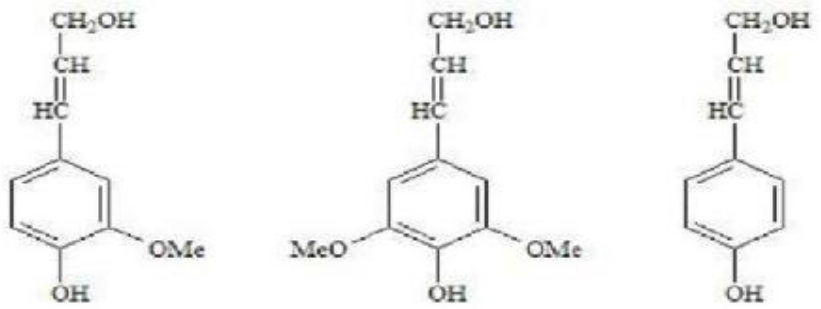


Figure I.7: Structure de lignine.

I.10 Utilisation de luffa cylindrica

Lorsque les fruits vieillissent et sèchent, l'endocarpe devient un réseau vasculaire fibreux persistant, utilisé de différentes façons. Un des usages principaux est celui d'une éponge pour laver et frotter les ustensiles et les corps humain. Il est également utilisé pour la fabrication de tapis de douche. Les fibres ont également été utilisées pour leurs propriétés d'absorption des chocs et des sons, par exemple dans des casques et des véhicules blindés, et comme filtre dans des moteurs. Au Ghana, la fibre sèche est utilise pour filtrer l'eau et le vin de palme. En Afrique centrale, elle est utilisée pour brosser les vêtements. Des bio-adsorbants fongiques immobilisés sur des éponges de luffa cylindrica ont été utilisés pour la bio-adsorption de métaux lourds à partir des eaux usées de raffinerie d'huile d'olive et d'autres eaux usées **[28]**.

Les fruits de luffa cylindrica sont une source de fibre locale très utile servant aux éponges et a d'autre application, ainsi que de fruits comestible. Il pourrait même exister des perspectives pour une production commerciale d'éponge.

Le réseau de fibre de luffa cylindrica connus par son usage traditionnel comme gant de toilette (bain) ou comme support nettoyant de vaisselle, en raison de sa texture particulière, de ses propriétés intéressantes a l'abrasion et de sa capacité de récupération après un usage dans de l'eau fraiche et surtout chauffée **[29]**.

Grace à cet aspect spongieux, le réseau de fibre de courge peut présenter des propriétés d'absorption intéressantes liées en général à l'espace ou volume accessible inter-cordons fibreux et intra- cordons qui peuvent lui offrir une capacité d'absorption non négligeable **[17]**.

Aussi dans le domaine industriel, ses usages sont:

- Filtres pour les chaudières et les locomotives.
- Isolant de bruit.
- Comme le réseau fibreux est un absorbant de choc très efficaces, il est utilisé pour faire des sandales et des semelles pour rembourrer les matelas et les selles.

Les fibres de luffa sont aussi utilisées comme: un matériau d'emballage, un matériau absorbant pour les traitements des eaux et aussi un support immobilisant les enzymes **[30]**.

Le système vasculaire fibreux de luffa cylindrica n'a pas encore eu ces potentialités explorées. En particuliers, en étudiant le développement d'une nouvelle fibre naturelle comme adsorbant et/ou absorbant. Avec un lumen creux peut prévoir un absorbant et/ ou adsorbant naturel excellent qui peut offrir un volume accessible pour le fluide.

Ainsi dans le but d'augmenter la capacité de l'absorption des fibres de luffa cylindrica, il faut réduire les impuretés comme la lignine et les hémicelluloses ou séparer les microfibres du cordon sans les abimer.

Chapitre II :

Pollution et traitement des effluents

II.1 Introduction

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau.

La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs est le résultat du rejet des eaux usées sans traitement ou avec un niveau de traitement insuffisant: cela provoque une dégradation de l'écosystème **[31]**. Le problème est encore plus grave dans le cas des effluent industriels qui présentant un caractère toxique beaucoup plus prononcé.

La contamination des eaux par des polluant d'origines diverses est un problème d'actualité **[32]**. Dans l'industrie de textile en particulier, les eaux résiduaires sont l'une des plus importantes sources de pollution des eaux superficielles et des nappes souterraines, surtout envers les terres agricoles (qualité de la récolte) et sur la faune et la flore **[33]**.

II.2 Définition de Pollution

La pollution est l'introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu et le résultat de son action. Cette pollution est essentiellement attribuée aux activités humaines, mais quand on analyse les différentes pollutions produites, on s'aperçoit qu'en dehors de l'homme qui est au centre de cette responsabilité, il y a aussi des causes naturelles(les volcans, les orages, les tremblements de terre, etc.) **[34]**.

II.3 Les différents Types de pollution

A- La pollution de l'air

La pollution de l'air provoquée par des polluants dits atmosphérique est plus délicate à règlementer efficacement dans un cadre locale ou national que beaucoup d'autres formes de pollution (de même pour les pollutions marines). Des conventions mondiales concernent les polluants destructeurs de la couche d'ozone ou les gaz à effet de serre, tous capables de modifier le fonctionnement planétaire du monde vivent. Elle intègre la pollution biologique

induite par des taux anormaux ou anormalement allergènes de microbes, virus, pollens ou de spores fongique. Les effets allergènes (conjonctivite, rhinite, asthme) de ces particules biologiques sont en augmentation, et ils semblent souvent exacerbés par les polluants urbains **[35]**.

B- La pollution des sols

La pollution du sol peut être diffuse ou locale, d'origine industrielle, agricole (suite à l'utilisation massive d'engrais ou de pesticide qui s'infiltrent dans les sols). Ces pollutions agricoles peuvent avoir plusieurs impacts sur la santé humaine, en touchant des nappes phréatiques d'une part et en contamination par bioaccumulation.

C- La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ces qualités naturelles, provoquée par l'homme et ces activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique, elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique **[36]**.

C-1 La pollution domestique

Provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison: eaux de toilettes, eaux savonneuses rejetées avec les lessives, les bains ou la vaisselle, les produits versés dans les éviers…

A cela il faut ajouter les eaux usées rejetées (effluents) par les installations collectives, telles que les hôpitaux, les écoles, les commerces les hôtels ….

C-2 La pollution agricole

Les engrais et pesticides mal utilisés polluent les eaux souterraines (en s'infiltrant dans le sol avec l'eau de pluie et d'arrosage) et la surface (en ruisselant). L'emploi excessif d'engrais a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et les nappes phréatiques peu profondes**.**

Le nitrate est pourtant un élément naturel bénéfique intégré ou cycle de l'azote et indispensable à la croissance des végétaux. Il est épandu sous forme organique (déjection animal : fumier, lisier) ou minérale (chimique). Un emploi excessif de nitrates déséquilibre ce processus : après l'épandage d'engrais azotés, l'eau de pluie, en s'infiltrant, entraine dans sa course l'engrais que les plantes et les sols n'ont pu absorber. Cette charge azotée s'infiltre alors jusqu'aux réserves d'eau douce qu'elle pollue**.**

Il faut tout fois savoir qu'une concentration inférieure ou égale à 50mg de nitrate par litre d'eau est sans danger. Les sociétés de distribution d'eau veillent scrupuleusement à ne pas dépasser cette norme.

C-3 La pollution industrielle

Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est fait de l'eau au cours du processus industriel **[36]**.

- ✓ Des matières organiques et des graisses (industries agro-alimentaires)
- ✓ Des hydrocarbures (industries pétrolières)
- ✓ Des métaux (traitement de surface, métallurgie)
- ✓ Des acides, bases, produits chimique divers (industries chimique)
- ✓ Des eaux chaudes (circuit de refroidissement des centrales thermique)
- ✓ Des matières radioactives (centrale nucléaire, traitement des déchets radioactifs).

II.4 Les polluants

II.4.1 Définition

Toute substance naturelle ou d'origine anthropique que l'homme introduit dans un écosystème donné dont elle était absente ou encore dont il modifie ou augmente la teneur (dans l'eau, l'air ou les sols selon le biotope) lorsqu'elle y est spontanément présente.

II.4.2 Classification des polluants

Etant donné le grand nombre de polluants, la classification se faire soit sur des critères physico-chimiques, soit sur les modalités de dispersion ou encore sur le type de biotope contaminé. Selon leur nature, les polluants peuvent être (tableau II.1) **[37]**:

- **Chimique:**

  Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certain sont non dégradables.

- **Physique:**

  On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires).

  Biologique:

  Il s'agit de la pollution par les microorganismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.) **[34]**.

Tableau .II.1: Classification des polluants.

Nature de polluant	**Principaux polluants**
Chimique	a. Dérivés gazeux du chlore et hydro carbures liquides b. Détersifs, tentions actifs c. Matière plastique d. Pesticide et autre composés de synthèse e. Dérivés du soufre f. Dérivés de l'azote et du phosphore g. Métaux lourde h. Matière organique fermentescible i. Toxine algales
Physique	a. La chaleur b. Les radio-isotopes c. Le bruit et les vibrations à basse fréquence
Biologique	a. Les germes pathogènes : 1. Virus 2. bactéries 3. champignons (levures) b. Les parasites des animaux : 1. helminthes 2. protozoaires

II.5 Les type de pollution de l'eau

- La pollution organique: matière biodégradables
- La pollution physique: matière en suspension, chaleur, radioactive
- La pollution micro-organique: virus, bactéries
- La pollution chimique: substances indésirables ou dangereuse

II.6 Les polluants de l'eau [37]

- Matière nutritives
- Les matières en suspension
- Les polluants inorganiques (acides et bases, sels)
- Les micropolluants (métaux lourds)
- Les agents pathogènes
- Les chaleurs
- Les matériaux radioactifs.
- Polluant organiques biodégradable

La pollution de l'eau par les composés organiques est causée principalement par une forte industrialisation. Parmi les polluants les plus répandus et les plus nocifs, on retrouve les médicaments.

- **Les médicaments**

Etant donné que les médicaments sont utilisés pour traiter certaines maladies, nous ne les avons rarement considérés comme des polluants pouvant être nocifs pour l'environnement surtout lorsqu'ils sont rejetés dans la nature sans aucun traitement préalable. Actuellement, la majorité des informations met l'accent sur la toxicité aiguë des substances pharmaceutiques usées. Les rejets des médicaments ont attiré l'attention des responsables de l'environnement par leurs effets néfastes sur la faune et la flore aquatiques et surtout sur les eaux de surface utilisées pour la production de l'eau potable. Certaines de ces molécules sont essentiellement rejetées par des établissements de soins (hôpitaux, cliniques). De nombreuses études scientifiques ont montré que ces substances sont retrouvées dans plusieurs sources d'eau naturelle (eaux usées, lacs, rivières, mers et même

dans des eaux de boisson) **[53-55].** Cette contamination préoccupe de plus en plus les communautés scientifiques et politiques.

Dans cette étude, nous avons choisi un type de médicaments qui appartient à la classe des antibiotiques à savoir:

- L'amoxicilline appartient à la famille des antibiotiques β-lactamines. Sa structure comprend un cycle β-lactame et un cycle thiazolidine, commun à l'ensemble des pénicillines. L'amoxicilline agit contre les bactéries gram-positives et gram-négatives sensibles.
- La pénicilline G est la forme parentérale (intraveineuse ou intramusculaire) de la pénicilline. On l'utilise pour des infections plus sévères où on ne peut s'en remettre à la pénicilline sous forme orale. Elle a exactement le même spectre d'action que la pénicilline V. La lettre « G » suivant le terme « pénicilline » signifie « *Gold Standard* ».

Ces substances sont rejetées directement dans la nature ou indirectement via les urines et les excréments.

II.7 Traitement des eaux

L'eau occupe à la surface de la terre une place exceptionnelle, elle est de loin la plus importante de toutes les matières première, elle joue de notre vie quotidienne un rôle primordial, et sans elle la vie est impossible.

L'histoire du développement industriel s'est construite en partenariat avec l'eau, tout technique industrielle est liée à l'utilisation de cette dernière, l'eau réunit un ensemble exceptionnel de propriétés physicochimique, elle peut devenir solvant, fluide thermique ou simplement liquide facile à manipuler. Ces propriétés expliquant pourquoi l'eau est impliquée dans toutes les grandes activités industrielles.

Utiliser l'eau, c'est pratiquement accepté de la polluer. En effet, toute activité industrielle engendre des rejets polluant qui renferment tout les sous produits et les pertes de matière qui n'ont pu être récupérés, ni recyclés **[38]**.

II.7.1 Définition des effluents

En terme générique désignant une eau résiduaire urbaine, domestique ou industrielle, et plus généralement tout rejet liquide véhiculant une certaine charge polluante (dissoute,

colloïdale ou particulaire) .ces effluents recèlent des composants organiques ou chimiques nuisibles à l'environnement **[39]**.

II.7.2 Les paramètres d'analyses de la pollution des eaux

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes **[40]**:

II.7.2.1 Les paramètres physico-chimiques

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physico- chimiques du milieu récepteur. La mesure de ces paramètres se fait au niveau des rejets, à l'entrée et à la sortie des usines de traitement et dans les milieux naturels.

A) La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C.

B) Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

C) La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usée Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

D) Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques volatile (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les MES s'expriment par la relation suivante :

MES = 30% MMS + 70% MVS

- **Les matières volatiles en suspension (MVS)**

Elles représentent la fraction organique des MES. Les MVS sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

- **Les matières minérales (MMS)**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entrainant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène.

E) La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre (µSm/cm) et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohms par centimètre (Ω/cm). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 µSm/cm, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire **[40]**.

F) La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

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 préalablement ensemencé. En effet, à 20°C la dégradation des matières organiques commence immédiatement et au bout de 5 jours l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée est assurée. Cette analyse 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. Elle se résume à la réaction chimique suivante:

Substrat + micro organisme + O_2 → CO_2+ H_2O + énergie + biomasse

G) La demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg/ litres de O_2.

La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. Généralement la valeur de la DCO est:

- ✓ DCO = 1.5 à 2 fois DBO: Pour les eaux usées urbaines;
- ✓ DCO = 1 à 10 fois DBO: Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires
- ✓ DCO > 2.5 fois DBO: Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante:

$$MO = (2\ DBO_5 + DCO)/3 \qquad (1)$$

H) 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. Elle est exprimée par un coefficient K, tel que,

$$K = DCO/DBO\ /DBO5 \qquad (2)$$

- Si k < 1,5: Cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable,
- Si 1,5 < K< 2,5: Cela signifie que les matières oxydables sont moyennement 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 inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures etc.… **[40]**.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physico-chimique.

II.7.3 Les différents degrés de traitements conventionnels des eaux usées

II.7.3.1 Les prétraitements

Cette partie de traitement permet de retenir les déchets (papiers, plastique….etc.) ainsi qu'une partie des graisse et des sables contenues dans les eaux usées. Le but de ce traitement est d'éliminer les éléments les plus grossiers susceptibles de gêner les processus des traitements ultérieurs des équipements.

A) Dégrillage: Le principe du dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus au moins espacés, retiennent les

éléments les plus grossiers (Figure II.1). Leurs principaux objectifs sont l'élimination des matières volumineuses qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation **[41]**. Selon l'écartement des barreaux ou le diamètre des mailles, on distingue **[42]**:

- **Dégrillage grossier** : pour grille à barreaux espacés de 30 à 100 mm.
- **Dégrillage moyen** : pour grille à barreaux espacés de 10 à 25 mm.
- **Dégrillage fin** : pour grille à barreaux espacés de 3 à 10 mm.



Figure II.1: Dégrilleur

B) Le tamisage: C'est un grillage fin, maillé de quelque mm à quelque dizaine de micro afin de retenir les MES selon la dimension de passage des supports. Nous distinguons trois (3) types de tamis **[42]**:

- Tamis statistiques.
- Tamis rotatifs.
- Tamis vibrant.

C) Dessablage: Le dessablage à pour but d'extraire des eaux brutes, les gravies, sables et particules minérales plus ou moins fines**.**

L'élimination du sable est indispensable pour protéger les conduits et pompes contre l'abrasions et corrosion et éviter le colmatage de canalisation. Les sables décantent sont récupérés par pompage.

Il existe différents types de dessableurs.

- Dessableurs à canaux.

- Dessableurs rectangulaires à couloir.
- Dessableurs circulaires.



Figure II.2: Dessableur

D) Déshuilage-dégraissage: Il consiste à l'extraction des corps flottant moins denses que l'eau c'est toujours pour but d'éliminer le colmatage. Généralement combinées avec le dessablage, ont pour but de collecter des matières huileuses déjà rassemblées à de l'effluant.



Figure II.3: Dans les stations de potabilisation après le dégrillage / tamisage et avant la filtration et la désinfection.

II.7.3.2 Le traitement primaire

Regroupement les procédés physiques ou physico-chimique visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organique en suspension.

Les particules en suspension contenues dans l'eau sont chargées électriquement de matière négative et se repoussent les unes des autre pour rester individuelles. Pour qu'elles se rapprochement, il faut neutraliser cette charge électrique en amenant des charges positives **[43]**. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées **[42].**

Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite.

A) Floculation: La floculation consiste ainsi à ajouter à l'eau un floculant amenant des charges positives sur lesquelles les matières en suspension vont se coller et s'unir pour former un floc, coaguler et permettre leur décantation plus rapidement. Les particules sont agglomérées et deviennent filtrables. Les floculant les plus utilisés sont le chlorure ferrique et le sulfate d'alumine.

B) Décantation: Les temps de décantation sont alors réduits de l'ordre de 6 heures en absence de floculant, à 20 minutes dans le meilleur des cas **[43]**.

C'est un procédé de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc dont la densité est supérieure à celle de l'eau; elle s'effectue selon un processus dynamique, en assurant la séparation des deux phases solide-liquide de façon continue. Les particules décantées s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée **[44]**.

Après floculation et décantation, l'eau est généralement filtrée (filtre à sable ou autre) pour éliminer les matières en suspension restantes et obtenir la turbidité désirée **[43]**.

C) Flottation: La flottation est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, de bulles d'air et des réactifs, moins dense que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400µm. Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles, et sont ensuite écumés. Elle convient davantage aux eaux

présentant une haute teneur en algues, une faible turbidité naturelle ou une forte coloration **[45,46]**.

D) Filtration: La filtration est un procédé physique de séparation d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux, qui retient les particules et laisse passer le liquide.

Ce procédé est destiné à clarifier un liquide qui contient des matières en suspension (MES) en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. La rétention des fines particules qui subsistent après la décantation se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépond du type de matériau utilisé et des conditions d'utilisation du filtre **[47]**.

II.7.3.3 Le traitement secondaire

La matière organique dissoute restante subira un traitement biologique, aussi appelé traitement secondaire. On injecte d'abord de l'air dans des bassins d'aération afin que le dioxygène favorise la croissance des microorganismes. Ceux-ci décomposent alors une partie de la matière organique en dioxyde de carbone et en eau. Ensuite, des bactéries décomposent l'excédent de matière organique lors de la filtration biologique. Par décantation, les matières solides se déposent au fond du bassin et forment des boues secondaires qui seront aussi traitées comme l'étaient les boues primaires. Au cours de cette étape du traitement des eaux usées, 75% à 95% de matière organique est éliminé **[48]**. À la suite de cette étape, les eaux sont assez propres pour être retournées dans les cours d'eau, mais elles peuvent aussi subir des traitements complémentaires.

II.7.3.4 Le traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration laissent passer dans l'eau épurer des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la meilleure décantation, Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des microorganismes et des micropolluants. Si une éventuelle réutilisation de cette eau est envisagée, il convient par conséquent d'utiliser des procédés d'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc de corrections chimiques ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation. La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact longs. Mais il convient de signaler suite à cette opération, une décoloration avant le rejet.

À côté de la désinfection par le chlore, d'autres procédés existent également mais qui restent pratiquement inutilisables dans les domaines de l'épuration des eaux usées. Ceci s'explique par leurs coûts qui restent excessivement élevés, mais qui peuvent conduire une eau de qualité. Nous pouvons citer par exemple l'échange ionique et l'adsorption sur charbon actif.

Le coût excessif du traitement tertiaire explique pourquoi dans la majorité des stations d'épuration ce type de traitement est inexistant. Ce coût ne se représente pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais aussi celui d'un personnel hautement qualifié **[49]**.

II.8 Les techniques de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées nécessite l'application de différentes techniques qui peuvent être d'ordre mécaniques, physiques, chimiques, ou encore biologiques. Leur mise en œuvre peut être simultanée ou successives suivant les pollutions mises en jeu dans les eaux à traiter. Le but étant toujours d'assainir l'eau rejetée ou utilisée afin qu'elle soit compatible aux normes imposées par chaque pays.

Différentes techniques de traitement de l'eau peuvent être appliquées selon la nature du polluant et le coût de l'opération du traitement. On cite à titre d'exemple les méthodes de la précipitation, l'extraction liquide-liquide, la coagulation et la floculation membranaire, la biodégradation, la photo dégradation et l'adsorption. Dans cet aperçu bibliographique, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à l'adsorption que nous allons utiliser dans la présente étude.

II.8.1 L'adsorption

La technologie de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies de séparation les plus importantes. Elle est largement utilisée pour la séparation et la purification des gaz et des liquides dans des domaines très variés allant des industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

L'adsorption est un phénomène de fixation de molécules de soluté (liquide ou gazeuse) à la surface d'un solide par l'intermédiaire de liaisons de type de Van Der Waals ou

chimique. Le processus d'adsorption se produit jusqu'à l'obtention d'un état d'équilibre qui correspond à la quantité adsorbée maximale. On distingue deux types d'adsorption:

- **Adsorption chimique**, appelée aussi chimisorption, met en jeu une énergie élevée (supérieure à 10 kcal/mol) et correspond aux liaisons covalentes plus permanentes entre l'adsorbant et la molécule adsorbée. Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbant est chimiquement adsorbée à cause du processus de solvatation. Ce type d'adsorption est un phénomène sélectif produisant une modification des propriétés de la surface de l'adsorbant via les molécules adsorbées, et est généralement irréversible **[50, 51]**.
- **Adsorption physique** appelée également physisorption, elle est caractérisée par une faible énergie de liaison (inférieure à 10 kcal/mol) correspondant aux liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waals. Dans le cas de l'adsorption gaz-solide, le temps de rétention de la substance adsorbée est court et la surface peut être recouverte de multiples couches moléculaires de l'adsorbat **[52]**.

En conséquence, l'adsorption d'une substance sur un solide est gouvernée par de multiples types d'interactions. Selon la nature de la surface de l'adsorbant et les molécules adsorbées, différents types de liaisons peuvent exister simultanément. Les liaisons les plus courantes sont de type Van Der Waals, ioniques, covalentes, hydrogènes et par transfert de charge.

Le processus d'adsorption peut être affecté par un grand nombre de paramètres à savoir:

- La polarité et la taille des molécules adsorbées;
- La nature des groupements fonctionnels;
- La constante d'acidité pK_a et la solubilité des molécules adsorbées;
- La surface spécifique et la composition chimique de l'adsorbant;
- La dose solide /solution, le pH et la température du milieu;

De multiples études d'adsorption ont été réalisées sur des substances organiques nocives, notamment le phénol, les colorants et les médicaments sur différents supports tels que les argiles, les zéolites, le charbon actif, la silice et l'alumine **[53,54]**. Les résultats obtenus diffèrent d'une étude à l'autre selon la nature de l'adsorbant, son origine et les conditions d'expériences telles que le pH, la température et la porosité du support.

Chapitre III

Partie Expérimentale

III.1. Introduction

Cette étude expérimentale, réalisée au sein du laboratoire de biologie1 au niveau du hall technologique, du laboratoire de la faculté de science de l'université de Médéa et l'unité de SAIDAL a été consacré à un traitement physico-chimique des effluents par une biomasse végétale (luffa cylindrica)

Notre étude expérimentale comporte plusieurs parties :

- Le traitement préliminaire de la biomasse végétale (luffa cylindrica).
- Traitement des effluents liquides de l'entrée et de la sortie de la station d'épuration, STEP, de SAIDAL (Médéa) et étude de la variation depH, conductivité, turbidité, DBO_5 et MES.
- Etude de la biosorption des antibiotiques.

III.2. Matériels et produits

Matériels :

- Balance électronique.
- Étuve
- Plaque chauffante.
- Thermomètre.
- Spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier(FTIR) BRUKER Optik GMBH Tensor II, Allemagne
- PH-mètre.
- Spectrophotomètre UV-Vis (UV1240 muni).
- DBO-mètre (Oxi Top Box)
- Turbidimètre
- Conductimètre (CD-2005 conductivity mètre)
- Balance analytique.
- Différents types de verrerie.
- Papier pH
- Papier filtre
- Dessiccateur

Produits :

- NaOH 5%.
- Eau distillée.
- Les effluents d'entré et de sortie de la STEP de SAIDAL.
- Les antibiotiques : Amoxicilline et Pénicilline G.

III.3. Analyse de la biomasse par FTIR

L'infrarouge analytique regroupe plusieurs méthodes d'identification et de dosage non destructives fondées sur l'étude de l'absorption (ou la réflexion), par l'échantillon, des radiations électromagnétiques comprises entre 1 et 1000 μm. La partie la plus riche en informations et la plus accessible d'un point de vue expérimental est celle du moyen infrarouge (4000-400 cm^{-1}) **[56]**. Les absorptions dans ce domaine, qui constituent une sorte d'empreinte digitale des composés examinés, permettent de déduire la nature des liaisons et la présence des différents groupements fonctionnels.

a. Principe de la spectroscopie d'absorption infrarouge

Les bandes d'absorption dans le domaine spectral de l'infrarouge proviennent de l'interaction de la composante électrique des radiations électromagnétiques incidentes avec les dipôles électriques des liaisons non symétriques. L'infrarouge s'intéresse aux excitations des niveaux de vibrations des liaisons entre les différents atomes. Dès ses origines, l'infrarouge a servi comme méthode semi empirique d'analyse structurale. Il existe une corrélation entre les positions des maxima d'absorption de certaines bandes et les fonctions organiques. De ce fait nous pourrons avoir des informations sur les déformations des liaisons et le squelette du composé étudié **[56]**. Les bandes d'absorption sont nombreuses et différentes avec chaque composé.

b. Dispositif et protocole expérimentaux

Le spectromètre utilisé est un appareil a transformé de Fourier (FTIR) (BRUKER Optik GMBH Tensor II, Allemagne qui réalise une analyse simultanée de toute la bande spectrale. Les spectromètres infrarouges représentent, en fonction de la longueur d'onde, le rapport en chaque point des intensités transmises avec ou sans échantillon. Ce rapport, appelé transmittance T, peut être remplacé par son pourcentage (%T) ou par l'absorbance

A = log (1/T). Enfin, dans le domaine du moyen infrarouge, il est très fréquent d'exprimer les longueurs d'ondes sous forme de nombre d'onde (en cm^{-1}). L'échantillon à analyser se présente sous forme de poudre. Cette dernière va être broyée en présence de KBr sec dans un mortier en agate pour réaliser un mélange qui est ensuite comprimé pour former une pastille translucide. Les spectres d'absorption infrarouge sont enregistrés dans la gamme de nombres d'onde comprise entre 400 et 4000 cm^{-1}est la gamme de l'absorbance de luffa cylindrica. Ces expériences ont été réalisées au laboratoire physico-chimie du HALL technologique.

c. Résultats et discussion

L'analyse des fibres de luffa cylindrica préparés a été effectuée par la technique spectroscopie infrarouge, comme l'illustre la figure III.1. Le dépouillement du spectre a été réalisé en tenant compte de deux régions différentes :

- Dans la région entre 4000 et 1700 cm^{-1}, on observe une bande large à 3450 cm^{-1} qui correspond à la vibration d'élongation de la liaison O-H. L'épaulement à 2930 cm^{-1} correspond à la vibration d'élongation de la liaison C-H. Cette attribution de bandes est en parfait accord avec les données structurales signalées auparavant dans le chapitre I. Le paquet de bandes situé à environ 1730 cm^{-1} est assigné à des vibrations de la liaison C = O des groupes carbonyle et acétyle dans l'hémicellulose et aussi des groupes chimiques de lignine comme s'est déjà confirmé par Kataoka et Kondo en 1998**[57]**.

- Dans la région comprise entre 1700 et 400 cm^{-1}, se regroupe tous les modes de vibrations d'élongations et de déformations (1650, 1400, 1250, 1060 cm^{-1}) des différentes liaisons. La bande à 1650 cm^{-1} indique la présence des liaisons H-O-H de la molécule d'eau absorbée. La bande proche de 1240 cm^{-1} correspond à la liaison C-O-C. Un forte bande d'élongation à 1060 cm^{-1} due à la présence des liaisons C-O-C du cycle pyranose.

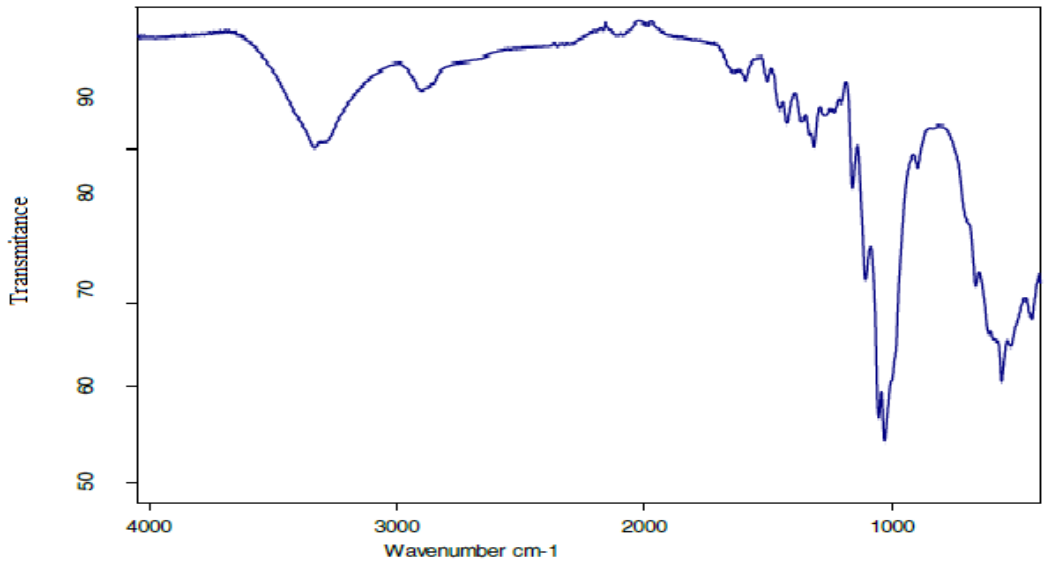


Figure III.1 : Spectre FTIR des fibres de luffa cylindrica brut

III.4 Préparation des échantillons des biosorbant

III.4.1.Traitement préliminaire de la Luffa Cylindrica

Pour l'élimination des impuretés de luffa cylindrica il faut faire le lavage on suivant les étapes suivantes :

- ✓ Découper longitudinalement l'éponge fibreuse et la laver avec l'eau de robinet.
- ✓ Mettre l'éponge dans un cristallisoir avec l'eau distillée et chauffer à 80°C pendant 2 h.
- ✓ Refaire l'opération 03 fois jusqu'à l'élimination de toutes les impuretés.
- ✓ Refaire l'étape 2 en ajoutant un tensioactif 1% détergent, refaire l'opération une 2ème fois.
- ✓ Laver avec l'eau distillée.
- ✓ Sécher à l'étuve à 40° C pendant 3 à 4 h.

III.4.2. Préparation des carrés bruts

Après le traitement préliminaire, l'éponge et découpée en petits morceaux de masse 25mg (Figure III.2).



Figure III.2 : Les carrés bruts de luffa cylindrica**.**

III.4.3. Traitement chimique [30].

- ✓ Dans un cristallisoir, mettre l'éponge fibreuse avec une solution de NaOH 5% et chauffer à 90°C, pendant à 4 h.
- ✓ Après la cuisson, faire l'écrasement de la biomasse dans un mortier.
- ✓ Répéter l'opération de cuisson suivie d'écrasement 3 fois.
- ✓ Lavage à l'eau distillée jusqu'à neutralisation de pH
- ✓ Le produit résultant (Figure III.3) est appelé « pulpe ». La pulpe est constituée de fibres plus ou moins individualisées de Luffa Cylindrica (Figure III.4).



Figure III.3 : Opération de la cuisson des carrées bruts de luffa cylindrica

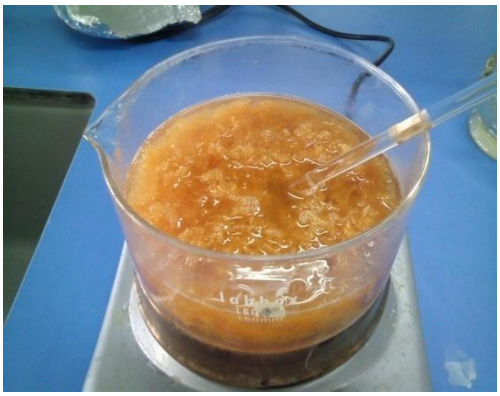


Figure III.4 : La pulpe de luffa cylindrica.

III.5. Utilisation de la biomasse végétale (Luffa Cylindrica) pour le traitement des effluents industriels

Des échantillons des effluents liquides ont été prélevés le 02 avril2017à l'entrée et à la sortie de la STEP, dans des flacons en verre. Les flacons reste fermés jusqu'à l'utilisation.

III.5.1. Etude de la variation du pH des effluents

a. Mode opératoire

- ✓ Dans un premier bécher de 50 ml, introduire un volume de 25ml de l'effluent d'entrée et dans un deuxième bécher mettre le même volume de l'effluent de sortie.
- ✓ En utilisant un pH-mètre (Figure III.5), mesurer le pH initiale de chaque échantillon.
- ✓ Imprégner un carré brut de masse d'environ 25 mg dans chaque bécher
- ✓ Après une heure, mesurer le pH à des intervalles de temps réguliers.



Figure III.5 :pH-mètre utilisé

b. Résultats et discussions

Les résultats obtenus sont représentés par les figures (III.6) et (III.7).

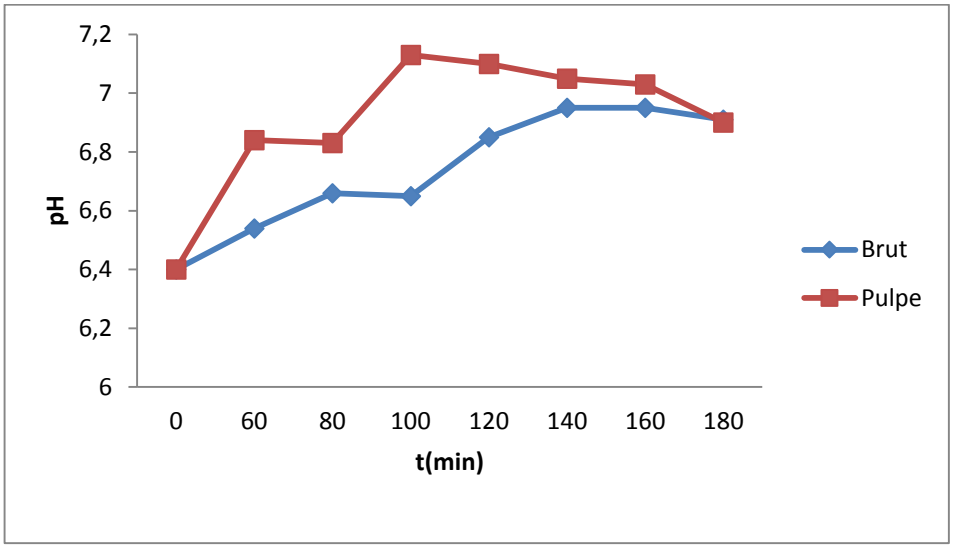


Figure III.6 : Variation du pH de l'effluent d'entrée en fonction du temps

A partir de la courbe de la Figure (III.6), on remarque que le luffa cylindrica ramène l'effluent d'entrée à la neutralité après une durée de 160 mn pour le brut et 100 mn pour la pulpe. Cette modification du pH est due à la biosorption des substances à caractère acide par luffa cylindrica. Les valeurs de pH sont incluses dans l'intervalle donné par la littérature **[58]** concernant les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (pH = 6,8-8,5).

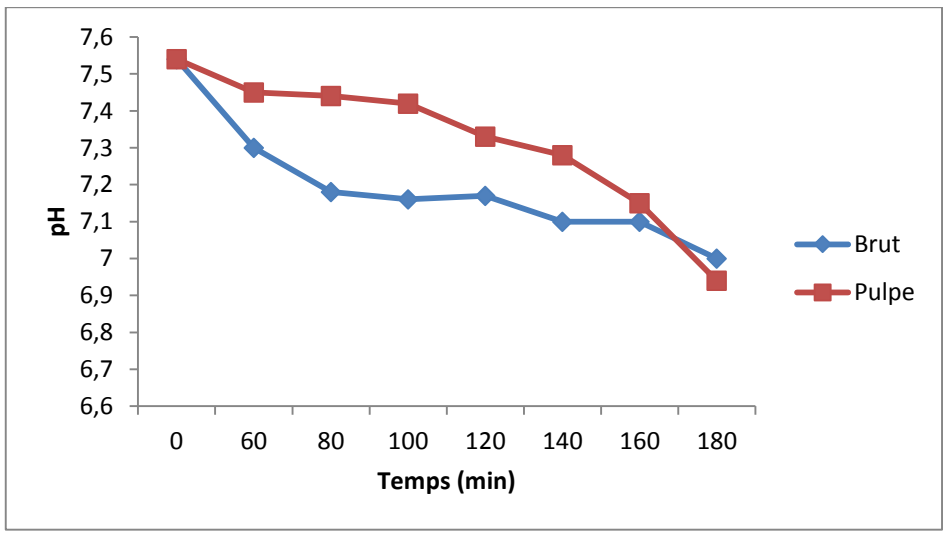


Figure III.7 : Variation de pH de l'effluent de sortie en fonction de temps

A partir de la courbe de la (Figure III.7) on observe une diminution considérable du pH après l'imprégnation des carrés bruts (pH voisin de 7,1 après 80 mn) par comparaison avec l'imprégnation de la pulpe (pH voisin de 7,1 après 160 mn).Dans les deux cas, l'effluent de sortie devient neutre après traitement par Luffa Cylindrica.

De plus, la comparaison entre la valeur du pH initial de l'effluent de sortie avec celle de l'effluent d'entrée après traitement montre que le traitement de l'effluent d'entrée par Luffa Cylindrica améliore la qualité de l'effluent. Les résultats trouvés sont en bon accord avec les valeurs limites décrites par la littérature **[58].**

III.5.2. Etude de la variation de la conductivité des effluents

a. Mode opératoire :

- ✓ Dans un premier bécher de 50 ml, introduire un volume de 25ml de l'effluent d'entrée et dans un deuxième bécher mettre le même volume de l'effluent de sortie.
- ✓ En utilisant un conductimètre (Figure III.8), mesurer la conductivité initiale de chaque échantillon.
- ✓ Imprégner un carré brut de masse d'environ 25 mg dans chaque bécher
- ✓ Après une heure, mesurer la conductivité à des intervalles de temps réguliers



Figure III.8 : Conductimètre utilisé.

b. Résultats et discussion :

Les résultats obtenus sont enregistrés est représentés par la figure (III.9).

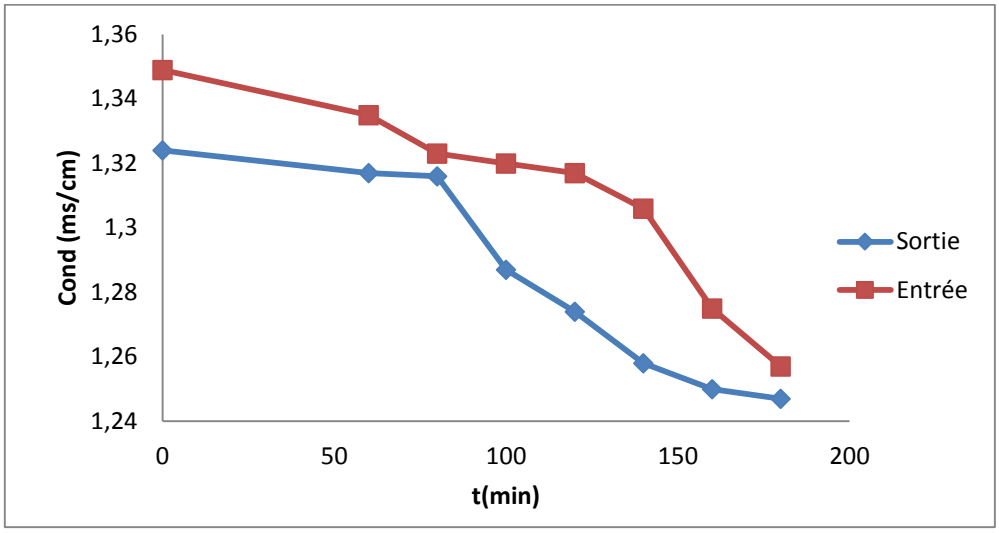


Figure III.9 : Variation de la conductivité des effluents traités par les carrés bruts en fonction du temps

D'après l'allure de la courbe de la figure (III.9), nous observons une réduction de la conductivité en fonction du temps de contact de l'effluent avec le luffa. Donc le luffa cylindrica brut a amélioré la qualité des effluents suite à une adsorption des ions provenant des sels minéraux qui sont responsables de la conductivité du courant électrique. La valeur de conductivité de l'effluent à la sortie de la STEP (1,324ms/cm) est atteinte après 80 mn (1.317 ms/cm) de traitement de l'effluent d'entrée par luffa brut.

III.5.3. Etude de la variation de la turbidité :

a. Mode opératoire :

- ✓ Dans un premier bécher de 50 ml, introduire un volume de 25ml de l'effluent d'entrée et dans un deuxième bécher mettre le même volume de l'effluent de sortie.
- ✓ En utilisant un turbidimètre Figure (III.10), mesurer la turbidité initiale de chaque échantillon.
- ✓ Imprégner un carré brut de masse d'environ 25 mg dans chaque bécher
- ✓ Après une heure, mesurer la turbidité à des intervalles de temps réguliers.



Figure III.10 : Turbidimètre utilisé.

b. Résultats et discussion

Les résultats obtenus sont enregistrés et représenté par la figure (III.11).

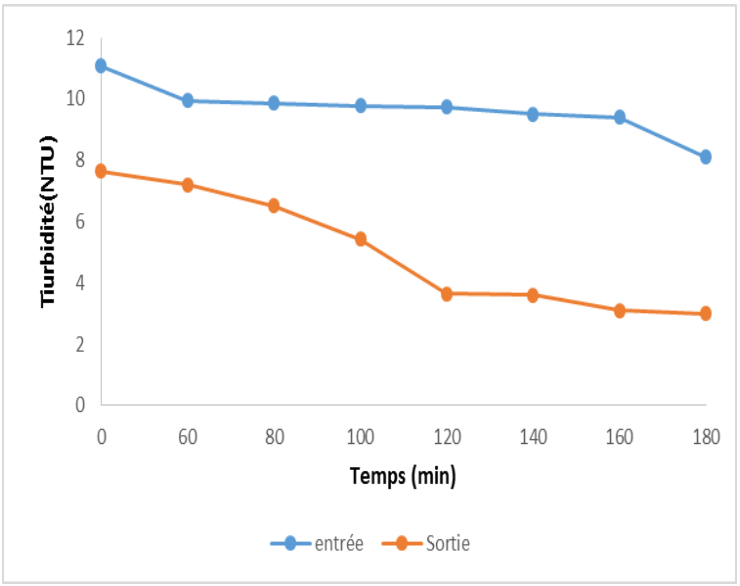


Figure III.11 : Variation de la turbidité en fonction du temps

D'après la figure III.11 on remarque une diminution de la turbidité, de 11.07 jusqu'à 8.01 pour l'effluent d'entrée et de 7.65 à 3 pour l'effluent de sortie pendant les 03 heures. Ceci est dû à l'adsorption des substances responsables du trouble des effluents par le luffa cylindrica

III.5.4. Mesure de la D.B.O_5

a. Préparations des échantillons

Dans un bécher de 50 ml on a mis 50 ml d'effluent prélevé à l'entrée de la STEP avec 2 carrés de Luffa brut dont le poids de 50 mg pour garder le même rapport (masse de biosorbant/volume de l'échantillon) que les tests précédents (pH, turbidité et conductivité). Après une heure d'imprégnation, on a retiré les carrés puis on a utilisé la solution résultante comme échantillon traité pour la mesure de la D.B.O_5.

Le même mode opératoire est répété en utilisant l'effluent de sortie.

b. Mise en marche du D.B.O-mètre

- Ouvrir l'enceinte réfrigérée.
- Brancher l'instrument sur le secteur.
- Appuyer sur la touche (1) qui se trouve au dos de l'enceinte.

c. Mesure de la D.B.O_5

- Rincer le flacon de D.B.O plusieurs fois avec l'échantillon à analyser.
- Introduire dans le flacon une prise d'essai après avoir mesurer le volume d'échantillon à analyser.
- Introduire le barreau aimanté dans le flacon.
- Insérer le godet en caoutchouc dans le goulot du flacon.
- Mettre deux pastilles de soude dans le godet en caoutchoue l'aide d'une pince.
- Visser l'oxiTop directement sur le flacon d'une manière étanche
- Lancer la mesure en appuyant simultanément et pendant deux secondes sur la touche M et S jusqu'à ce que l'afficheur indique 00.
- Maintenir le flacon de mesure avec l'oxiTop à 20 °C pendant cinq (5) jours.



Figure III.12 : D.B.O-mètre contenant les échantillons à analyser

c. Résultats et discussion

Après cinq jours, la valeur affichée était 19 pour l'effluent traité par les carrés bruts. La conversion de la valeur mesurée affichée (digit) en valeur de D.B.O a été faite en utilisant la relation suivante :

$$\mathbf{D.B.O_5 = Digit \times Facteur} \qquad \mathbf{(3)}$$

Le facteur est choisi selon le volume de l'échantillon utilisé à partir du tableau(III.5). Dans notre cas, le facteur prend une valeur de 20 ce qui a donné la valeur de la $D.B.O_5$ suivante : D.B.O5=19mg/L

Cette valeur est inférieure à la valeur limite (32 mg/L) donnée par la littérature **[58]**.

Tableau III.1 : Volume d'échantillon à utiliser en fonction de la gamme de mesure de D.B.O_5.

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

III.5.6. Détermination de la matière en suspension totale

a. Mode opératoire :

- Peser un papier filtre sans cendres préalablement séché à 105°C, puis refroidi dans un dessiccateur.

- Filtrer un volume bien détermine d'eau à analyser (effluent) en utilisant ce papier filtre

- Sécher le papier filtre à 105°C pendant 02 heures environ jusqu'à poids constant.

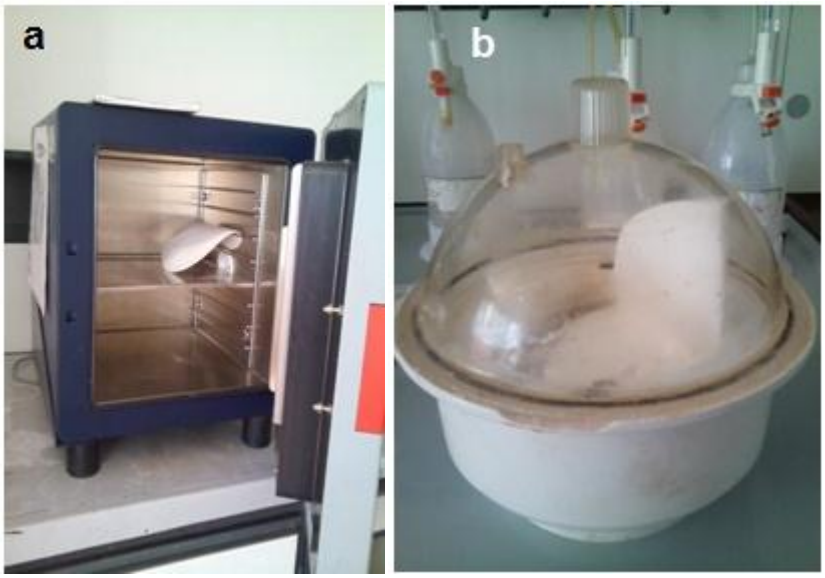


Figure III-13 :a) séchage des papiers filtrent **b)** refroidissement des papiers dans le
Dans l'étuve à105°C dessiccateur

b. Résultats et discussion

La concentration en matières en suspension (MES), exprimée en mg/L, est calculée selon la formule suivante.

$$\mathbf{MES= (M_1-M_0)*1000/V} \qquad \mathbf{(4)}$$

M_0 : Masse du papier filtre avant l'utilisation (en mg) ;

M_1 : Masse du papier filtre après l'utilisation (en mg) ;

V : Volume d'eau utilisée (en L).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau (III.2)

Tableau III.2 : mesure de MES

Echantillon	Traité par	M_0 (mg)	M_1 (mg)	MES (mg/l)
Effluent d'entrée	carrés bruts	237.26	239.31	41
	Pulpe	237.71	239.65	38.8
Effluent de sortie	carrés bruts	236.67	238.40	34.6
	Pulpe	235.19	236.36	23.4
Effluent d'entré	-	238.50	245.96	149.2
Effluent de sortie	-	235.60	241.45	117

D'après le tableau (III.2), On remarque que le luffa cylindrica brut a réduit considérablement la concentration de MES des effluents d'entrée et de sortie. Le pourcentage de réduction après traitement par Luffa Cylindrica (brute ou la pulpe) est de l'ordre de 70 à 75% qui très élevé par rapport au pourcentage de réduction après traitement ordinaire effectué au niveau de la STEP qui est de l'ordre de 21,5%.

III.6. Utilisation de la biomasse végétale (Luffa Cylindrica) pour la biosorption des antibiotiques

Dans ce deuxième axe, nous avons pensé à la possibilité d'utilisation de Luffa Cylindrica pour la biosorption des antibiotiques étant donné que ceux-ci sont fabriqués par l'unité SADAIL de Médéa donc les effluents peuvent en contenir. Pour ce faire nous avons choisi l'amoxicilline et la pénicilline G comme antibiotiques et la spectroscopie UV-Visible comme méthode de dosage.

III.6.1. Détermination de la longueur d'onde d'absorption maximale (λ_{max})

a. Mode opératoire

Pour déterminer λ_{max} nous avons préparé tout d'abord les solutions mères des deux antibiotiques avec des concentrations de 1,67g/L pour l'amoxicilline et 1g/L pour la

pénicilline G. Les spectres UV-Vis de ces deux solutions ont été réalisés par balayage de la longueur d'onde entre 200 et 400 nm en utilisant un spectrophotomètre type UV1240 muni d'une cuve de 1cm de largeur.

b. Résultats

Les spectres enregistrés sur l'appareil ont montré que le maximum d'absorption est obtenu à des longueurs d'onde de 295 nm et 315 nm pour l'Amoxicilline et la pénicilline G respectivement. Ces longueurs d'ondes sont utilisées par la suite pour établir la courbe d'étalonnage et le dosage.

III.6.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage

a. Mode opératoire

- A partir de la solution mère, préparer des dilutions avec des concentrations comprises entre 0 g/L et 1,2 g/L pour l'amoxicilline et entre 0 g/L et 0,3 g/L pour la pénicilline G.
- Mesurer la DO des dilutions de l'Amoxicilline à 295 nm
- Mesurer la DO des dilutions de la pénicilline G à 315 nm

b. Résultats

Les résultats obtenus sont représenté par la figure (III.14) et (III.15).

Les valeurs de la DO ont été représentées en fonction de la concentration (courbes d'étalonnage) dans les figures (III.14) et (III.15) pour l'amoxicilline et la pénicilline G respectivement.

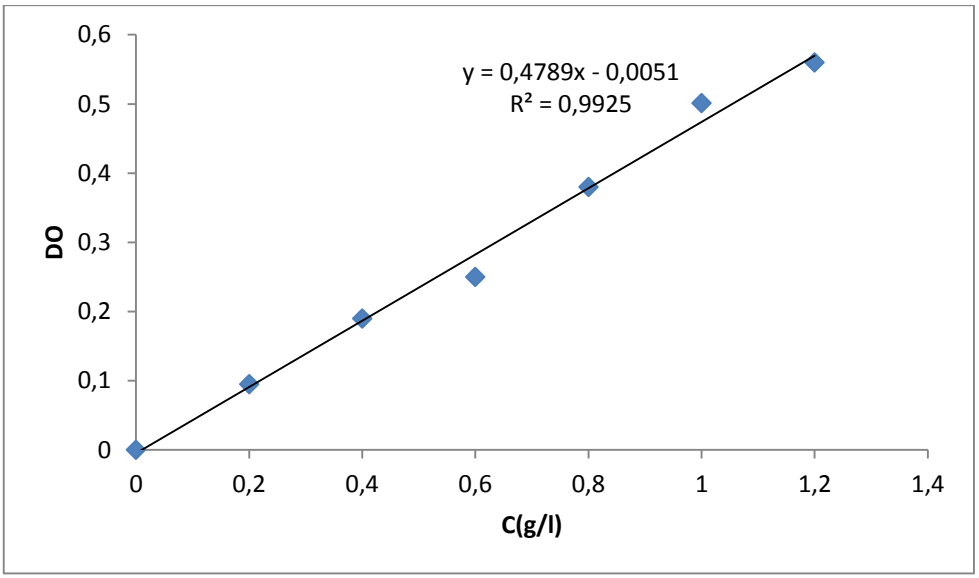


Figure III.14 : Courbe d'étalonnage de l'amoxicilline

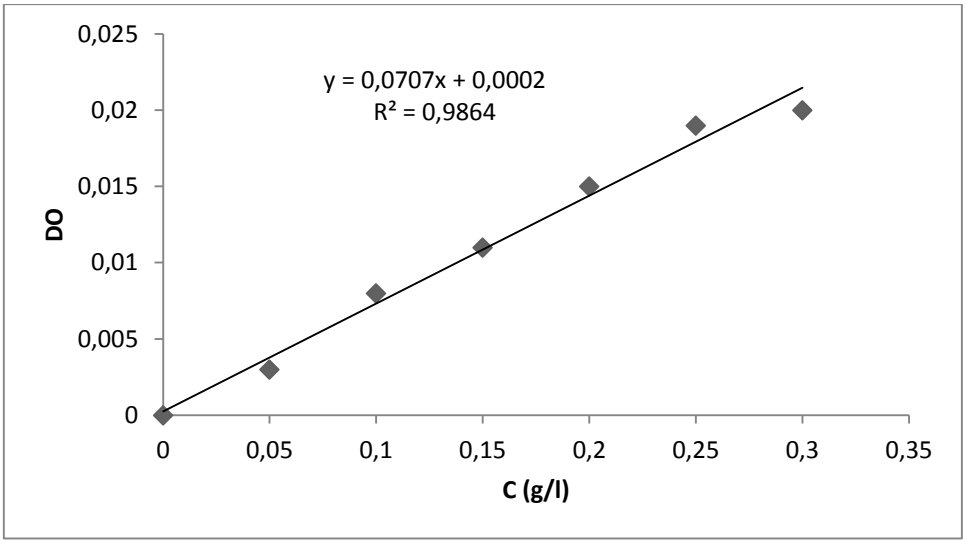


Figure III.15 : Courbe d'étalonnage de pénicilline G.

Les deux courbes d'étalonnage sont sous forme de droites qui passent par l'origine avec des coefficients de corrélation acceptables, donc elles obéissent à la loi de BEER-LAMBERT définie par :

$$DO = \log (I/I_0) = \varepsilon * L * C \qquad (5)$$

Où:

- I/I_0 est la transmittance.
- I_0 : l'intensité du faisceau à l'entrée de la cellule.
- I : l'intensité du faisceau à la sortie de la cellule.

- C : la concentration du corps absorbant en mol/L.
- L : l'épaisseur de la cellule (épaisseur de la couche traversée) en cm.
- ε: le coefficient d'extinction molaire.

III.6.3. Etude de la cinétique de biosorption de l'amoxicilline :

a. Mode opératoire

- Dans un premier bécher, mettre 100 mg de luffa cylindrica brute dans 100 ml de solution d'amoxicilline de concentration 1.67 g/L
- Dans un deuxième bécher, mettre 100 mg de pulpe dans 100 ml de solution d'amoxicilline de concentration 1.67 g/L
- Mesurer la DO des deux solutions à 295 nm à des intervalles de temps réguliers.

b. Résultats et discussion :

Les résultats obtenus sont représenté par la figure (III.16).

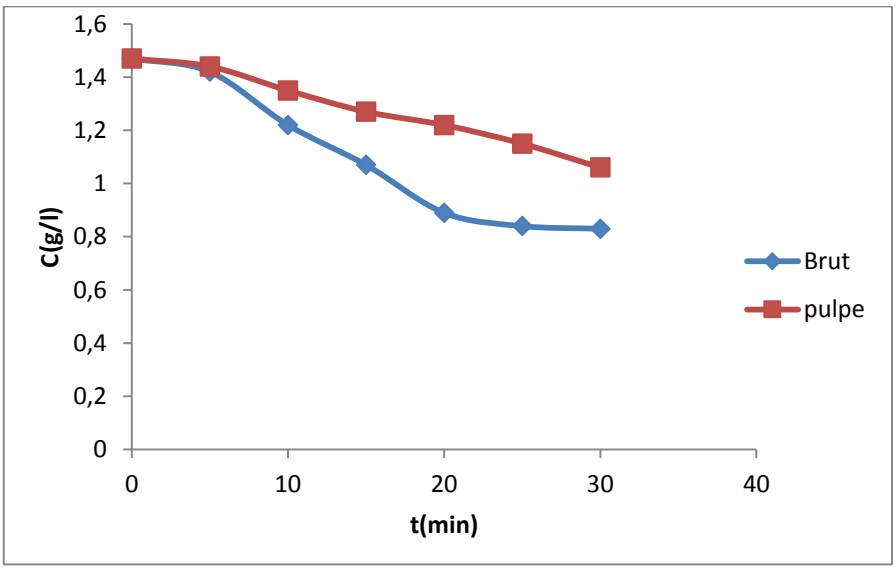


Figure III.16 : Variation de la concentration d'amoxicilline en fonction de temps.

La figure III.16 montre des courbes décroissantes, c'est-à-dire que la concentration de l'amoxicilline diminue au cours du temps, ce qui prouve qu'il y a eu une adsorption. Cette adsorption est marquée après 5 mn de contact avec le biosorbant et elle est le résultat de l'affinité de l'amoxicilline au luffa cylindrica.

En considérant de quantité d'amoxicilline adsorbée, on remarque que la pulpe a donné un résultat considérable (640 mg/g) par rapport au brut (401 mg/g) après 30 mn de biosorption. La concentration de la solution est réduite de 43,53% et 27,89% par la pulpe et le brut respectivement.

III.6.4. Etude de la cinétique biosorption de la pénicilline G :

a. Mode opératoire

- Dans un premier bécher, mettre 100 mg de luffa cylindrica brute dans 100 ml de solution pénicilline G de concentration 1g/L
- Dans un deuxième bécher, mettre 100 mg de pulpe dans 100 ml de solution pénicilline G de concentration 1 g/L
- Mesurer la DO des deux solutions à 315 nm à des intervalles de temps réguliers.

b. Résultat et discussion :

Les résultats obtenus sont représenté par la figure (III.17).

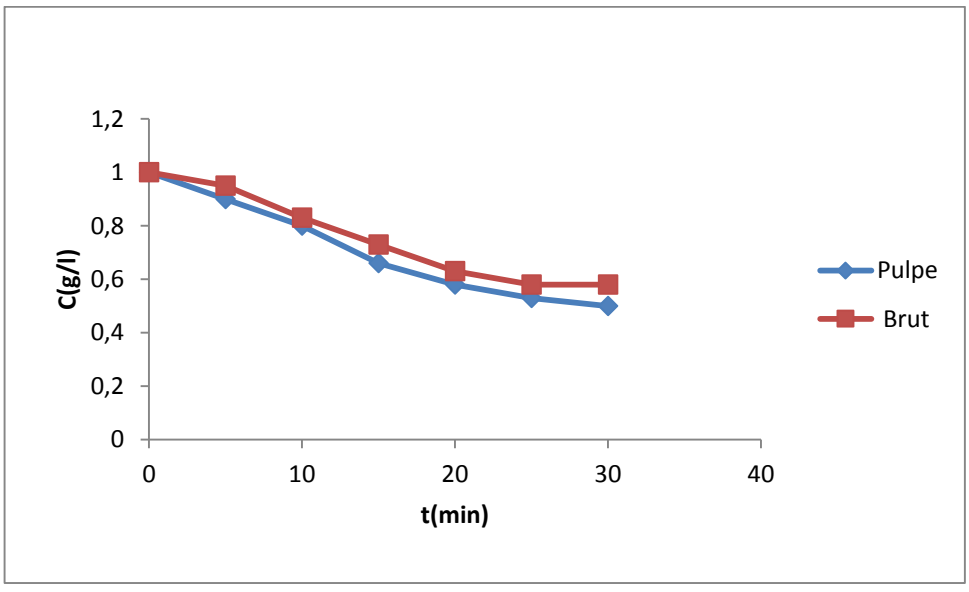


Figure III. 17 : Variation de la concentration de pénicilline G en fonction du temps

La figure III.17 montre des courbes décroissantes, c'est-à-dire que la concentration de la pénicilline G diminue au cours du temps, ce qui prouve qu'il y a eu une adsorption.

Cette adsorption est marquée dès le premier contact avec le biosorbant et elle est le résultat de l'interaction de la pénicilline G avec luffa cylindrica.

En considérant de quantité de pénicilline G adsorbée, on remarque que la pulpe a donné un résultat légèrement supérieur (640 mg/g) par rapport au brut (401 mg/g) après 30 mn de biosorption. La concentration de la solution est réduite de 50 % et 48 % par la pulpe et le brut respectivement.

En comparant les résultats de la biosorption de l'amoxicilline et de la pénicilline G, on peut conclure que l'amoxicilline a beaucoup plus d'affinité au luffa cylindrica que la pénicilline G.

Conclusion générale

Conclusion Générale

L'évaluation et la gestion du risque dû à la présence des substances chimiques nocives dans les écosystèmes est une approche qui nécessite l'intégration de différentes compétences.

L'objectif principal de ce travail de recherche est l'élaboration des systèmes biosorbant à base d'une biomasse végétale à savoir la luffa cylindrica. Donc, nous nous somme intéressé premièrement et après un traitement préliminaire de la courge, au traitement chimique des fibres de luffa cylindrica, puis nous avons procédés à l'étude de la cinétique d'adsorption des polluants des eaux usées au niveau de l'unité Antibiotical de Médéa (SAIDAL) et enfin à l'étude cinétique de la biosorption des composés organiques à savoir les antibiotiques.

Les résultats des paramètres de rejets d'effluents (le pH, la conductivité, la turbidité et la DBO_5) de SAIDAL traités par les fibres de luffa bruts (carrés bruts) et les fibres traités (pulpe) montrent qu'il y a une amélioration considérable : le pH est ramené à la neutralité ; la valeur de conductivité de l'effluent à la sortie de la STEP (1,324ms/cm) est atteinte après 80 mn de traitement de l'effluent d'entrée par luffa brut ; la turbidité des effluents est améliorée suite à l'adsorption des substances responsables du trouble des effluents par le luffa cylindrica ; et enfin une valeur de la DBO5 de 19 mg/L est obtenue et qui est nettement inférieur à la valeur limite (32 mg/L).

L'étude de la cinétique de rétention des deux antibiotiques (l'amoxicilline et la pénicilline G) sur les carrées bruts et la pulpe montre que la concentration de la solution d'amoxicilline est réduite de 43,53% et 27,89% par la pulpe et le brut respectivement, tandis qu'elle est réduite de 50 % et 48 % par la pulpe et le brut respectivement dans la solution de pénicilline G.

Les résultats des isothermes d'adsorption indiquent que la pénicilline G est mieux fixée et retenu par les deux types de supports utilisés que l'amoxicilline. Ceci revient à la nature de la structure de chaque composé en particulier à l'existence des fonctions chimiques capables d'être complexées à la surface des deux types de fibre que se soit bruts ou traités.

En conclusion, ce travail ouvre la voie à une nouvelle piste d'étude dans le domaine de la biosorption surtout s'il s'agit d'un produit naturel, biodégradable, peu onéreux, non toxique, stable du point de vue mécanique et thermique, et réutilisable.

Référence bibliographique

[1] H.S. Regine, S.F. Vieira, B. Volesky, « Biosorption : à solution to pollution ». International microbiol. Vol. 3, (2000), 17-24.

[2] Foudil. Cherif.H « étude de modalisation et paramètres d'encapsulation de certaines biomasse morte » C.U.M (2004).

[3] Adrianal. Batista Marulanda. Sarah. W. harcum, "Bioremediation of Acid Mine Drainage by reduction of metal ion via algal biomass" .technique completion report, New Mexico (January 1990).

[4] Gupta, R.; Ahuja, R.; Khan, S.; Saxena, R.K. and Mohapatra, H. "Microbial biosorbents: Meeting challenger of heavy melat pollution in aqueous solution" Current Science, vol. 78 nº8, 967_973.

[5] Larbi Bouamrane « usage d'une biomasse immobilise pour la biosorption de certains métaux lourds » mémoire de magister.2005

[6] Gardea Torresday J-L, K.J Tiemann, JH Gonzales, Aguilera I., J.A Henning, M.S Townsend, Silica immobilized Medicago Sativa (Alfalfa) to removal copper ions from solution y J.Hazard.Mater.Vol.48(1996) 171-180.

[7] Ho Y.S.; G.Mckay, « Sorption of dyes and copper ions onto biosorbents », process chemistry ELSEVIER, Vol.38 (2002), 1047-1061.

[8] Gardea Torresdey J.L. K.J. Tiemann, K.Dokken, G.Gamez, "investigation of metal binding in alfalfa biomass through chemical modification of amino and sulfhydyl ligands", proceeding of the 1998 conference on hazardous Waste Research (1998), 111-121.

[9] Horsfall, M.Jnr, Abia, A.A and Spiff. "Removal of Cu (II) and Zn (II) ions from Waste water by Cassava (Manihot esclenta Cranz) waste biomass" African Journal of Biotechnology Vol .2n°1 (October 2003), 360-364.

[10] Volesky B. "Biosorption for the next century" Biohydrometallurgy and the Environment toward the mining of the 21st Century, Internat. Biohydrometallurgy Symposium Proceedings, volume B, Ballester, A.& Amils, R. (eds.) Elsevier Sciences, Amsterdam, The Netherlands (1999), 161-170.

[11] Hamid Bou Saab ; Bioconversion Eco-compatible de triterpénoide par des bactéries immobilisées sur Luffa cylindrica Université de Haute Alsace - Mulhouse, 2011. Page 52/53

[12] F.W. MARTIN, "Vegetables for, the, humid tropics: part 4-sponge and bottle gourds, Luffa S. and Lagenaria". Agricoltura Research (Southern. Region) Science and eduction Administration U. Department of Agriculture, New. Orléans, La. 70153, 1979.

[13] H.JOHNSON: "Luffa, sponge gourd, Chinese Okra", Speciality and minor Crop Handbook Series, Small Farm center, University of California, Davis, CA95616, 1991.

[14] F.HOARAU : "Caractérisation structurale et morphologique de la Luffa Cylindrica", D.E.A de chimie moléculaire, université Joseph Fourier, Grenoble, 1995-1996.

[15] F.PASCHINO, G. MERELLA : « Produzioni agricole per uso non alimentare in ambiante mediterraneo : il caso della Luffa cylindrica ». Medit n°3, 1994.

[16] P .GRISVARD, V. CHAUDUN ; « Le bon jardinier Encyclopédie Horticole », 152 Edition, Tome second, Paris, 1964.

[17] BOUDAOUD A préparation et caractérisation d'un pansement à base de luffa cylindrica thèse d'Ingénieur d'Etat en chimie Industrielle Université AMARTELIDJI LAGHOUAT 2007 page 7)

[18] Flondrin. M. Technologie et chimie des textiles. Cepadues-Eds 31100 Toulouse 1991.

[19] HANINI G. ; contribution à la caractérisation morphologique, structurale et physico-chimique du luffa cylindrica, application à la fabrication du papier thèse de magister ; université de MEDEA 2001 page25.

[20] Saito, N. ; Yuki, U. ; Kaoru, A. ; Nobuyo, N. ; Masayuki, S.; Kazuo, H.; Nobuhide, O.; Koichi, N.; Norio, I.; Hiroyuki, K.; Seiichi, T.; Morinobu, E., Carbon nanotubes: biomaterial applications. The Royal Society of Chemistry February 2009.

[21] Mazali, I. O.; Alves, O. L., Morphosynthesis: high fidelity inorganic replica of the fibrous network of loofa sponge (Luffa cylindrica). Anais da Academia Brasileira de Ciências 2005.

[22] Pothan, L. A.; Oommen, Z.; Thomas, S., Dynamic mechanical analysis of banana fiber reinforced polyester composites. Composites Science and Technology 2003

[23] Idicula, M.; Malhotra, S. K.; Joseph, K.; Thomas, S., Dynamic mechanical analysi s of randomly oriented intimately mixed short banana/sisal hybrid fibre reinforced polyester composites. Composites Science and Technology 2005.

[24] S. HANINI « contribution à l'étude du lavage des pate écrues disposées en lit fixe épais » thèse doctorat, INP Grenbole 1991.

[25] Pothan, L. A.; George, J.; Thomas, S., Effect of fiber surface treatments on the fiber–matrix interaction in banana fiber reinforced polyester composites. Composite Interfaces 2002.

[26] Demirbaş, A., Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Conversion and Management 2001.

[27] Gribova, V.; Crouzier, T.; Picart, C., A material's point of view on recent developments of polymeric biomaterials: control of mechanical and biochemical properties. Journal of Materials Chemistry 2011.

[28] Luc, B dictionnaire birom, volume 3 Ed Louvain-paris; 2001.

[29] BRINK M., ARIGAN-DAKO E.G; Ressources végétale de l'Afrique tropicale16, Pantes à fibres ; Fondation PROTA/CTA ; Wageningen ; Pays-Bas ; 2012.

[30] MAACHOU H. ; Etude des propriétés de rétention et d'absorption d'un bio-matériau fibreux : luffa cylindrica/poly-N-Acétylglucosamine comme un nouveau absorbant de couches hygiéniques ; mémoire d'ingéniorat ; Université de MEDEA ; 2002.

[31] N. BARKA, l'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel thèse doctorat. Université Agadir (Maroc).2008.

[32] S. COLOMANI_ BOSINCO, élimination du chrome hexavalent par adsorption et adsorption-réduction sur biomatériaux. Application au traitement des eaux, thèse de doctorat, réduction de Pau et de pays de l'Adour, 1997.

[33] H. ZOUGHUIR, H. KHALEF, O. BOURAS, N. CHENOUF, D. BELKAISS, Traitement des eaux résiduaires colorées de l'unité de SOITEX de boufarik par adsorption sur agriles modifiée. Proceeding de la 3ème conférence maghrébine de génie des procédés, Tome 3, 1998, 296- 299.

[34] H. ROQUES , Fondement théoriques du traitement biologique des eaux. Volume I Technique et documentation, paris. (1979).

[35] Synergie entre pollens et polluants chimiques de l'air, les risques croisés, Environnement, Risques Santé, Volume 1, Numéro 1, 42-9, Mars, Avril 2002.

[36] GERARD GROS CLAUDE, L'eau usage et polluants, Coord tome II INRA 1999.

[37] ROBERT THOMAZEAU- Station d'épuration eaux potables - eaux usées, Précis théorique et technologique, Tec et Doc Paris Edition LAVOISIER 1981

[38] .BOEGLIN J. C ; 1999-pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur .G1, G1210.

[39] MELQUIOT-P « 1001 mots et abréviation de l'environnement et du développement Durable » Lyon : RECYCONSULT (2003).p190.

[40] METAHRI M S ; élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux traitées, par des procédés mixtes. Cas de le STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou ; 2012 ; page 6-9).

[41] A. GAIDE, Epuration biologique des eaux usées urbaines, Tome I Ed. OPU Alger. 1984.

[42] Katie McAvoy, Occurrence of estrogen in wastewater treatment plant and waste disposal site water samples. Clearwater, New-York, 2008.

[43] Livre FRANCIS M. Chauffage climatisation installation sanitaires traitement des eaux Editions parisiennes 2002.

[44] R.C. KLIMPEL et R.OGC. Colloïdes surface, université Park U.S A, 1991.

[45] C. Desjardins, Simulation et étude en laboratoire de la floculation lestée. Mémoire de maitrise des sciences appliquées. Ecole polytechnique de Montréal, 1999.

[46] R.SALGHI. Différentes filières de traitement des eaux. Cours. Ecole nationale des sciences appliquées d'AGADIR .Université IBEN ZOUHIR. ROAUME DU MAROC.2006.

[47] R.C. KLIMPEL et R.OGC. Colloïdes and surface, paris université of Minnesota, 1991.

[48] Degré mont Memento technique de l'eau, tome 1 et 2 ISBN (10éme édition) 2005 : 2-7430-0717-6.1874p.

[49] COUCHI, Hyvrard, Marting, la réutilisation des eaux usées après épuration. Téchnique science ET méthodes, p 81-118.3eme edition. Ed CEBEDOC, 1996.

[50] Gregg.S.j, Sing, k.S.W, «Adsorption, surface area and porosity", London, Academic press, 1982.

[51] Radovic, L.R, Silva,I.F, G.I, menéndez , G.A,C.A, scaroni , A.W, an experimental and theoretical study of "the adsorption of aromatics possessing electron with drawing and electron-donating functional groups by chemically modified activated carbons", carbon, 35 (9), 1339-1348.1997.

[52] Coughlin, R.w, Ezra, F.S,"Role of surface acidity in the adsorption of organic pollutants on the surface of carbon" environ, technol, 2, 291-297, 1968.

[53] M. Cleuvers, Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects, Toxicol Lett 142 (2003)185-194.

[54] K. Fent, A.A. Weston, D. Caminada, Ecotoxicology of human pharmaceutical, Aquatic Toxicology 76 (2006) 122-159.

[55] Z. Aksu et O. Tunc, Application of biosorption for Penicilline G removal: comparison with actived carbon, Process Biochem 40 (2005) 831-847.

[56] H. Maachou. "Synthèse et caractérisation d'un échafaudage biocomposite d'hydroxyapatite/Chitosane par voie biomimétique : usage orthopédique". Mémoire de Magister en Génie des Procédés. Université de Médéa. 2005.

[57] Kataoka, Y., and Kondo, T. (1998). "FT-IR microscopic analysis of changing cellulose crystalline structure during wood cell wall formation," *Macromolecules* 31(3), 760-764.

[58] Décret exécutif n°06-141 ; Journal officiel de la république Algérienne N°26 ; 23 avril 2006

Tableau III.1 : pH de l'effluent d'entré traité par les carrés bruts et la pulpe.

t (min)	0	60	80	100	120	140	160	180
pH (carrés brut)	6.4	6.54	6.66	6.65	6.85	6.94	6.95	6.91
pH (pulpe**)**	6.4	6.84	6.83	7.13	7.1	7.05	7.03	6.9

Tableau III.2: pH de l'effluent de sortie traité par les carrés bruts et la pulpe.

t (min)	0	60	80	100	120	140	160	180
pH (carrés bruts)	7.54	7.3	7.18	7.16	7.17	7.1	7.1	7
pH (pulpe**)**	7.54	7.45	7.44	7.42	7.33	7.28	7.15	6.94

Tableau III.3 : Conductivité des effluents traités par les carrés de luffa brute.

t (min)	0	60	80	100	120	140	160	180
Conductivité de sortie (ms/cm)	1,324	1,317	1,316	1,287	1,274	1,258	1,250	1,247
Conductivité d'entrée (ms/cm)	1,349	1,335	1,323	1,320	1,317	1,306	1,275	1,257

Tableau III.4 : Turbidité des effluents d'entrée et de sortie traités par les carrés bruts**.**

T (min)	0	60	80	100	120	140	160	180
Turbidité d'entrée (NTU)	11.07	9.93	9.85	9.77	9.74	9.5	9.4	8.1
Turbidité de sortie (NTU)	7.65	7.2	6.52	5.4	3.65	3.6	3.1	3

Tableau III.5 : Valeurs de la DO en fonction de la concentration de l'amoxicilline

C g/L	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2
DO	0	0.095	0.190	0.250	0.380	0.501	0.560

Tableau III.6 : Valeurs de la DO en fonction de la concentration de la pénicilline G

[C] g/L	0	0.05	0.1	0.15	0.20	0.25	0.3
DO	0	0.003	0.008	0.011	0.015	0.019	0.020

Tableau III.7: Variation de la concentration de l'amoxicilline :

Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30
Après biosorption par la pulpe							
DO	0.700	0.678	0.580	0.510	0.411	0.397	0.395
C (g/L)	1.47	1.42	1.22	1.07	0.86	0.84	0.83
Après biosorption par les carrés bruts							
DO	0.700	0.687	0.642	0.603	0.581	0.546	0.507
C (g/l)	1.47	1.44	1.35	1.27	1.22	1.15	1.06

Tableau III.8 : Variation de la concentration de Pénicilline G :

Tempe (min)	0	05	10	15	20	25	30
Après biosorption par la pulpe							
DO	0.060	0.054	0.048	0.040	0.035	0.032	0.030
C (g/l)	1	0.9	0.8	0.66	0.58	0.53	0.5
Après biosorption par les carrés bruts							
DO	0.06	0.057	0.051	0.044	0.039	0.035	0.035
C (g/l)	1	0.95	0.85	0.73	0.65	0.58	0.58

.